



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement Supérieur et de
La recherche Scientifique
Université Ammar Thelidji - Laghouat
Faculté de Technologie
Département de Génie Mécanique



Mémoire de master

Présenté par :

- Hassab Abdelkarim
- Boumediene Toufik

Domaine : Science et Technique

Filière : Génie mécanique

Option : fabrication mécanique et productique

Thème

Réalisation D'une batteuse de blé

Jury de Soutenance :

Mr. MAATI. A
Mr. HAMMOU. A
Mr. REZIG. A

MCA
MCA
MAA

Président
Examineur
Encadreur

Promotion – Juin 2022

ملخص

لقد أظهر لنا هذا العمل أن تصميم وتصنيع أي قطعة ميكانيكية هو مشروع واسع الاستكشاف. موضوع صنع آلة الدرس هو مشروع أكثر تعقيداً. حيث يعد التصميم خطوة مهمة وصعبة في عملنا لأن الأفكار عديدة وغزيرة، لكن رغم ذلك حاولنا صنع هذه الآلة وقد وفقنا إلى حد ما في ذلك بعد المرور بالعديد من المراحل والمعوقات، واستنتجنا بعد كل هذا أن ليس هنالك شيء مستحيل طالما هناك إرادة وعزيمة لصنع آلة ما ستجد الحلول والبدائل، كل ما يجب فعله هو اتخاذ الخطوة الأولى والاستمرار حتى تشعر بالرضا عن المجهودات المبذولة والنتائج المحققة.

Abstract

This work has shown us that the design and manufacture of any object is a vast project to explore. The topic of making a threshing machine is also more complicated. The design is an important step and difficult in our work because the ideas are numerous, otherwise we tried to realize this machine and we succeed somehow after a lot of steps and obstacles; and we conclude that everything is possible when the determination is present there is always solutions, all you have to do is taking the first step until you get satisfied of your efforts and results

Résumé

Ce travail nous a montré que la conception et la fabrication de n'importe quel objet est un vaste chantier à explorer. Le thème de réaliser une batteuse est encore plus compliquer. La conception est une étape importante et difficile dans notre travaille car les idées sont nombreuses, mais quand même on a essayé de réaliser un exemple pratique a cette batteuse et on a réussi quelque peu après plusieurs des étapes et obstacles ; nous avons conclu que toute est possible quand la volonté est présente il y a toujours des solutions si on fait le premier pas jusqu'à être satisfait de votre efforts et résultats.



REMERCIEMENT

On remercie dieu le puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

Tout d'abord, ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu avoir le jour sans l'aide et l'encadrement de Mr A.Rezig, on le remercie pour la qualité de son encadrement exceptionnel, pour sa patience, sa rigueur et sa disponibilité durant notre préparation de ce mémoire.

Notre remerciement s'adresse à tous les responsables a l'atelier de mécanique pour son aide pratique et son soutien moral et ses encouragement.

Notre remerciement s'adresse également à tous nos professeurs pour leurs générosités dont ils ont su faire preuve malgré leurs charges académique et professionnel.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

La Mémoire de Mes parents, qui m'ont encouragé à aller de l'avant et qui m'ont donné tout leur amour pour prendre mes études. Auxquels je dois ce que je suis.

Que dieu nous donne le paradis tous ensemble.

Mes chers frères et ma sœur pour leur dévouement, leur compréhension et leur grande tendresse, qui en plus de m'avoir encouragé tout le long de mes études, m'ont consacré beaucoup de temps et disponibilité, et qui par leur soutien, leurs conseils et leur amour, m'ont permis d'arriver jusqu'à ici car ils ont toujours cru en moi,

A ma famille et toutes les personnes que j'aime Merci d'avoir toujours soutenu et merci pour tous les bons moments passés ensemble, et ce n'est pas fini.



**Hassab
Abdelkarim**

Dédicace

Je dédie ce modeste travail
A ma Mère avec sa tendresse
A mon Père avec son soutien,
A mes Frères et à Cousins
A Ma Sœur
A Tous mes chères amies et
A Toutes les personnes qui j'ai une
place dans ses cœurs et ses vie.

Toufik
Boumediene

Résumé	
Remerciement	
Dédicace	
Table des métiers	
List des figures	
List des tableaux	
<hr/>	
Introduction générale	1
<i>Chapitre I : Recherche bibliographique</i>	3
I.1. Battage du blé à l'ancienne	4
I.1.1. Introduction	4
I.1.2. La moisson :	4
I.1.3. Le battage	5
I.1.4. Du fléau à la batteuse	6
I.1.4.1. Le Fléau	6
I.2. Les différentes batteuses de blé	13
I.2.1. Introduction	13
I.2.2. Locomobile	14
I.3. Quelques différentes batteuses de blé à travers l'histoire	15
I.3.1. Batteuse Albaret	15
I.3.2. Batteuse Braud	16
I.3.3. Batteuse Brouhot	16
I.3.3.1. Fonctionnement de la batteuse Brouhot	16
I.3.4. Batteuse Merlin	19
I.3.5. Batteuse Vandœuvre	20
I.3.6. Moissonneuse Batteuse Modernes	21
I.4. Le blé et les épis	23
I.4.1. Introduction	23
I.4.2. La plante	23
I.4.3. Les origines	27
I.4.4. Le développement de la plante	29
I.5. Caractéristiques d'un grain de blé	31

Chapitre II : Etude de Ré-conception	32
II.1. Introduction	33
II.2. Définition	33
II.3. Définition du besoin et de cahier des charges	33
II.3.1. Le besoin	33
II.3.2. Cahier des charges	34
II.4. Les modifications apportées sur la conception de la batteuse	36
II.4.1. Tambour de Battage	36
II.4.1.1. Description du Tambour de Battage	36
II.4.2.1. Dessin technique de Tambour de Battage	38
II.4.2. Moyens et matériels	39
II.4.2.1 Le ventilateur centrifuge	39
II.4.2.2 Choix du moteur	43
II.4.2.3 Poulies et Courroies	45
II.4.3. Paliers d'alignement	47
II.4.4. Contre-batteur	48
II.4.4.1 Réglage de contre-batteur	48
II.4.4.2 Dessin technique de contre batteur	49
II.4.5. Structure de la batteuse	50
II.4.5.1 Dessin technique de support machine de la nouvelle conception ..	51
II.4.6. La trémie	52
II.4.6.1 Dessin technique de la trémie	52
II.4.7. Le tamis	53
II.4.7.1 Le dessin technique de tamis	54
II.4.8. Arbre d'excentricité	55
II.4.8.1 Description de mécanisme de l'arbre d'excentricité	55
II.4.8.2 Le dessin technique de l'axe d'excentricité	56
II.4.9. Assemblage final de la machine	57
II .5 Principe de fonctionnement	61

Chapitre III : Réalisation de la batteuse	62
- III.1 Introduction	63
- III.2 Le travail de réalisation	63
- III.3 Tambour	64
- III.4 Support Tambour	65
- III. 5 Contre-batteur	66
- III.6 Support machine	66
- III.7 La trémie	67
- III.8 Le tamis	67
- III. 9 Supports moteurs.....	68
- III. 10 Le ventilateur centrifuge	69
- III. 11 L'arbre d'excentricité	69
- III. 12 La régulateur de vitesse moteur	70
- III. 13 l'apparence final de la batteuse de blé	70

List des figures

Fig.I.1 : Moissonnage à l'ancienne à l'aide de la faucille.	4
Fig.I.2 : La faux pour couper les fenaisons au ras du sol	5
Fig.I.3 : La faux.....	5
Fig.I.4 : Photo d'un fléau	6
Fig.I.5 : Battages au fléau	7
Fig.I.6 : Battage par un animal.....	7
Fig.I.7 : Une trépineuse appelée aussi "tripotin", "tripoteuse".....	8
Fig.I.8 : Machine à égrener entraînée par un manège	8
Fig.I.9 : Tarares ou vannoirs engreneuses en bois	9
Fig.I.10 : Schéma montrant le fonctionnement d'un tarare.....	9
Fig.I.11 : La locomobile reliée à la batteuse avec une longue courroie	11
Fig.I.12 : tracteur reliée à la batteuse avec une longue courroie	12
Fig.I.13: Battage des grains à Laghouat (Photo prise au début du 20ime siècle).....	12
Fig.I.14 : Une batteuse utilisant la force animale en 1881.	13
Fig.I.15 : Une locomobile	14
Fig.I.16 : Batteuse Albaret	15
Fig.I.17 : Batteuse Braud	16
Fig.I.18: Batteuse Brouhot à double nettoyage.....	17
Fig.I.19 : Coupe longitudinale de la batteuse Brouhot.....	18
Fig.I.20 : Photo de la batteuse Merlin.	20
Fig.I.21 : Photo de la batteuse Venduvre	21
Fig.I.22 : Vue générale et éléments d'une moissonneuse-batteuse moderne	21
Fig.I.23 : Processus des fonctions et opérations d'une moissonneuse batteuse.....	22
Fig.I.24 : Vue détaillée et flux de récolte dans une moissonneuse batteuse.....	22
Fig.I.25 : Le blé.....	23
Fig.I.26 : Gerbe de blé.	24
Fig.I.27 : Epis de blé.....	24
Fig.I.28 : Schéma d'une coupe de grain de blé.....	25
Fig.I.29 : La germination d'un grain de blé.....	26
Fig.I.30: Origine géographique du blé.....	28
Fig.I.31 : Planche botanique d'un épi de blé	29
Fig.I.32 : grain de blé	31

Fig. II.1 : Bête à corne (Batteuse).....	34
Fig.II.2 : Pieuvre (Batteuse).	34
Fig.II.3 : CAO du Tambour.....	36
Fig.II.4 : Dessin technique du Tambour.....	38
Fig.II.5 : Ventilateur centrifuge.	39
Fig.II.6 : principe de fonctionnement d'un ventilateur centrifuge.	39
Fig.II.7 : Courbe pour le choix d'un ventilateur : pression en fonction du débit.	41
Fig.II.8 : Dimensions du ventilateur centrifuge.....	43
Fig.II.9 : Moteur Modèle SL 100 L.....	44
Fig.II.10 : Plaque signalétique du moteur choisi.	45
Fig.II.11 : courroie trapézoïdale	46
Fig.II.12 : Paliers d'alignements avec cage 2 trous pour axe 20mm.	47
Fig.II.13 : Paliers d'alignements pour axe 20mm (vue sur logiciel de SolidWorks).....	47
Fig.II.14 : Contre-batteur inférieure	48
Fig.II.15 : Dessin technique de contre batteur.....	49
Fig.II.16 : L'ancienne conception de la structure de la machine.....	50
Fig.II.17 : La nouvelle conception de la structure de la machine.....	50
Fig.II.18 : Dessin technique de support machine de la nouvelle conception	51
Fig.II.19 : La trémie (à gauche la nouvelle conception à droite l'ancienne).....	52
Fig.II.20 : Dessin technique de trémie de la nouvelle conception	52
Fig.II.21: Tamis supérieure.	53
Fig.II.22 : Tamis inférieure.....	53
Fig.II.23 : Tamis de la nouvelle conception.	54
Fig.II.24 : Le dessin technique de tamis.....	54
Fig.II.25 : Arbre assurant le mouvement va et vient du tamis.....	56
Fig.II.26 : dessin technique de l'axe d'excentricité	56
Fig.II.27 : la nouvelle réalisation d'après la nouvelle conception	60

Fig. III.1 : Photos de l'atelier mécanique (Université de Laghouat)	63
Fig.III.2 : Photos de l'extincteur modifié en tambour.....	64
Fig.III.3 : Photos des étapes de réalisation des disques	64
Fig.III.4 : Photos du tambour.....	65
Fig.III.5 : Photos des étapes de réalisation du support de tambour.	65
Fig.III.6 : Photos du contre batteur	66
Fig.III.7 : Photos de la structure de la batteuse.....	66
Fig.III.8 : La trémie	67
Fig.III.9 : Photos du tamis.	67
Fig.III.10 : Photos du premier moteur et de son support.....	68
Fig.III.11 : Photos du deuxième moteur et de son support.....	68
Fig.III.12 : le ventilateur utilisé et son emplacement.....	69
Fig.III.13 : l'arbre d'excentricité.	69
Fig.III.14 : photo de régulateur de vitesse	70
Fig.III.15 : : la machine réalisée de batteuse de blé (vue de coté).....	70
Fig.III.16 : une photo présente la machine effectuer (vue isométrique)	71

List des tableaux

Tableau.II.1 : analyse fonctionnelle de la batteuse	35
Tableau.II.2 : caractéristiques des ventilateurs centrifuge.....	42
Tableau. II. 3 : caractéristiques des moteurs électriques	44
Tableau.II.4 : caractéristiques des poulies.....	45
Tableau.II.5 : caractéristiques des courroies.....	46

Introduction générale

Les événements récents en Ukraine ont des conséquences graves sur l'économie mondiale et il faut craindre une crise alimentaire et sociale aigüe, car les prix du blé ont flambé de 40% depuis le début de la guerre sur le marché européen.

C'est pour ces raisons que les pays importateurs du blé comme l'Algérie, doit réfléchir pour qu'un tel aliment aussi stratégique soit produit localement. Il faut que l'état encourage les agriculteurs des céréales pour assurer l'autosuffisance alimentaire et cela s'effectue par la mécanisation agricole car il a un rôle clé à jouer dans ce processus de développement.

L'application de l'énergie agricole aux machines, au matériel et aux outils appropriés (la mécanisation agricole) constitue un intrant agricole essentiel potentiellement capable de transformer les moyens de subsistance de millions de familles en milieu rural en facilitant la production de produits à plus forte valeur tout en éliminant la pénibilité physique liée aux pratiques agricoles fondées sur l'énergie musculaire.

Pour les petits exploitants agricoles, une telle amélioration peut signifier un meilleur accès aux chaînes de production d'intrants ainsi que l'intégration aux systèmes alimentaires modernes et, par conséquent, une augmentation des revenus, des débouchés commerciaux multiples et renouvelables ainsi qu'un accroissement de la valeur ajoutée.

En agriculture, le battage est une opération consistant à séparer de l'épi ou de la tige les graines de certaines plantes, le plus souvent des céréales. Les techniques employées ont évolué au cours du temps et varient selon les aires géographiques.

L'évolution de la technologie a permis à l'homme d'être de plus en plus aidé dans sa tâche de récolte des céréales. Fini l'utilisation du fléau qui fonctionnait sur le seul travail de l'homme et qui est resté la technique utilisée pendant plusieurs siècles pour battre les céréales.

A compter du début du 20^{ème} siècle, la machine a commencé à remplacer l'homme avec l'apparition des moteurs à vapeur, tracteurs, lieuses, batteuses...

Après le fauchage et une fois les gerbes disposées en tas, il faut ensuite pouvoir en dégager la paille et la céréale (blé, orge, colza...). C'est le rôle de la batteuse.

Ce projet se rapporte au développement rural précisément à l'agriculture, un des piliers fondamentaux de tout développement. Un souci de modernisation nous a ainsi inspiré l'idée de réfléchir sur une batteuse pratique et économique, il s'agit de concevoir une machine qui permet de battre les épis et d'en faire la séparation avec les grains.

Ce mémoire est organisé de la façon suivante :

Chapitre 1 : Une recherche bibliographique citant les différents types batteuses et leurs principes de fonctionnement, des principaux composants d'une batteuse, et de ces caractéristiques.

Chapitre 2 : est consacré à l'étude de la re-conception de la batteuse en utilisant le SolidWorks.

Chapitre 3 : est consacré à la réalisation de la batteuse et de montré les différentes étapes du processus de fabrication.

Et en fin, une conclusion générale.

Chapitre I

Recherche bibliographique

I.1. Battage du blé à l'ancienne :

I.1.1. Introduction :

Il est bien évident que si vous êtes nés après 1960 ou encore que vous n'avez jamais mis les pieds à la campagne, vous aurez plutôt tendance à dire : "les battages à l'ancienne, je ne sais pas ce que c'est" ou encore "j'ai une vague idée. Mais vous dire exactement comment ça fonctionne ?".

Souvenirs pour les anciens, les vieux agriculteurs en ont gardé des images vives, souvenirs qui datent d'environ 60 ans, ce qui n'est pas si loin. Rassemblement, convivialité, réjouissances, mais aussi, pénibilité, les dures journées de labeur qu'ils ont enduré dans la chaleur et la poussière. Mais le ronflement de la machine semblait doux et subtil.

I.1.2. La moisson :

Depuis le début de l'agriculture, le blé se moissonne à la faucille, il faut 6 à 8 hommes pour moissonner un hectare en une journée. Il faut attendre vers 1820 pour que la faux remplace la faucille. La faux est connue depuis bien longtemps, mais elle est utilisée essentiellement pour couper les fenaissans au ras du sol, afin de conserver un maximum de foin pour l'hiver. Alors que la faucille est utilisée pour couper les céréales au plus haut, afin de conserver un minimum de paille et des mauvaises herbes qui poussaient dans les champs, champs sur lesquels on voyait paître les troupeaux après les moissons.



Fig. I.1: Moissonnage à l'ancienne à l'aide de la faucille.



Fig. I.2: La faux pour couper les fenaisons au ras du sol



Fig. I.3: La faux

I.1.3. Le battage :

Pratiquée depuis la nuit des temps, depuis les débuts de l'homme agriculteur, le battage, c'est-à-dire le principe de séparation du grain de la plante fut, pendant des lustres, effectué de la manière suivante : on étalait sur le sol la plante coupée, on la laissait griller au soleil quelques heures, et lorsque que celle-ci était sèche et craquante, on faisait piétiner des bêtes (généralement des bœufs) avant de ramasser la paille et de récupérer le grain amassé dessous. Moyennement efficace et peu productif, le piétinement fut remplacé par le dépiquage, ou toujours sur le même principe, les cultures sèches se faisaient écraser non par des bêtes mais une pierre cylindrique ce qui augmenta le rendement jusqu'à environ 20 hectolitres de blé par jour.

I.1.4. Du fléau à la batteuse

I.1.4.1. Le Fléau

Le fléau est un instrument agricole utilisé pour le battage des céréales. Un fléau se compose d'un manche mince et bien droit, d'environ 1,70 m de long ; à son extrémité est fixée une boucle de cuir. Le battant est en bois dur, chêne ou châtaignier, il mesure une cinquantaine de centimètres et a une section rectangulaire d'à peu près 5 cm sur 3,5 cm; les arêtes sont abattues pour ne pas briser la paille. À une extrémité du battant sont fixées deux lanières de cuir ; l'une des deux passe dans la boucle du manche et est reliée à l'autre par un nœud plat. La liaison manche-battant est très libre pour permettre le jeu aisé du battant.



Fig. I.4: Photo d'un fléau

C'est au Moyen Age qu'apparurent les premiers fléaux, notamment dans le nord de la France et en Normandie où les conditions climatiques ne permettaient pas à la récolte de sécher assez rapidement au soleil. Le fléau se composait d'une batte, la partie frappante, et d'un manche assemblé par un morceau de cuir unissant les deux parties de bois. On levait en moyenne, trente à quarante fois le fléau à la minute, pendant des heures, sur un tas de gerbes et souvent pieds nus pour ne pas écraser le grain. La récolte était donc généralement étalée dans une grange et une paire d'hommes venaient frapper la paille étendue sur le sol. Jusqu'à 10 hommes pouvaient frapper et donner jusqu'à 12000 coups par jours chacun. Un bon batteur produisait cent kilos de grains par jour avec une perte de sept à huit pour cent de grains restant dans les épis. Il battait 50 à 80 gerbes par jour. Le rendement était bon mais le travail était pénible et l'homme chercha encore à améliorer cette étape indispensable dans la chaîne de récolte en la mécanisant.

Ce travail pénible durait des mois et une fois les grains battus, un vannage était nécessaire pour les séparer des balles, menues pailles et déchets avec un vent.

Vers 1900-1910, et même beaucoup plus tard dans les petites exploitations de montagne, le battage se faisait encore au fléau sur une surface de terre battue, "l'aire de battage", dure comme du ciment, parfois en brique.



Fig. I.5: Battages au fléau

Après le battage des céréales au fléau (19e siècle), ce fut le battage au lourd rouleau de granit. La récolte était disposée de façon à laisser apparaître tous les épis, sur l'aire de battage au sol en terre battue lissé à la bouse de bovin.



Fig. I.6: Battage par un animal.

Une fois mécanisé, le battage s'est fait par une machine à battre actionnée, au début par le tripot ou tricotine, sorte de tapis roulant sans fin, actionné par un cheval. Puis vint la petite batteuse à égrainer, entraînée par un manège mécanique à engrenage multiplicateur, lui-même entraîné par des bœufs ou des chevaux qui tournaient en rond.

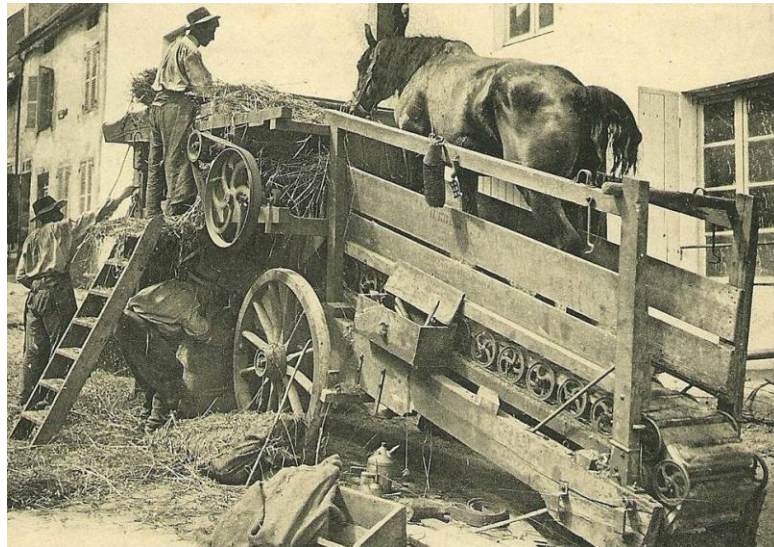


Fig. I.7: Une trépigneuse appelée aussi "tripotin", "tripoteuse"

Entraînée par les moulins à eaux, les premiers batteurs étaient des fléaux attachés sur un axe, qui tournait à grande vitesse. Le rendement augmenta encore (et le danger aussi). C'est à un Écossais, Andrew Meikle que revient l'honneur d'avoir inventé le batteur moderne.



Fig. I.8: Machine à égrener entraînée par un manège.

Charpentier de métier, il élaborait comme principe que la culture ne doit pas être frappée mais frottée : il imagina un tambour sur lequel il fixa 4 battes, remplaçant les fléaux. Frottant contre un contre-batteur, et associé à un tire-paille ainsi qu'à un tambour évacuateur et après le passage dans un tarare, le système né en 1786 était et est encore, sûrement un des meilleurs moyens pour séparer le grain de la plante.

Au fil des décennies du 20e siècle, les battages se modernisent. La vanneuse égraine, trie et ventile le grain, entraînée par un moteur à pétrole, plus souvent par la locomobile à vapeur, puis plus tard par la poulie du tracteur.



Fig. I.9: Tarares ou vannoirs engrenusés en bois

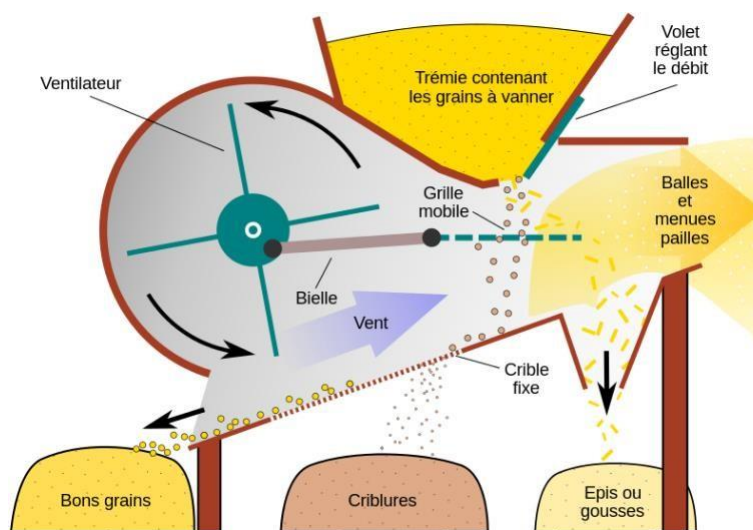


Fig. I.10: Schéma montrant le fonctionnement d'un tarare.

Alors vint le temps des locomobiles, des tracteurs à huile lourde, puis l'électricité. Apparu dès la fin du XIX^{ème} siècle, les batteuses à postes fixes eurent beaucoup de succès surtout auprès des entrepreneurs de battages. Devenu fiable, productive et rentable à la même époque que les premiers tracteurs monocylindres, l'ensemble, auquel viendra s'ajouter plus tard les presses, furent plus que répandus dans les campagnes, si bien que les derniers modèles, métalliques,

furent produits jusqu'à la fin des années 50 où la production s'arrêta, supplanté par les moissonneuses-batteuses. Machine couramment rencontrée l'été dans nos champs, la moissonneuse-batteuse, emblème de l'agriculture estivale, est le fruit de l'assemblage de deux machines totalement différentes au départ : les moissonneuses-lieuses et les batteuses qui sont elles-mêmes dû à l'addition du tarare (ou moulin à vanner) et du batteur.

Le battage prit son essor dans la deuxième moitié du 19^e siècle avec les locomobiles à vapeur. Avec la vapeur, la batteuse mécanique parvient à battre 100 à 250 gerbes en une heure, tout en effectuant le vannage. L'ensemble du travail est fait en 3 ou 4 jours suivant l'importance des exploitations et la récolte est prête à être vendue. Pour permettre l'usage de ces machines onéreuses et peu utilisées dans l'année à tous les cultivateurs, on créa des entreprises de battage qui se déplaçaient de ferme en ferme avec leur matériel et leur personnel.

Les entreprises patientaient un peu pour attendre les retardataires et ils démarraient quand, à peu près tous les clients étaient prêts ; les nouvelles circulaient bien, et chaque fermier savait approximativement l'état d'avancement des travaux de son voisin. Le tour était établi pour chaque matériel. Il allait de ferme en ferme par le chemin le plus court et le circuit était inversé tous les ans. De sorte que celui qui battait le premier une année se retrouvait le dernier l'année suivante. Le travail s'échangeait en entraide. On allait chez les voisins et ceux-ci venaient en retour. Avant d'avoir le tracteur, le matériel était tiré par des bœufs : quatre bœufs sur la loco, quatre bœufs sur la batteuse et un cheval sur le monte-paille. Le poids de la loco et de la batteuse était de 4 tonnes chacun. Il fallait être bien attelé, car les chemins de ferme étaient en très mauvais état. Ce n'est qu'à partir de 1946-47 que les chemins ont été mis en état et goudronnés.



Fig. I.11: La locomobile reliée à la batteuse avec un long courroie

La locomobile était chauffée au charbon et pour éviter qu'une étincelle ne mette le feu à la paille, elle était reliée à la batteuse par une longue courroie. Le mécanicien cassait à la masse les blocs de charbon avant de les jeter au fond de l'immense four où crépitait la flamme rouge voyante. Pendant la guerre 39-45, la locomobile était chauffée au bois et en prévision, la veille pour entretenir le foyer il fallait prévoir une belle provision de bois sec et de l'eau dans un demi-muid. Les volutes de fumée tourbillonnaient au bout de la longue cheminée noire qui se rabattait pour le transport. Lorsqu'il était allumé, il fallait attendre plus d'une heure pour que l'eau chauffe et se transforme en vapeur et que celle-ci, libérée par des robinets arrive dans les pistons pour les pousser et leur donner un mouvement de va et vient. Quand la machine était sous pression, la vapeur d'eau s'échappait par les joints plus ou moins étanches et c'était un sifflement continu de vapeur et de grésillements en jets de vapeur incessants. La chaudière, toujours sous pression. Des bailles ou un charreton plein d'eau, à proximité, étaient là pour alimenter la bouillotte (loco) et servaient à mouiller les alentours pour la prévention des incendies.

Tous les enfants attendaient avec impatience le bonheur de tirer sur le cordon pour déclencher le sifflet de la locomotive quand elle serait opérationnelle.

Le coup de sifflet strident, qui faisait toujours sur sauter, prévenait du démarrage de la batteuse. Au début c'était la douce et lente mélodie de la machine qui se lance, d'abord un murmure grave s'étirant jusqu'au long chuintement des courroies qui se tendent, le cliquet des engrenages qui s'entraînent, puis le ronflement assourdissant de la machine presque emballée.

Un autre coup de sifflet et la batteuse se mettait en marche. C'est alors que la vanneuse prenait

le son rauque du travail, gémissant, ralentissant quand la gerbe était poussée trop vite. Il arrivait que la grande courroie sifflât quand les à-coups de la cadence étaient trop durs, les mécaniciens se mobilisaient pour appliquer la résine sur la courroie et empêcher le patinage.



Fig. I.12: Tracteur relié à la batteuse avec une longue courroie.



Fig. I.13 : Battage des grains à Laghouat (Photo prise au début du 20^{im}e siècle).

I.2. Les différentes batteuses de blé :

I.2.1. Introduction

L'arrivée de la batteuse c'était au XIX^e siècle l'invention de la batteuse posait le problème de la force motrice ; le moteur existait déjà, mais le moteur à vapeur ou à explosion était encore rare et le moteur électrique était impossible par défaut de réseau électrique. Ne restait alors comme force motrice que le muscle humain et le trait animal. Pour une batteuse était activée par des hommes, se trouvait sur le côté de la machine une grande manivelle était tournée par deux hommes. L'utilisation de la force de trait animal se fit par le moyen du manège ; sous un hangar derrière la grange était installé un carrousel, activé par deux chevaux qui tournaient en rond ; le mouvement rotatif ainsi acquis était transmis par engrenage et vilebrequin à la batteuse installée dans l'aire d'une grange.

Le principe du battage mécanique a été inventé en 1784 par un ingénieur écossais, Andrew Meikle. Il a permis un énorme progrès de productivité dans l'agriculture. C'est l'américain Cyrus McCormick qui obtint le brevet de la moissonneuse mécanique, en 1834. Un autre américain, Hiram Moore obtint le brevet de la moissonneuse-batteuse la même année.



Fig. I.14: Une batteuse utilisant la force animale en 1881.

L'organe principal de la batteuse est constitué par le batteur cylindrique tournant, entouré d'une grille fixe, le contre-batteur. La récolte est engagée entre les deux pièces et sous l'effet du mouvement, les épis sont brisés et les grains ainsi qu'une partie de débris, balles et poussières, passent à travers le contre batteur. La vitesse de rotation du batteur ainsi que

l'écartement entre batteur et contre-batteur sont réglés en fonction de l'état et des caractéristiques de la récolte. La paille après avoir traversé le batteur passe sur des secoueurs qui permettent de récupérer les grains encore mélangés à la paille, qui passent à travers un crible et rejoignent ceux récupérés par le batteur. La paille est gardée sur la piste Le mélange de grains et de balles est en suite soumis à des opérations de nettoyage: criblage, vannage, puis un élévateur remonte les grains nettoyés vers le haut de la machine avant qu'ils subissent un second nettoyage et de passer à l'ensachage. L'ensemble du système de battage peut être modulé en fonction des récoltes à effectuer. En général, la batteuse qui est à poste fixe, est actionnée au moyen de poulies et courroies par une machine à vapeur fixe, ou une locomobile ou par la prise force d'un tracteur agricole. Ce système impose de rassembler la récolte, précédemment mise en gerbes puis en meules, en un seul point, généralement proche de la ferme.



Fig. I.15: Une locomobile

I.2.2. Locomobile

Une locomobile est généralement une machine à vapeur déplaçable, le plus souvent montée sur des roues. Ce dispositif était entre autres utilisé comme source motrice en machinisme agricole. On a aussi appelé locomobile tout type de moteurs (à essence, gazogène,...) déplaçable, généralement sur roues.

La batteuse sera remplacée par la moissonneuse-batteuse qui réalise simultanément la moisson et le battage et a presque totalement remplacé la batteuse dans les pays industrialisés.

Le principe du battage est cependant toujours le même. Les premières moissonneuses-batteuses ont été construites en Europe à partir de 1908.

Alors que les machines actuelles sont automotrices, les premières moissonneuses-batteuses apparues sur le marché étaient tractées par un tracteur et actionnées par la prise de force. La première moissonneuse-batteuse automotrice apparaît sur le marché en 1953. La moissonneuse-batteuse en supprimant toutes les manipulations intermédiaires a engendré à nouveau un important gain de productivité.

Avec des outils à main, un homme met 20 jours pour labourer une acre (environ 30 à 40 ares). Avec une attelée de 2 chevaux, il met à peine une journée, avec un tracteur de 25 chevaux, le travail est fait en une heure.

Pour qu'un hectare de blé soit fauché et lié en 1 heure il fallait:

- ❖ Vers 1750, à la faucille, 40 à 50 hommes;
- ❖ Vers 1830, à la faux, 25 à 30 hommes;
- ❖ Vers 1905, à la moissonneuse lieuse, 1 à 2 hommes
- ❖ En 1950, à la moissonneuse batteuse, il suffit d'un homme

I.3. Quelques différentes batteuses de blé à travers l'histoire.

I.3.1. Batteuse Albaret



Fig. I.16: Batteuse Albaret

Les établissements Albaret, fondés en 1845 par Mr Duvoir charpentier à Liancourt (60), furent l'un des premiers à construire la batteuse en France. Lui succéda Bernard Albaret, fondateur de société Anonyme des Anciens Établissements Albaret à Rantigny dans l'Oise, constructeur de machines agricoles et à vapeur et de compacteurs depuis 1860.

Les principales qualités des batteuses Albaret, surtout le modèle 1911, étaient la simplicité, la légèreté de traction et l'économie d'entretien. Elle se distingue tout particulièrement par son double nettoyage qui a son mouvement en travers comme le tarare de grenier et qui donne les mêmes résultats. Son rendement peut varier de 50 à 200 quintaux par jour.

I.3.2. Batteuse Braud



Fig. I.17: Batteuse Braud

En 1898, Alexandre Braud crée une entreprise de construction de machines agricoles. Les premières machines servent au battage, elles sont actionnées par des manèges à chevaux. Suivent les batteuses, puis les moissonneuses-batteuses.

I.3.3. Batteuse Brouhot

I.3.3.1. Fonctionnement de la batteuse Brouhot:

La batteuse Brouhot, à double nettoyage avec élévateur centrifuge, est représentée dans son ensemble en coupe longitudinale par la figure ci-dessous (figure). Le bâti forme une longue caisse, dont la charpente est constituée par des longrines en bois de chêne, entretoisées de pièces verticales. Les parois latérales sont planchéiées pour augmenter la solidité et rendre l'ensemble indéformable sous l'influence de la chaleur et de l'humidité auxquelles la batteuse

est soumise durant la saison du travail. Pour le transport, l'ensemble est monté sur quatre roues, dont les antérieures forment avant-train U, pouvant recevoir des brancards ou un limon suivant que l'on utilise des chevaux ou des bœufs.

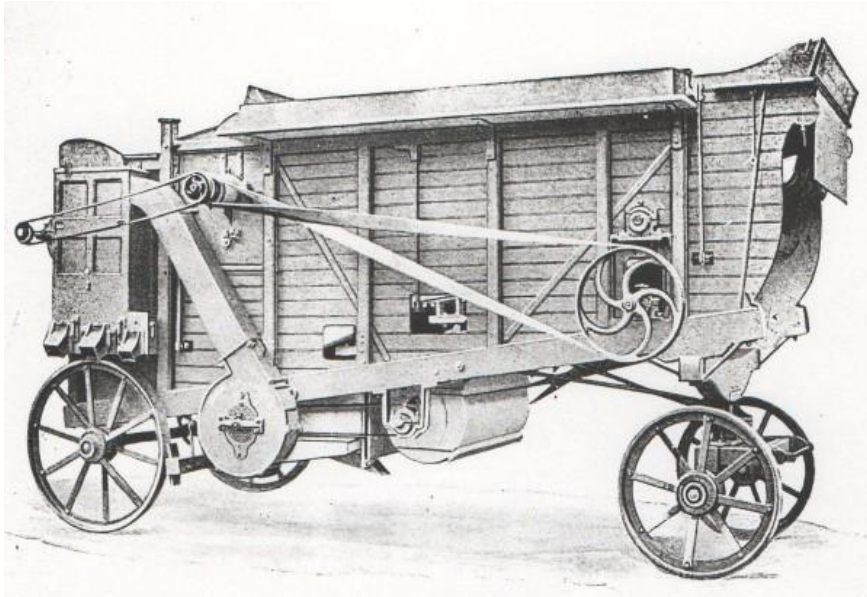


Fig. I.18:Batteuse Brouhot à double nettoyage.

Une partie du dessus de la batteuse est occupée par un plancher T (voir figure I.19), sur lequel on délie les gerbes, qu'un ouvrier étend ensuite en nappe régulière avant de les passer à un deuxième dit engreneur. Ces manœuvres se tiennent debout sur une planche latérale.

La céréale en arrivant en O, pénètre par aspiration entre le batteur M, marchant à 800 tours à la minute, et le contre batteur fixe N. Il se produit un froissement entre les surfaces en acier, déterminant l'égrenage. Le batteur est solidement établi. Il comprend un arbre en acier, sur lequel sont clavetés 5 tourteaux avec croisillons, recevant à leur périphérie 9 battes également en acier, avec stries en sens contraire, pour augmenter et changer le sens du froissement pendant la rotation. De longues portées soutiennent les extrémités de l'axe dans des coussinets munis de graisseurs à bague, et reposant sur de larges paliers, fixés à des panneaux latéraux en fonte. L'ensemble jouit d'une rigidité à toute épreuve contre les trépidations continues.

Quant au contre batteur, celui-ci embrasse excentriquement le batteur en dessous, et forme une carcasse métallique, munie de barres longitudinales en acier ou contre balles. Pour que l'égrenage soit bon, il faut que les épis sortent des batteurs complètement vides, sans grains cassés. Suivant l'état de la récolte et son degré de siccité, le mécanicien peut régler la distance qui sépare le batteur du contre batteur. Pour cela, le contre batteur N, est articulé à ses extrémités dans quatre glissières munies d'écrous de déplacement. Plus la céréale est humide, plus il faut rétrécir l'entrée au batteur, à cause de la grande adhérence des balles aux grains. Réciproquement, une céréale très sèche demandera un grand espacement, afin d'éviter le cassage des grains.

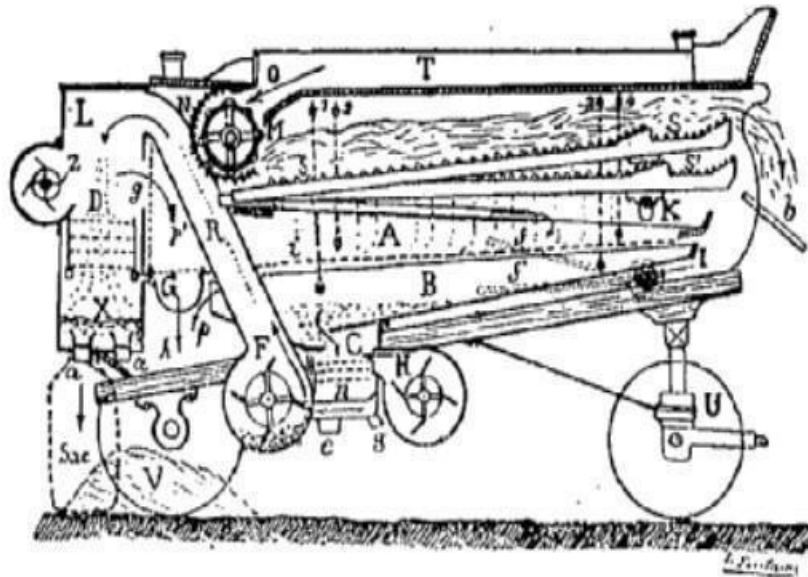


Fig. I.19: Coupe longitudinale de la batteuse Brouhot

Tous les produits battus tombent à la base des secoueurs SS', un peu inclinés de bas en haut et animés de mouvements d'oscillation, au moyen d'un arbre vilebrequin K. Chaque secoueur forme un long cadre en bois de 2,80 m, sur lequel sont clouées des traverses triangulaires formant jalousie ; vers l'extrémité se trouvent des chutes, lesquelles augmentent l'effet du secouage. Grâce à la grande longueur de l'appareil secoueur de la batteuse Brouhot, la nappe de paille s'épure dans son parcours de tous les menus produits, et vient sortir en b, sur une grille inclinée en bois où les ouvriers la reçoivent pour la lier ou la mettre en tas ordinaire.

Maintenant, suivons les autres produits de battage qui ont traversé les mailles du contre-batteur et les jalousies des secoueurs, nous voyons qu'ils sont recueillis par une longue et large table à secousses A. Le fond de celle-ci est occupé par une grille qui retient les courtes pailles, venant se déverser à l'arrière de la batteuse et latéralement, par une gouttière G.

Quant aux graines diverses, mélangées de balles et de poussières, elles tombent dans un grand auget B, qui les amène par des plans inclinés au premier nettoyage C. Celui-ci possède une série de grilles, et un puissant ventilateur soufflant H. Sous l'influence du courant d'air, la plus grande partie des balles sont rejetées à l'arrière suivant p, où elles forment sous la machine un tas V. Les mauvaises graines et les grains cassés sortent par des goulottes e g, tandis que les ôtons et les grains vêtus sont remontés au batteur, par un aspirateur situé sur le côté gauche de la machine, et non représenté dans la coupe. La grille persienne A, et la table à auget B, sont suspendues par des lames de ressort en acier 1, 2, 3, 4, recevant leur mouvement de va-et-vient par des bielles en bois, calées sur les excentriques de l'arbre de couche I.

Il nous reste à voir la partie concernant le deuxième nettoyage, lequel commence à l'élévateur centrifuge F. Ce dernier consiste en une boîte en fonte, dans laquelle tourne rapidement un arbre à ailettes, lançant tangentiellement le grain venant de N, dans un canal oblique R. La

masse élevée tombe dans une boîte d'arrière L, où se meut alternativement un auget suspendu D, dont les grilles reçoivent le courant d'air d'un petit ventilateur Z. Les dernières balles et poussières sont alors expulsées suivant gp', et viennent se mélanger aux courtes pailles.

Enfin, après avoir perdu le reste des mauvaises graines, le blé propre est recueilli dans la boîte X, à laquelle sont suspendus des sacs en aa.

I.3.4. Batteuse Merlin

L'entreprise Merlin était située à Vierzon. Les premiers ateliers furent fondés en 1879 par Louis-Henri Merlin, ancien chef des ateliers de Célestin Gérard (qui allaient devenir plus tard la Société Française SFV) et quelques-uns de ses collaborateurs entre la rue de la République et la rue Gourdon. En 1907, les locaux du centre-ville étaient devenus insuffisants, de nouveaux locaux furent construits route de Neuvy portant la superficie totale de l'usine à 55.000 mètres carrés. Avant 1914, les ateliers Merlin, devenus la SA Merlin sous la direction depuis 1891 d'Emile Merlin, fils du fondateur, employaient au total 450 personnes et produisaient annuellement environ 300 batteuses et 135 locomobiles. Depuis sa création jusqu'en 1929 les Ets Merlin ont proposé 18 types de batteuses.

Rachetés en 1958 par la Société Française de Matériel agricole et industriel (SFMAI), les établissements Merlin fermèrent en 1959.



Fig. I.20: Photo de la batteuse Merlin.

I.3.5. Batteuse Vandœuvre

Installés à Vandœuvre-sur-Barse (Aube) dès 1837, les établissements de constructions mécaniques de Vandœuvre se nomment initialement les établissements Protte, du nom du fondateur Jean-Baptiste Protte. Ils fabriquent alors du matériel de battage. Quelques machines à vapeur et locomobiles plus tard, l'entreprise produit au début du XXe siècle des batteuses individuelles à moteur à pétrole. Le premier tracteur équipé du moteur Diesel est produit en 1952.

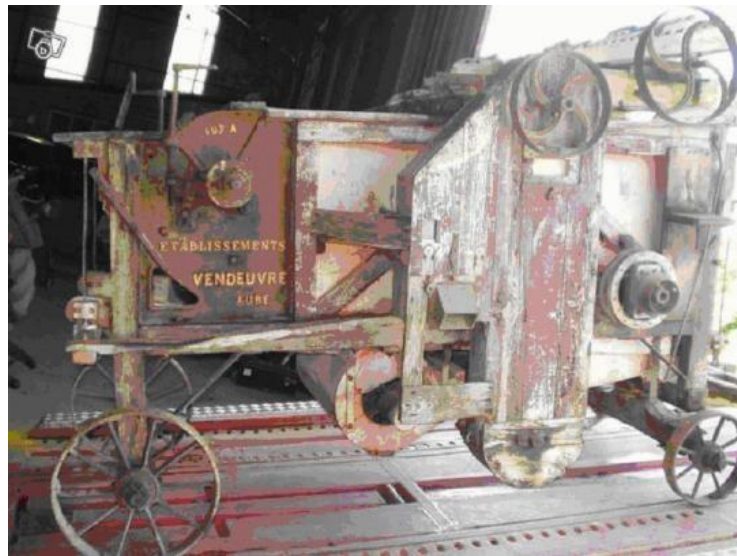


Fig. I.21: Photo de la batteuse Vandœuvre.

Jean-Baptiste Protte fait édifier une usine de matériel agricole vers 1855 à l'emplacement d'une ancienne papeterie dont il ne subsiste rien. En 1861, il invente une nouvelle machine à battre avec tarare à hélice et manège séparé. Il produit aussi divers moteurs destinés au monde agricole et agrandit ses ateliers dans le dernier quart du 19e siècle. La raison sociale devient en suite Etablissements de construction mécanique de Vandœuvre. La production de machines à battre s'arrête après la Seconde Guerre mondiale, et est remplacée par celle des tracteurs. Mais l'entreprise ferme ses portes vers 1965.

I.3.6. Moissonneuse Batteuse Modernes

La moissonneuse-batteuse est généralement automotrice, dotée de puissance du moteur qui peut varier de 150 à 300 chevaux en fonction de sa performance technique (capacité horaire de travail ou nombre de quintaux traités par heure).

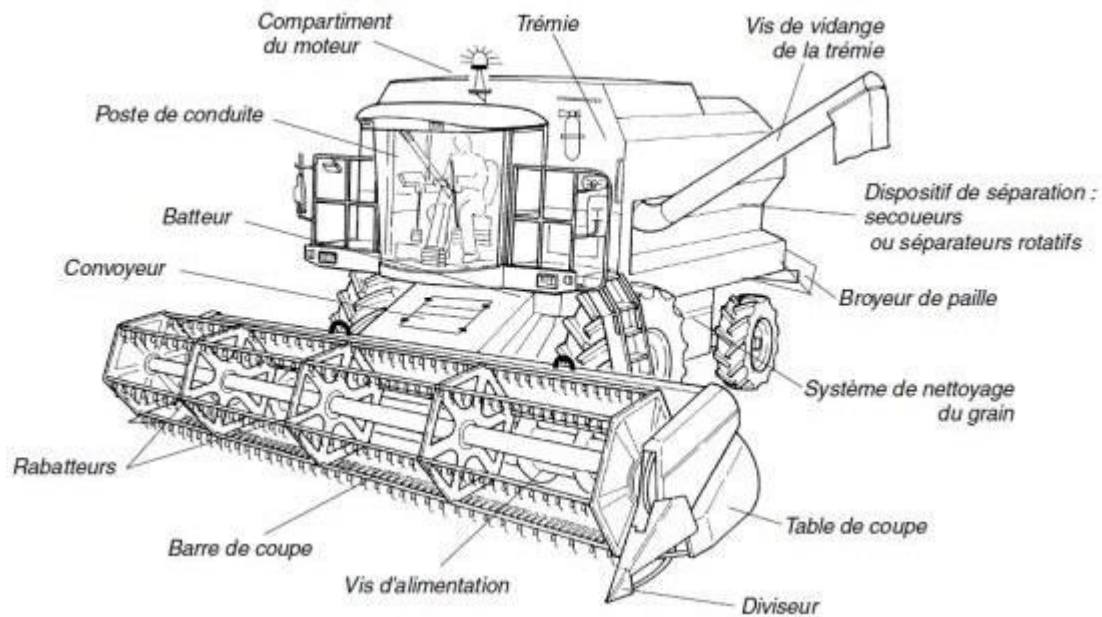
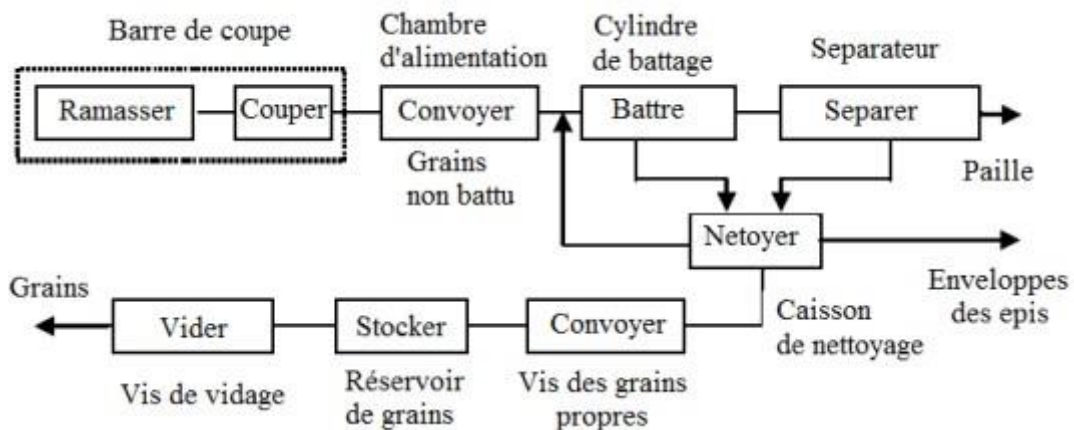


Fig. I.22: Vue générale et éléments d'une moissonneuse-batteuse moderne.

La moissonneuse batteuse permet lors de la récolte d'une culture d'effectuer successivement les opérations suivantes :

Fig. I.23: Processus des fonctions et opérations d'une moissonneuse batteuse.



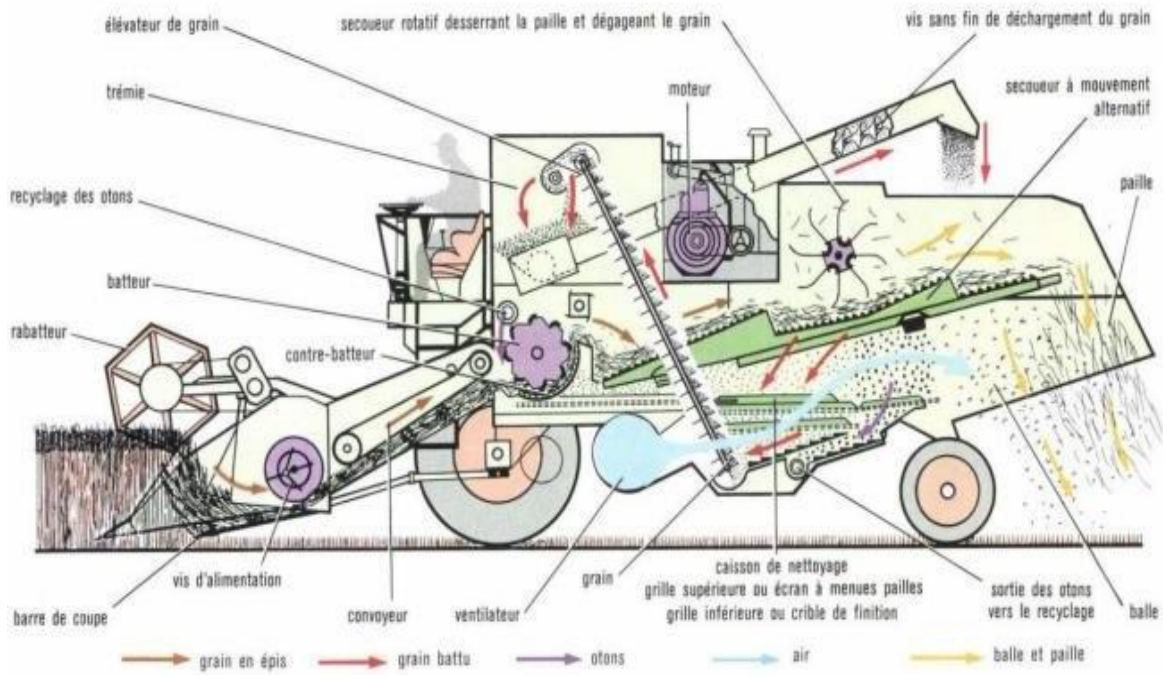


Fig. I.24: Vue détaillée et flux de récolte dans une moissonneuse batteuse.

I.4. Le blé et les épis

I.4.1. Introduction:

Le blé est à l'origine même de l'agriculture. Il reste, après des millénaires, la première plante cultivée au monde. Les surfaces cultivées à travers les continents se mesurent en millions d'hectares et les récoltes se chiffrent en millions de tonnes. Il est loin au premier rang dans les échanges agroalimentaires internationaux.

Le blé est aussi une des trois céréales les plus cultivées et les plus consommées par l'homme. Les produits à base de blé dur ou tendre : pains, produits de panification, pâtes alimentaires sont les principaux contributeurs pour les apports des adultes ou des enfants en aluminium, cadmium, cuivre, fer, magnésium, plomb et sodium (Leblanc et al., 2011). Ces éléments ingérés en excès ou en défaut ont un impact sur notre santé. La teneur du blé en ces éléments est un paramètre essentiel qu'il faut connaître voire maîtriser. Le besoin en analyses est important pour suivre la contamination du blé au champ et pendant sa transformation.

Quelles sont donc les propriétés uniques de cette céréale qui lui ont assuré pérennité et prééminence dans l'activité humaine ? Il faut les chercher d'abord dans son mode de culture et dans la composition unique de la farine qu'elle produit.



Fig. I.25: Le blé

I.4.2. La plante

Le blé appartient à la famille des Graminées, c'est-à-dire à un groupe de végétaux dont le nom, étymologiquement, signifie "producteur de grains". A cette définition assez vague, les botanistes préfèrent le terme plus précis de Poacées, par référence à un genre très commun dans la nature, le Poa. Les tiges ont un port caractéristique: ce sont des chaumes, cylindriques, souvent creux par résorption de la moelle centrale. Cette famille végétale compte environ

2500 espèces répandues pratiquement sur toute la surface des continents.

Les chaumes sont interrompus par des nœuds qui sont une succession de zones d'où émerge une longue feuille, qui d'abord engaine la tige puis s'allonge en un limbe étroit à nervures parallèles. Parmi les autres caractères de cet appareil végétatif, on peut mentionner la concentration dans l'épiderme de multiples amas de silice microscopiques mais très durs (comme du verre). Ils rendent les organes tranchants : on peut se couper facilement en les manipulant sans précaution.



Fig. I.26: Gerbe de blé.



Fig. I.27: Epis de blé.

L'appareil reproducteur des graminées est aussi spécifique. Il est constitué par des fleurs nombreuses, petites et peu visibles qui ont, au lieu de pétales, des enveloppes membranaires non colorées. Elles sont groupées en épis situés à l'extrémité des chaumes. Après fécondation, l'ovaire de ces fleurs se transforme en une semence ou "grain" qui a la particularité d'être à la fois un fruit et une graine. Ils se sont soudés l'un à l'autre au cours du développement. On appelle cette semence particulière un caryopse.

Il existe plusieurs blés, dont deux ont une grande importance économique à l'heure actuelle:

- le blé dur (*Triticum turgidum* ssp *durum*) est en particulier cultivé dans les zones chaudes et sèches (sud de l'Europe, par exemple sud de la France ou Italie). Le blé dur est particulièrement riche en gluten. Il est utilisé pour produire les semoules et les pâtes alimentaires;
- le blé tendre, ou froment, (*Triticum aestivum*) largement principal, est davantage cultivé dans les hautes latitudes (par exemple en France, au Canada, en Ukraine). Il est cultivé pour faire la farine panifiable utilisée pour le pain.

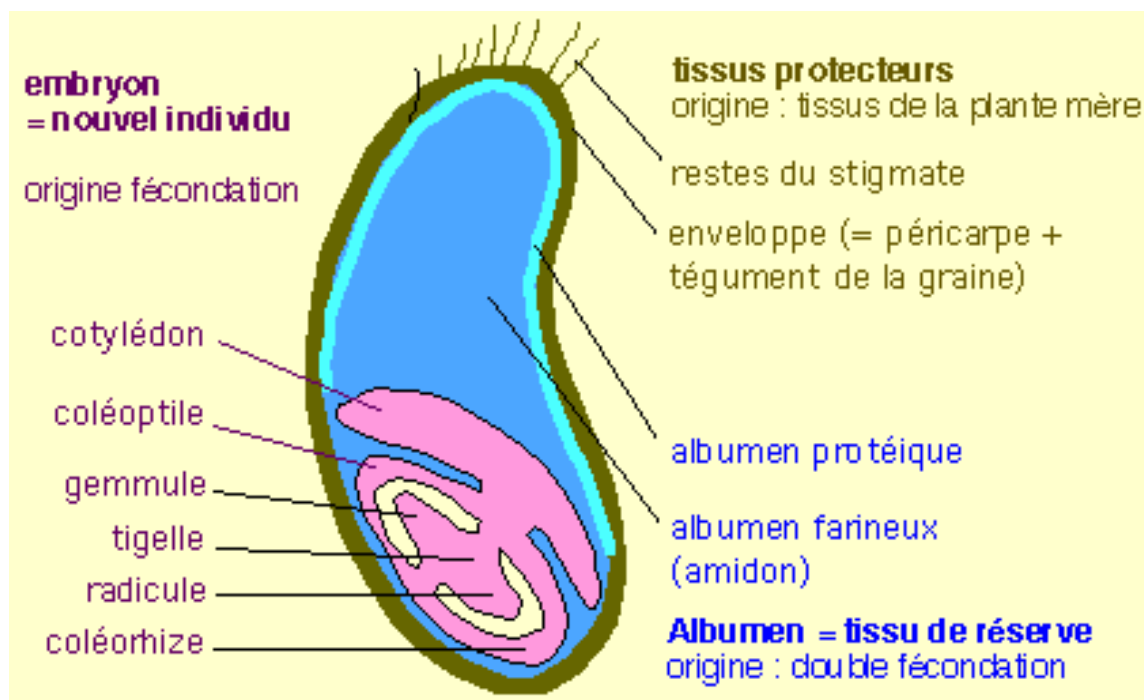


Fig. I.28: Schéma d'une coupe de grain de blé

Le grain de blé (ou caryopse de blé) est entouré de deux enveloppes jointives, le péricarpe (paroi de l'ovaire) et le tégument de la graine (paroi de l'ovule). Il contient un embryon et un tissu nourricier, l'albumen.

Un épi mûr de graminée est donc un axe qui porte une série d'enveloppes desséchées – qui fournira la balle après battage - au centre desquelles se trouvent les grains. Chaque grain comporte les enveloppes coriaces du fruit et de la graine qui entourent un petit embryon ou germe en vie ralentie; ce germe est repoussé sur le côté par un volumineux tissu nourricier formant l'amande chargée de réserves. Ce sont ces substances nutritives qui, dans les conditions naturelles, sont utilisées pour le développement de la jeune plantule lors de la germination et de la reprise de la végétation. Elles sont détournées de leur fonction naturelle et exploitées en céréaliculture pour faire de la farine.

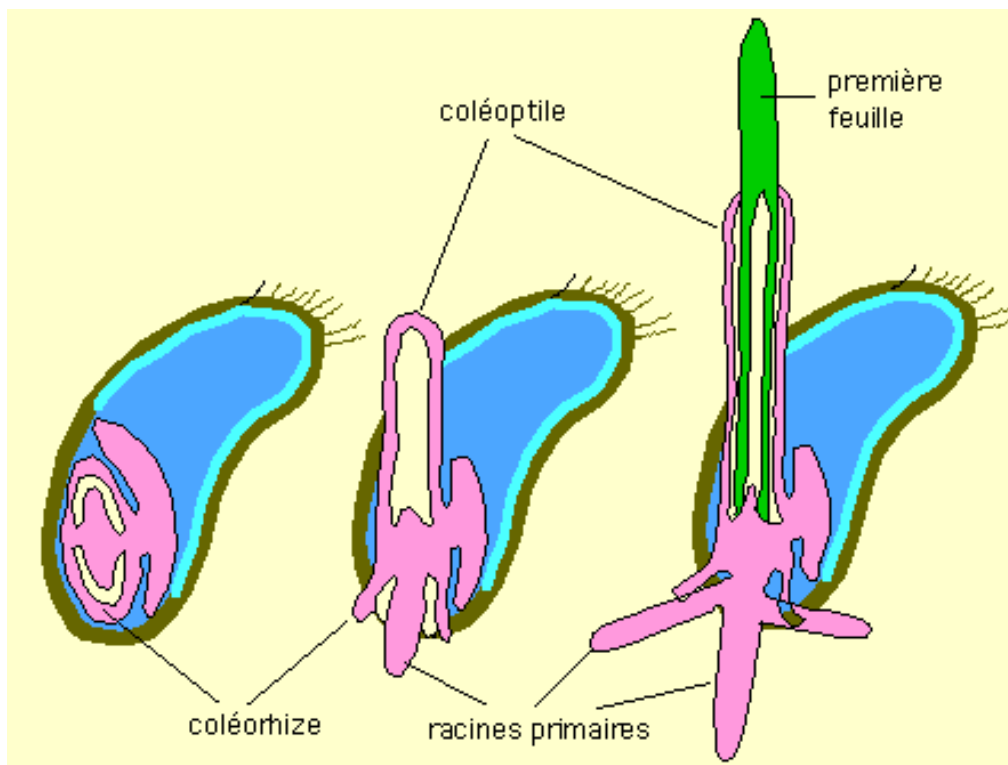


Fig. I.29: La germination d'un grain de blé

Germination du grain de blé : un organe transitoire, la coléoptile, se développe en premier, il protège la gemmule. La première feuille générée par la gemmule croît et perce la coléoptile qui dégénérera ensuite. Au niveau radicaire, la jeune radicule perce le coléorhize, d'autres racines primaires se développent (5 au total)

La forte capacité de prolifération de nombreuses graminées et en particulier le rendement élevé des espèces cultivées, comme le blé, proviennent du fait qu'elles sont capables d'associer de façon très efficace la multiplication végétative et la reproduction sexuée. La multiplication végétative résulte de la ramification des bases de tiges au contact du sol, il en résulte un faisceau de chaumes qui, chacun, se termine en épi avec plusieurs dizaines de graines. Dans les conditions favorables, une seule semence peut produire une centaine de nouveaux grains...

Il existe des graminées vivaces et des graminées annuelles. Les espèces vivaces produisent des tiges rampantes qui, périodiquement, sont à l'origine de pousses verticales qui donnent les épis. Elles poussent en touffes enchevêtrées dont l'ensemble constitue un tapis herbacé souvent très dense, ou gazon. Elles forment des prairies naturelles. Certaines graminées vivaces sont de grande taille, comme les bambous utilisés dans certains pays asiatiques pour la construction et l'ameublement, mais **le principal vivace industriel** est la canne à sucre dont les chaumes atteignent 5 à 6 mètres. Elles sont cultivées non pas pour les réserves des semences mais pour le saccharose qui se concentre dans la moelle des tiges.

L'importance économique des graminées vient surtout des **céréales**. Ce sont des espèces annuelles aux grains comestibles. Leur nombre est assez réduit - une petite dizaine - mais leur importance est considérable puisqu'elles comportent le blé, le riz, l'orge, l'avoine, le maïs, le mil, le sorgho, le millet... Et seul le blé donne un produit panifiable grâce à la nature et aux propriétés complémentaires de deux de ses réserves.

I.4.3. Les origines

C'est par le blé qu'a commencé la "culture", le mot étant pris dans toutes ses acceptations : agricole et sociale, lors de la transition entre la période paléolithique (paléo = ancien) et la période néolithique (néo = nouveau). L'ensemble des transformations pratiques et mentales nécessaires a été telle qu'on qualifie ce passage de "révolution néolithique". Elle s'est produite dans ce qu'on appelle le "Noyau Levantin", dans la région qui va de la vallée du Jourdain à l'Euphrate et qui forme un large arc de cercle ou "Croissant Fertile" (voir carte ci-dessous). A l'ouest, vers l'Europe, il n'y avait pas d'espèces de blé ou d'orge spontanées. Ces céréales ont donc nécessairement été importées toutes domestiquées.

Le blé a d'abord été récolté à l'état sauvage puis cultivé depuis le néolithique dans le "croissant fertile" (actuels Liban, Syrie, Sud de la Turquie) où subsistent à ce jour des blés sauvages.

Les espèces archaïques de blé qu'on trouve encore dans ces régions sont bien différentes du froment cultivé actuellement :

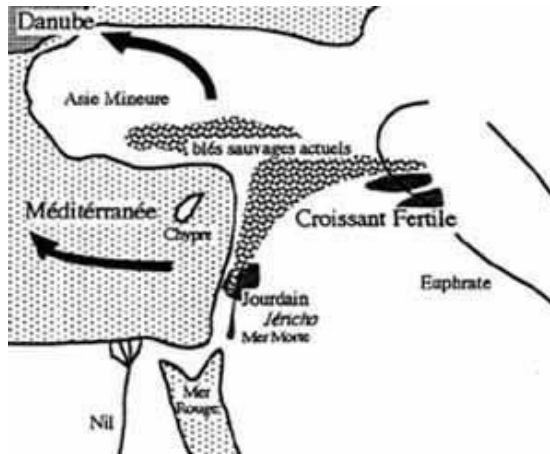


Fig. I.30: Origine géographique du blé

- Les blés sauvages se reproduisent spontanément alors que le blé domestique ne peut le faire sans l'aide de l'homme. Le rachis (ou axe) est fragile et se fragmente en dispersant les semences. Les longues barbes qui les entourent se déforment en fonction de l'humidité du sol et finissent par enterrer spontanément les grains, qui ensuite peuvent germer dans le sol. Inconvénient en pratique agricole: les épis mûrs se dispersent et sont impossibles à moissonner. Mais avant d'être cultivateur, l'homme a été "cueilleur de céréales". Les grains furent donc vraisemblablement cueillis grain par grain. Les épis les plus solides ont du être favorisés par ce mode de récolte et peu à peu naturellement sélectionnés. On obtint progressivement des variétés à "rachis solide" résistant mieux au moissonnage.
- Les grains sont "vêtus" c'est-à-dire avec des enveloppes membraneuses qui ne peuvent être détachées par vannage et battage (inconvenient pour la récolte).
- Les grains sont petits, pauvres en réserves et surtout dépourvus de gluten : la farine n'était donc pas panifiable.

Pourquoi une telle évolution ? Chez le blé, la fécondation a lieu dans la fleur avant même qu'elle ne s'ouvre. Cette auto fécondation (rare, même chez les végétaux hermaphrodites) évite le brassage génétique donc favorise le maintien des mutations dans le patrimoine des descendants, ce qui augmente les potentialités de sélection par l'homme. Par ailleurs, une partie du patrimoine génétique d'au moins deux autres espèces de graminées sauvages encore mal identifiées s'est métissée de façon fortuite avec celui des blés. Il a été maintenu grâce à l'auto fécondation, donnant naissance à des aptitudes nouvelles dont la capacité de synthèse des éléments du gluten acquise par le froment qui rend la farine panifiable.

Initialement, les grains étaient consommés crus ou grillés (grillage ou torréfaction). Griller le grain améliore sa conservation en augmentant la déshydratation. Cela favorise le décortiquage des espèces "vêtues". Cela permet aussi de sauver les grains gâtés ou moisis car cueillis avant maturation complète et encore humides. Enfin, cela donne une saveur plus agréable en produisant par caramélisation un goût sucré plus doux. Mais la valeur nutritive reste faible car à l'état natif, les grains et les molécules d'amidon sont très compacts donc peu accessibles et attaquables par nos enzymes digestives.

L'invention de la poterie (8000 à 7000 ans av. J.C) a permis de cuire les grains proprement dit. Les céréales ainsi traitées sont plus faciles à digérer car, gélifié par la température et moins dense, l'amidon des grains devient facilement attaquant par les enzymes salivaires (amylases) et intestinales. Cette action libère des sucres qui sont absorbables par le tube digestif. Il n'est pas encore question de pain, mais de bouillies et de galettes non levées.

I.4.4. Le développement de la plante:

Les blés sont des plantes herbacées annuelles, monocotylédones, à feuilles alternes, formées d'un chaume portant un épi constitué de deux rangées d'épillets sessiles et aplatis.



Fig. I.31: Planche botanique d'un épi de blé

Les fleurs sont nombreuses, petites et peu visibles car achlamydes. Elles sont groupées en épis situés à l'extrémité des chaumes.

Les tiges sont des chaumes, cylindriques, souvent creux par résorption de la moelle centrale. Ils se présentent comme des tubes cannelés avec de longs et nombreux faisceaux conducteurs de sève. Ces faisceaux sont régulièrement entrecroisés et renferment des fibres à parois épaisses, assurant la solidité de la structure. Les chaumes sont interrompus par des nœuds qui sont une succession de zones d'où émerge une longue feuille, qui engaine d'abord la tige puis s'allonge en un limbe étroit à nervures parallèles.

Parmi les autres caractères de cet appareil végétatif, il existe dans l'épiderme une concentration de multiples amas de silice microscopiques mais très durs. Ils peuvent user les outils tranchants (faucille ou faux par exemple ; ce fait permet de reconnaître les outils préhistoriques ayant servi aux moissons, car ils présentent de fines rayures et parfois des restes d'accumulation de silice.)

L'épi de blé est formé de deux rangées d'épillets situés de part et d'autre de l'axe. Un épillet regroupe trois fleurs à l'intérieur de deux glumes. Chaque fleur est dépourvue de pétales, et est entourée de deux glumelles (pièces écailleuses non colorées). Elle contient trois étamines (pièces mâles), un ovaire surmonté de deux styles plumeux (les pièces femelles). La fleur du blé est dite cléistogame, c'est-à-dire que le pollen est relâché le plus souvent avant que les étamines ne sortent de la fleur. Il s'attache alors au stigmate, où peut se produire la fécondation.

Le blé est une plante presque strictement autogame. En espaçant les variétés de seulement 2,5m, on constate une pollinisation croisée limitée à 0,03 %³⁴. En effet, à cause du caractère cléistogame de la fleur, l'autofécondation est le mode de reproduction le plus fréquent chez les blés : ce sont les anthérozoïdes (cellules reproductrices mâles) issus du pollen d'une fleur qui fécondent l'oosphère et la cellule centrale du sac embryonnaire de l'ovaire de cette même fleur (les cellules sexuelles femelles sont protégées dans un sac embryonnaire fermé au sein d'un ovule).

Après fécondation, l'ovaire donnera le grain de blé. Dans le cas du blé, le grain est à la fois le fruit et la graine. En effet, Les enveloppes du fruit sont soudées à celles de la graine. On appelle ce type de fruit un caryopse.

Au moment du battage, les glumes et les glumelles sont perdues. Ses réserves sont contenues dans l'albumen (on dit que la graine est albuminée), composé à 70 % d'amidon et 15 % de gluten(une protéine). L'embryon n'a qu'un cotylédon (le blé est une plante monocotylédone).

Les principaux caractères des espèces de blé que l'homme a cherché à sélectionner sont : la robustesse de l'axe de l'épi (qui ne doit pas se casser lors de la récolte), la séparation facile des enveloppes du grain, la grande taille des grains et la compacité des épis (plus maniable que l'épi lâche).

La sélection d'une plante cultivée se base sur l'ensemble de gènes existants dans l'espèce considérée, ce qui justifie l'intérêt de la préservation de la biodiversité. Pour certaines propriétés désirées, telles que la résistance aux maladies fongiques ou virales, la diversité au sein du groupe de gènes du blé n'est pas suffisante. Pour cette raison, il a été complété par de nouveaux gènes. Un croisement entre le blé et ses plantes parentes ne se fait pas naturellement. Par conséquent, des techniques de culture tissulaire et de cytogénétique (mais pas de génie génétique) doivent être employées pour introduire du matériel génétique exogène dans le génome du blé. C'est ainsi qu'on a pu créer un hybride entre le blé et le seigle nommé «Triticale ».

La création et l'utilisation de variétés de blé génétiquement modifié est techniquement possible. Cependant, cette technique n'a pas été utilisée à grande échelle pour le blé.

I.5. Caractéristiques d'un grain de blé :

- longueur: 7à9mm
- largeur: 3à 4mm
- épaisseur: 4à 5mm
- poids: 30 à 50 mg²

Le grain de blé présente sur sa face dorsale un germe à l'extrémité inférieure et la « brosse » (système respiratoire du grain à l'autre extrémité, et sur sa face ventrale un sillon longitudinal courant sur toute la longueur du grain.



Fig. I.32: grain de blé

Chapitre II

Ré-conception de la batteuse

II.1. Introduction

Le but de cette étude est d'adapter et de modifier une conception précédente d'une batteuse (Y. Taleb et N. Atig, Mémoire de master 2019 [1]) aux matériels et aux moyens disponibles au niveau de l'atelier de fabrication.

C'est lors de la réalisation de la batteuse qu'on s'est rendu compte que les idées de conception peuvent être réalisables tant qu'il y a des moyens à les concrétiser. Cependant, les matériaux, le matériel et les moyens nous empêchent de réaliser la batteuse suivant les premiers plans établis lors de la conception. Le réalisme nous a obligé de se contenter des moyens qui sont à notre disposition.

II.2. Définition

Une batteuse est une machine agricole servant à battre les céréales pour séparer le grain de la paille et de la balle. Cette opération effectuée à l'aide de fléaux pendant des siècles, était un travail éreintant prenant un temps considérable et demandant beaucoup d'effort.

II.3. Définition du besoin et de cahier des charges

Avant de construire une batteuse (comme d'ailleurs pour la construction de tout autre objet technique), il faut se demander à qui l'objet s'adresse, quelles seront les utilisations et dans quel but : cela s'appelle le **besoin**. Ensuite, il faut définir toutes les caractéristiques de l'objet technique en question : cela va de la beauté de l'objet (contrainte d'esthétique) à ses fonctions fondamentales (qu'est ce qu'il doit faire) en passant par le coût (contrainte économique), la facilité d'utilisation (contrainte de praticité), son adaptabilité (contrainte de l'environnement extérieur), etc.... : cela s'appelle le **cahier des charges**. Cette étape préliminaire permet de cadrer au maximum le projet et, grâce à ces deux outils, on peut par exemples minimiser le coût de production (en choisissant des produits moins chers) ou tout simplement éviter de partir dans une conception trop complexe ou surdimensionnée par rapport au besoin précédemment défini.

II.3.1. Le besoin

Il s'agit de faire la conception d'une batteuse de taille réduite pour le labo de recherche mécanique - département de génie mécanique « Université Ammar Thelidji Laghouat ». Cette conception peut aider les agriculteurs ayant des terrains agricoles de petites superficies adressées à la culture du blé, sachant de point de vue frais l'opération deviendra couteuse car l'utilisation d'une moissonneuse batteuse n'est pas économique alors une telle conception résoudra ce problème.

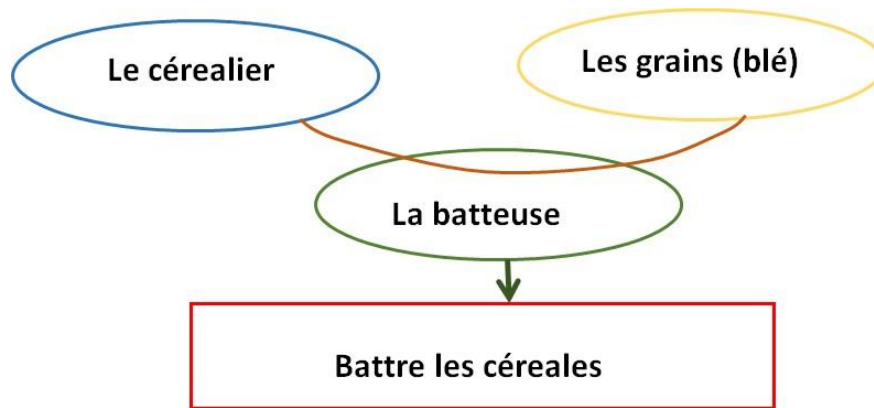


Fig. II.1: Bête à corne (Batteuse).

II.3.2. Cahier des charges :

Le blé est coupé puis battue, c'est-à dire que le grain est séparé de son enveloppe (la balle) et de la paille. Les grains sont nettoyés des impuretés, la paille et les balles sont déposées, en andains, sur les chaumes. Une modélisation partielle de cette phase est donnée par le cahier des charges fonctionnel :

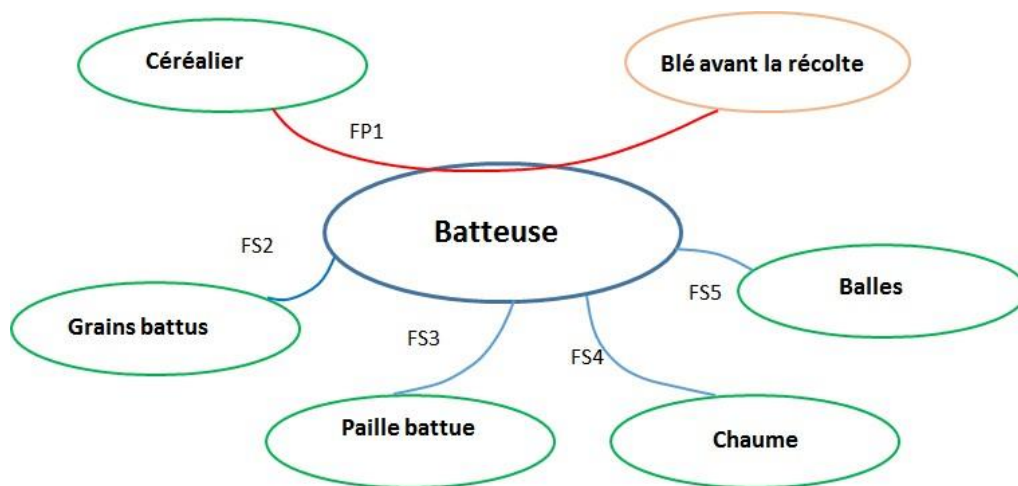


Fig. II.2: Pieuvre (Batteuse).

Tableau. .1 : analyse fonctionnelle de la batteuse.

N°	Qualification	Critère	Niveau
FP1	Permettre au céréalier de récolter les céréales	Taux d'impureté dans les grains Perte de grains	<1.5% <20aum ²
FS2	Assurer le transvasement des grains battus	Perte de grains	Aucune
FS3	Assurer la dépose de la paille battue	Largeur de la dépose (ramassage manuel en continu)	0.3 ±0.1 m
FS4	Laisser une hauteur de chaumes sur le sol pour pâturages	Hauteur sur le sol égale celui de la gerbe coupée manuellement	≈45cm
FS5	Garder les gerbes liées après battage	Longueur des pailles	≈30cm

Exigences à prendre en compte lors de la conception :

- Hauteur du sol à l'extrémité supérieure de la trémie d'alimentation : 900 mm
- L'Angle d'inclinaison du tamis : 10° à 15°
- La largeur de la machine : 580 mm
- La longueur de la machine : 1500 mm
- La hauteur du sol a l'axe de la batteuse : 710 mm
- Le volume de la trémie : entre 1900 et 2000 cm^3 et elle permet d'introduire une gerbe d'une masse moyenne égale à 540g et 300x300 mm^2 de sa section supérieure ;
- La quantité de blé produite entre 10 et 15 secondes à partir d'une gerbe de 540 g est 300g ;
- Le débit de l'air à la sortie du ventilateur est de 2400 m^3/h ;
- Le tamis est capable de faire entre 600 et 650 va et vient par minute et de faire la séparation du blé grâce à deux étages de tamis de mailles différentes ;
- L'inclinaison du tamis par rapport à l'horizontale est entre 8° et 15° ;
- Pour la source d'énergie soit on utilise un moteur électrique si la source d'énergie est disponible si no on peut utiliser un moteur à essence 2 temps.

II.4 Les modifications apportées sur la conception de la batteuse :

En se basant sur les données du cahier des charges fournis par l'utilisateur, nous allons concevoir une batteuse à l'aide du logiciel SolidWorks.

II.4.1 Tambour de Battage :

II.4.1.1 Description du Tambour de Battage :

L'organe principal de la batteuse est constitué par le batteur cylindrique tournant, entouré d'une grille fixe, le contre-batteur. La récolte est engagée entre les deux pièces et sous l'effet du mouvement, les épis sont brisés et les grains ainsi qu'une partie de débris, balles et poussières, passent à travers le contre-batteur.

Les principaux paramètres du tambour de battage sont la longueur du tambour, le diamètre du tambour, le nombre de batteurs sur le tambour et la vitesse du tambour. (Soja et al. 2004). La longueur du tambour a été obtenue à partir de l'équation suivante rapportée par (Kepner et al. 1978 et Resnikov, 1991).

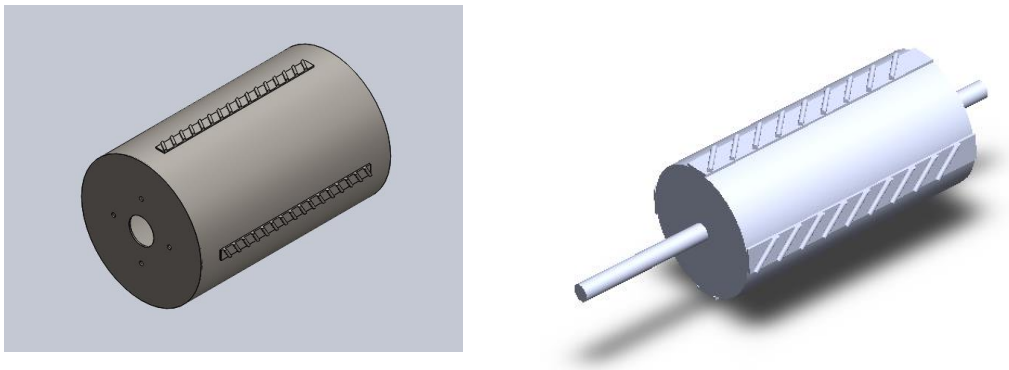


Fig. II.3: CAO du Tambour. (à gauche l'ancienne conception et à droite la nouvelle conception).

$$q = q_0 \cdot L \cdot M \quad (\text{II.1})$$

Où:

L = Longueur du tambour (m),

q = Vitesse d'alimentation de la batteuse (kg / s),

q_0 = Vitesse d'avance admissible (kg / s)

M = Nombre de (rangées de) batteurs.

Par conséquent, pour un q de 0,54 kg /s et un q_0 de 0,45 kg / s, la longueur du tambour (L)

pour 4 rangées de batteur était d'environ 300 mm.

La batteuse à concevoir possédera les caractéristiques suivantes :

- NT \approx 906 tr/min = 15.1 tr/s
 - $q = 0.54$ kg/s
 - DT = 0.19m
 - LT = 0.3m.
 - La puissance que doit consommer le batteur et en utilisant le théorème de Vaschy Buckingham est :
PB= $340 \times 0.54 \times 15.1 \times 0.19 \approx 526.7$ w
 - La puissance consommée par le tambour :
- Estimons cette puissance à 60% de celle absorbée par le batteur, soit :

$$PT = 0.6 \times 526.7 = 316 \text{ w}$$

- II.4.1.2 Le dessin technique de tambour:

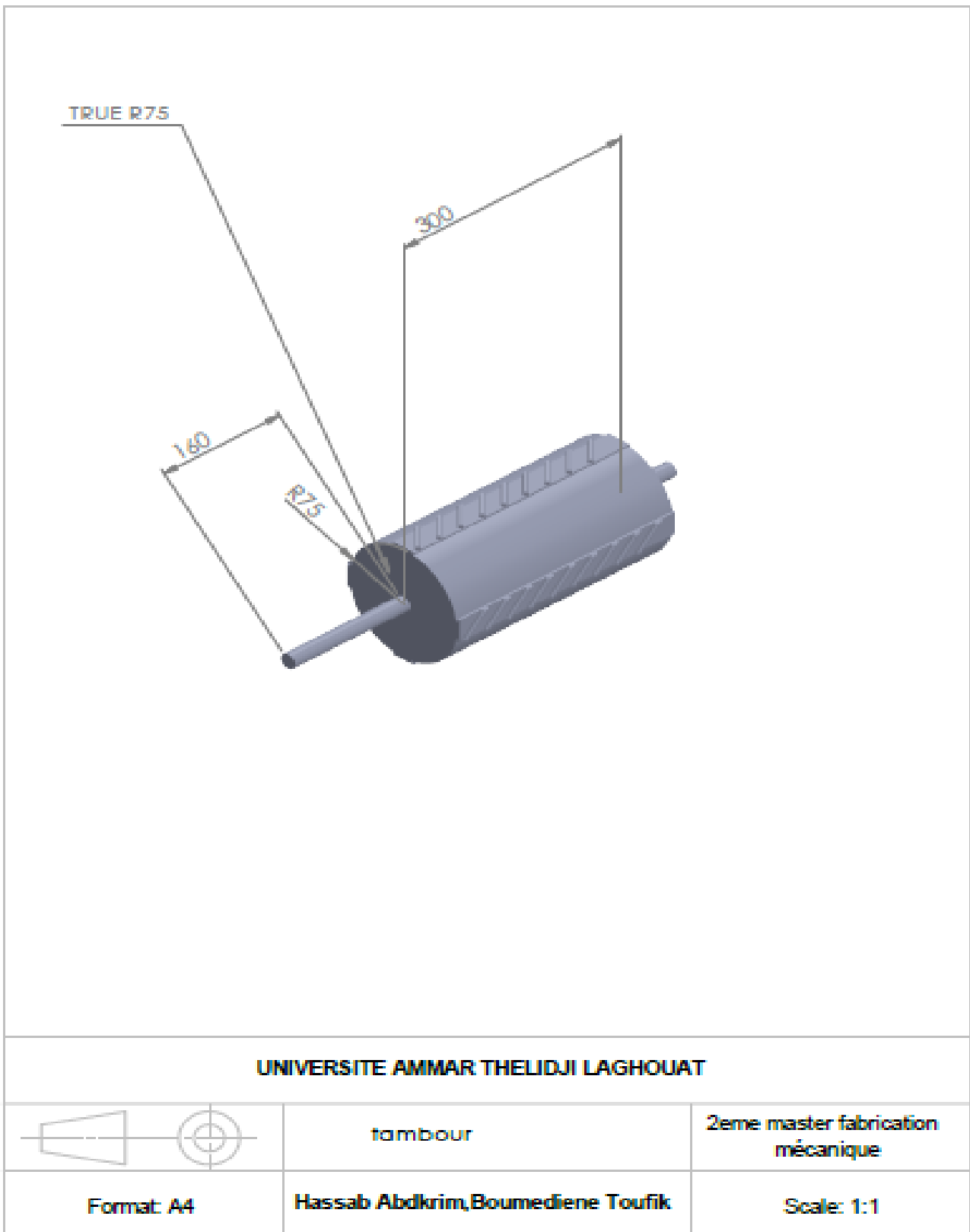


Fig. II.4: Dessin technique du Tambour.

II.4.2 Moyens et matériels :

II.4.2.1 - Le ventilateur centrifuge :

D'après les exigences de l'utilisateur, notre choix s'est porté sur un ventilateur centrifuge qui peut développer une puissance satisfaisante.

La soufflante choisie avec certaines caractéristiques :

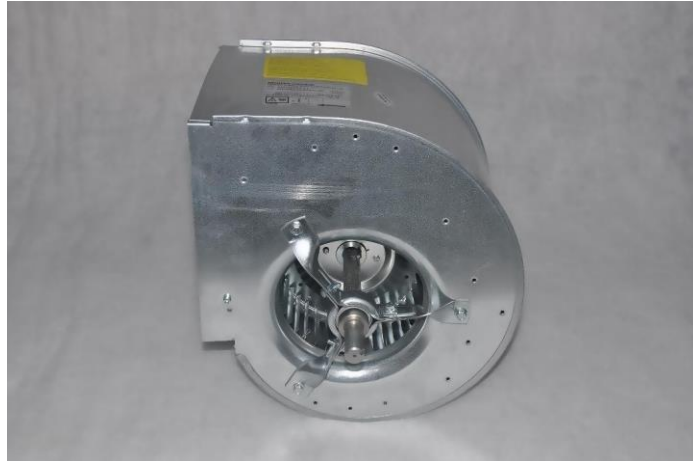


Fig. II.5 : Ventilateur centrifuge.

- Principe de fonctionnement

Les ventilateurs sont des turbomachines transférant à l'air qui les traverse l'énergie nécessaire afin de véhiculer l'air au travers d'une paroi (ventilateur de paroi) (Fig.5), dans un ou plusieurs conduits ou bien permettant de balayer un espace (local) assurant ainsi une homogénéisation de l'air (ventilateur plafonnier, destratificateur).

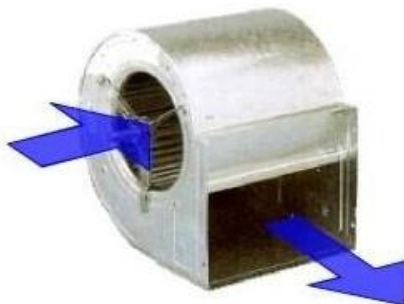


Fig. II.6: principe de fonctionnement d'un ventilateur centrifuge.


- Sens général de l'écoulement de l'air :

Dans le cas d'un ventilateur centrifuge, l'aspiration de l'air se fait axialement et le refoulement radialement. Pour un ventilateur axial, l'air est véhiculé parallèlement à l'axe de la roue.

- Utilisation générale :

- Extracteurs de toiture ou tourelles d'extraction (à roue centrifuge ou hélicoïde)
- Désenfumage de locaux
- Rideaux d'air chaud (ventilateur tangentiel)
- Centrale de traitement d'air
- Ambiance explosive à peu explosive : ventilateur antidéflagrant.

- Centrifuge à aubes inclinées vers l'avant :

Ventilateur	intérêts	photos
Centrifuge à aubes inclinées vers l'avant	<ul style="list-style-type: none"> - Roue dite en cage d'écureuil -Nb d'aubes entre 32 et 42 unités -rendement de l'ordre de 60 à 75 % 	

- Différentes possibilités d'entraînement des ventilateurs :

Il existe différents modes d'entraînement des ventilateurs, donc on a choisi ce mode :

Mode d'entraînement	Principe	Avantages	Inconvénients
Par courroies	L'arbre de la roue et du moteur sont décalés et parallèles	<ul style="list-style-type: none"> • Variation de la vitesse de rotation aisée. • Correction du point de fonctionnement possible par échange de poulies 	<ul style="list-style-type: none"> • Rendement peu élevé • Usure des courroies • Frais d'entretien plus important

Caractéristiques suivantes :

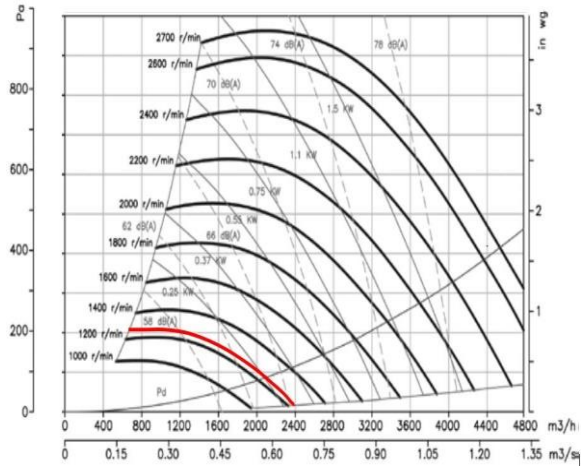


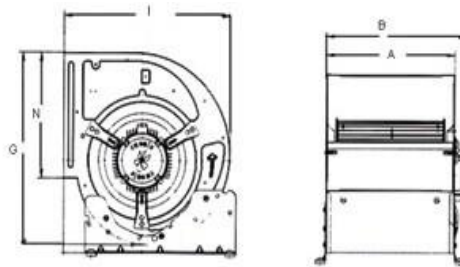
Fig. II.7 : Courbe pour le choix d'un ventilateur : pression en fonction du débit.

D'après le graphe (Fig. II.7), on a comme caractéristiques :

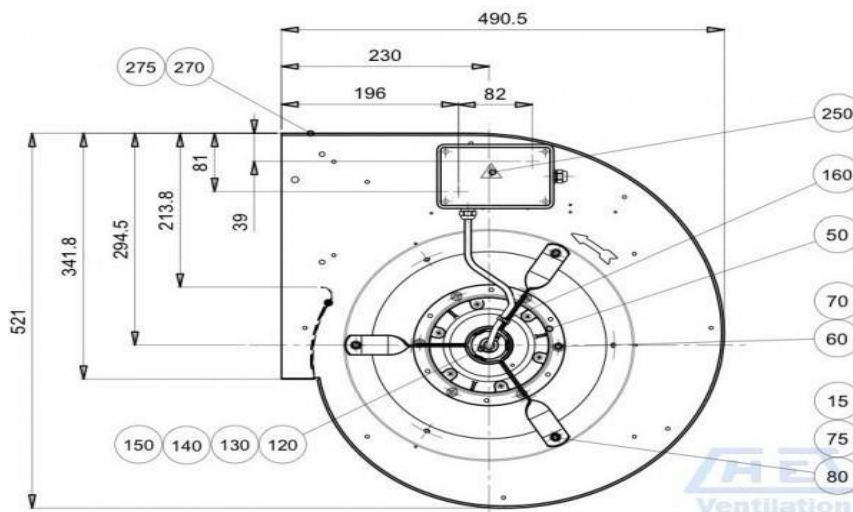
N [tr/mn]	r (rapport de transmission)	L _{WA} [dB] (bruit)	P [Pa]	η [%]	Débit [m ³ /h]
1269	0,875	66	200	72	2400

-Les dimensions de notre ventilateur centrifuge :

Tableau. II.2 : caractéristiques des ventilateurs centrifuge.



Réf. ABE	Turbine	TYPE	Pôles	W	CL	Volts	m3/h	Moteur	A	B	G	I	N
MOTO.605	BD19/19	DD7/7	6	40	F	230	1400	fermé	230	297	327.5	316	208
MOTO.654	BD19/19	DD7/7	4	120	F	230	1500	fermé	230	297	327.5	316	208
MOTO.648	185/176	DD185/176	4	92	B	230	1050	ouvert	210	274.5	262	266	115
MOTO.607	BD25/20	DD9/7	6	120	F	230	2000	fermé	233	305	388	376	260
MOTO.609	BD25/25	DD9/9	6	120	F	230	2600	fermé	301	350	388	376	260
MOTO.615	BD25/25	DD9/9	4	350	F	230	3100	fermé	301	350	388	376	260
MOTO.619	BD28/22	DD10/8	6	190	F	230	2900	fermé	265	342	444	420	291
MOTO.627	BD28/28	DD10/10	6	190	F	230	3400	fermé	329	359.5	444	420	291
MOTO.635	BD28/28	DD10/10	4	590	F	230	4000	fermé	329	389.5	444	420	291
MOTO.644	BD33/25	DD12/9	6	790	F	230	4400	fermé	310	380	519	490	343.5



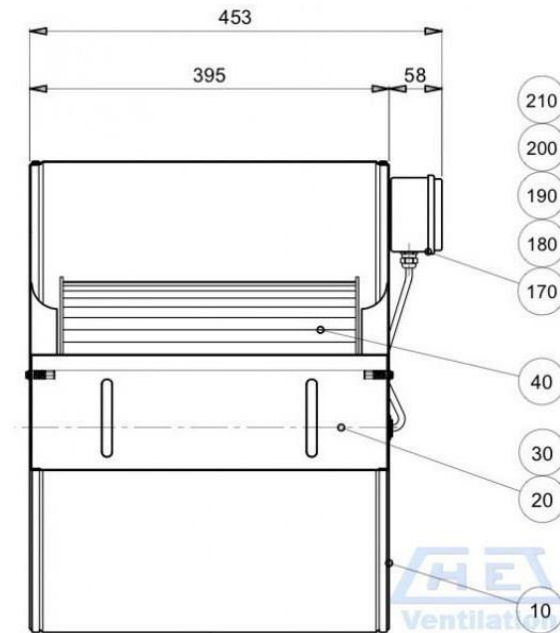


Fig. II.8 : Dimensions du ventilateur centrifuge.

II.4.2.2 Choix du moteur :

Le choix d'un moteur asynchrone seul doit permettre l'entraînement de la machine accouplée avec les performances imposées par le cahier des charges à savoir :

- Le nombre de quadrants de fonctionnement
- Le couple sur toute la plage de vitesse : caractéristique $C_r = f(\Omega)$
- La vitesse désirée
- L'accélération et la décélération souhaitées et le respect des normes pour le réseau

L'alimentation énergétique :

- La puissance de démarrage disponible
- La consommation d'énergie réactive
- Le taux d'harmoniques imposé au réseau
- La compatibilité électromagnétique

Désignation : La désignation complète d'un moteur reprend les paramètres suivants :

- Caractéristique mécanique : puissance, vitesse
- Caractéristique électrique : tension, fréquence, nombre de phases
- Forme de construction : suivant type de fixation
- Spécification particulière : forme de l'arbre, température, altitude
- Type de construction : suivant l'indice de protection.

Tableau. II.3 : caractéristiques des moteurs électriques

Type	Puissance nominale à 50 Hz	Vitesse nominale	Couple nominal	Intensité nominale	Facteur de puissance	Rendement	Courant démarrage / Courant nominal	Masse
	P_N kW	N_N min ⁻¹	C_N N.m	$I_N(400V)$ A	$\cos \phi$	η %	I_D / I_N	IM B3 kg
LS 56 L	0.09	1400	0.6	0.39	0.6	55	3.2	4
LS 63 M	0.12	1380	0.8	0.44	0.7	56	3.2	4.8
LS 63 M ^f	0.12	1375	0.8	0.44	0.77	56	3	4.8
LS 63 M	0.18	1390	1.2	0.64	0.65	62	3.7	5
LS 63 M ^f	0.18	1410	1.2	0.62	0.75	63	3.7	5
LS 63 M	0.25	1390	1.6	0.85	0.65	65	4	5.1
LS 63 M ^f	0.25	1390	1.6	0.85	0.65	65	4	5.1
LS 71 L	0.25	1425	1.7	0.8	0.65	69	4.6	6.4
LS 71 L	0.37	1420	2.5	1.06	0.7	72	4.9	7.3
LS 71 L	0.55	1400	3.8	1.62	0.7	70	4.8	8.3
LS 80 L	0.55	1400	3.8	1.6	0.74	67	4.4	8.2
LS 80 L	0.75	1400	5.1	2.01	0.77	70	4.5	9.3
LS 80 L	0.9	1425	6	2.44	0.73	73	5.8	10.9
LS 90 S	1.1	1429	7.4	2.5	0.84	76.8	4.8	11.5
LS 90 L	1.5	1428	10	3.4	0.82	78.5	5.3	13.5
LS 90 L	1.8	1438	12	4	0.82	80.1	6	15.2
LS 100 L	2.2	1436	14.7	4.8	0.81	81	6	20
LS 100 L	3	1437	20.1	6.5	0.81	82.6	6	22.5
LS 112 M	4	1438	26.8	8.3	0.83	84.2	7.1	24.9

D'après le tableau ci-dessous et d'après nos calculs on peut choisir un moteur électrique de type LS 100L.



Fig. II.9 : Moteur Modèle SL 100 L.

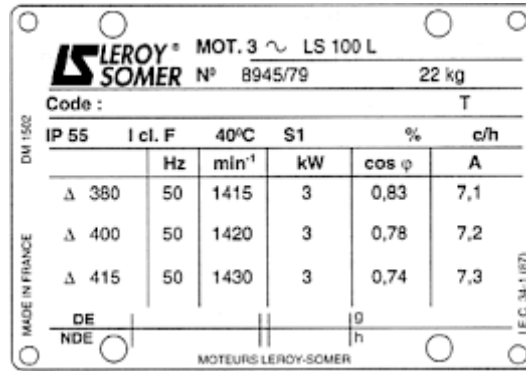


Fig. II.10 : Plaque signalétique du moteur choisi.

II.7.1. Description rapide :

MODÈLE	puissance	Tension	fréquence	Vitesse de rotation	phase
SL 100 L	3kw	220v	50Hz	1450 tr/min	1

Il faut remarquer qu'on a besoin d'un autre moteur électrique pour entraîner en rotation l'arbre vilebrequin qui assure le mouvement alternatif du tamis.

II.4.2.3 Poulies et Courroies :

Poulies :

Le choix des poulies sera le type SPZ.

Tableau. II.4 : caractéristiques des poulies

Profil	d_d	α	W_d	b	h	e	t	f	Longueur de référence courroie L_d	Tolérance t_1 sur L_d	
A	≤ 118	34°	11	2,75	8,7	15	$\pm 0,3$	10	630-700-790-890-990-1 100	L_d	t_1
	> 118	38°							1 250-1 430-1 550-1 640-1 750-1 940	$500 < L_d \leq 630$	± 6
B	≤ 190	34°	14	3,5	10,8	19	$\pm 0,4$	12,5	930-1 000-1 100-1 210-1 370	$630 < L_d \leq 800$	± 8
	> 190	38°							1 560-1 760-1 950-2 180-2 300-2 500	$800 < L_d \leq 1 000$	± 10
C	≤ 315	34°	19	4,8	14,3	25,5	$\pm 0,5$	17	1 565-1 760-1 950-2 195-2 420-2 715	$1 000 < L_d \leq 1 250$	± 13
	> 315	38°							2 880-3 080-3 520-4 060-4 600-5 380	$1 250 < L_d \leq 1 600$	± 16
SPZ	≤ 80	34°	8,5	2	9	12	$\pm 0,3$	8	630-720-800-900-1 000-1 120-1 250	$1 600 < L_d \leq 2 000$	± 20
	> 80	38°							1 400-1 600-1 800-2 000-2 240-2 500	$2 000 < L_d \leq 2 500$	± 25
SPA	≤ 118	34°	11	2,75	11	15	$\pm 0,3$	10	800-900-1 000-1 120-1 250-1 400	$2 500 < L_d \leq 3 150$	± 32
	> 118	38°							1 600-1 800-2 000-2 240-2 500-2 800	$3 150 < L_d \leq 4 000$	± 40

Courroie trapézoïdale :

La courroie trapézoïdale est une courroie de section trapézoïdale.



Fig. II.11 : courroie trapézoïdale

La forme trapézoïdale de la courroie lui donne un bon contact sans glissement, avec les poulies, par principe mécanique de coincement (elles ne doivent pas être trop tendues sous peine d'usure rapide anormale).

Tableau. II.5 : caractéristiques des courroies.

Courroie	Section G × H	Largeur Wd
« Classique »	A	13 × 8
	B	17 × 11
	C	22 × 14
« Étroite »	SPZ	10 × 8
	SPA	13 × 11

II.4.3 Paliers d'alignement :

Une paire de paliers est utilisée pour porter l'arbre du tambour sur la structure de la batteuse et une autre paire est utilisée pour porter l'arbre vilebrequin pour assurer le mouvement de va et vient du tamis.



Fig. II.12 : Paliers d'alignements avec cage 2 trous pour axe 20mm.

Ce roulement est fixé dans les plaques latérales pour la fixation de l'arbre de tambour

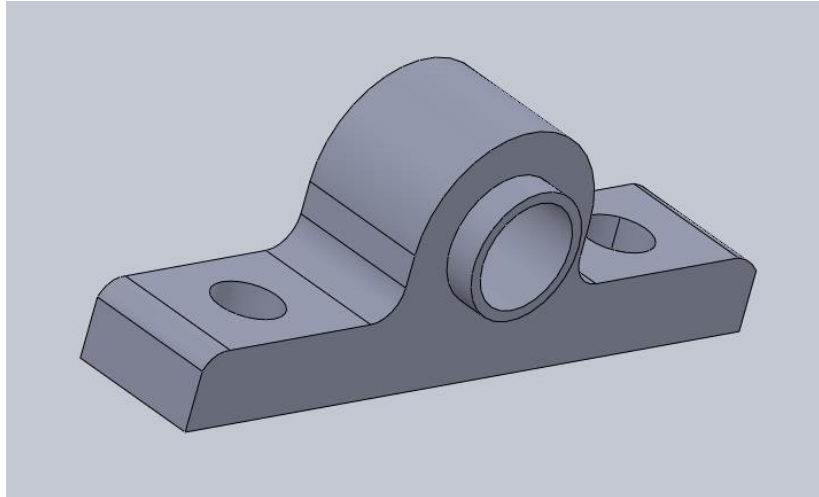


Fig. II.13 : Paliers d'alignements pour axe 20mm (vue sur logiciel de SolidWorks).

II.4.4 Contre-batteur :

C'est une grille de forme circulaire qui enveloppe le tambour sur environ, 180°. L'écartement entre le tambour et contre batteur est en général légèrement supérieur à l'avant par rapport à l'arrière. Les barres d'acier disposées parallèlement aux battes s'appellent des contre-battes. Elles sont reliées par deux fers plats courbés formant un demi-cercle entre lesquels passent 80 à 90% du grain. La partie inférieure du contre batteur est souvent prolongée par un peigne facilitant le passage de la paille vers le tamis.

II.4.4.1 Réglage du contre batteur :

Le nombre de contre battes varie de 11 à 15 suivant le type de machine. Le serrage du contre batteur et la vitesse du batteur sont deux choses intimement liées.

Une distance trop faible entre batteur et contre batteur peut provoquer la casse de grains alors qu'une distance trop importante donnera lieu à un battage incomplet.

En règle générale, il est conseillé un écartement le plus faible possible sans que l'on constate decasse du grain.

Dans un réglage moyen de base, l'ouverture de l'entrée du contre batteur est supérieure à celle de l'arrière.



Fig. II.14: Contre-batteur inférieure

II.4.4.3 Dessin technique de contre batteur :

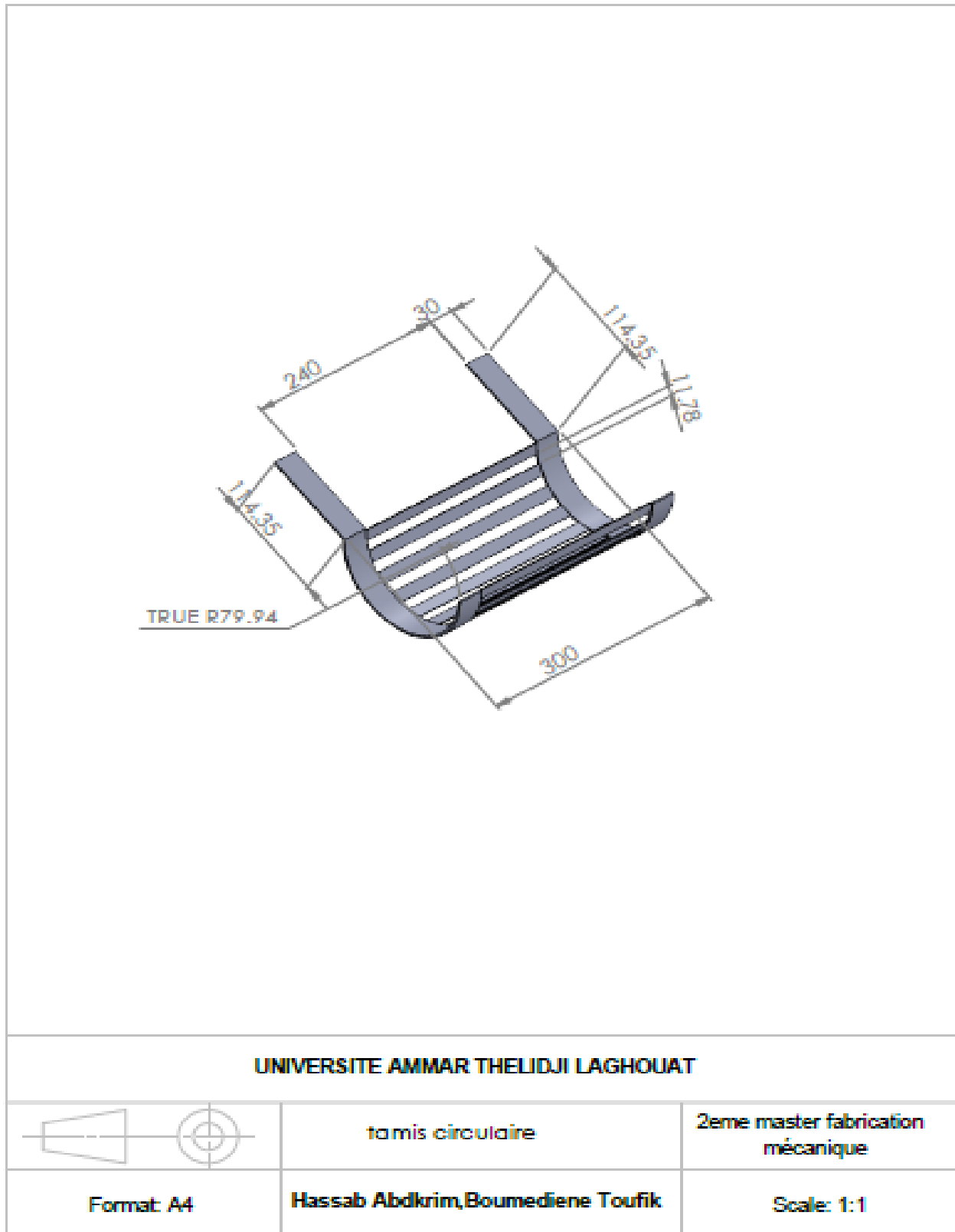


Fig. II.15: Dessin technique de contre batteur.

II.4.5 Structure de la batteuse:

Le support de la batteuse est fabriqué à partir de cornières, et des tubes rectangulaires en acier assemblé par soudage afin de nous donner une bonne rigidité et tenace pour absorber les vibrations générées par les éléments de la machine et surtout le mouvement de va et vient du tamis.

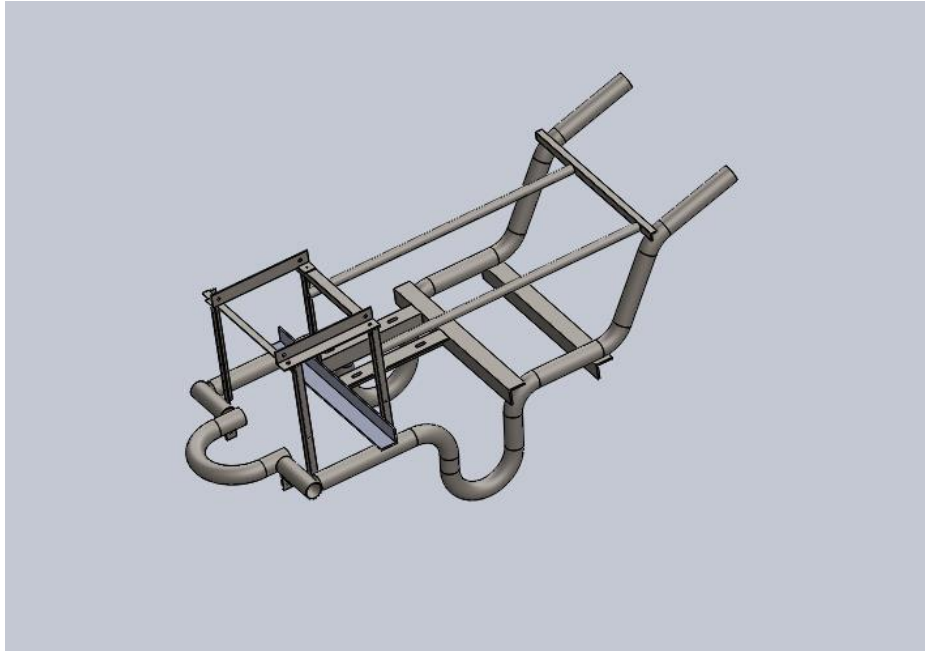


Fig. II.16 L'ancienne conception de la structure de la machine

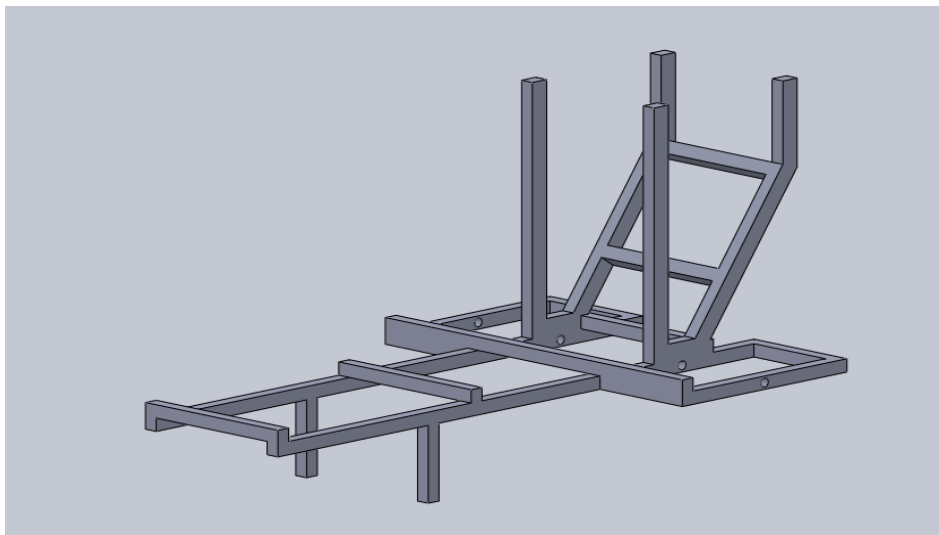


Fig. II.17 La nouvelle conception de la structure de la machine

II.4.5.1 Dessin technique de support machine de la nouvelle conception :

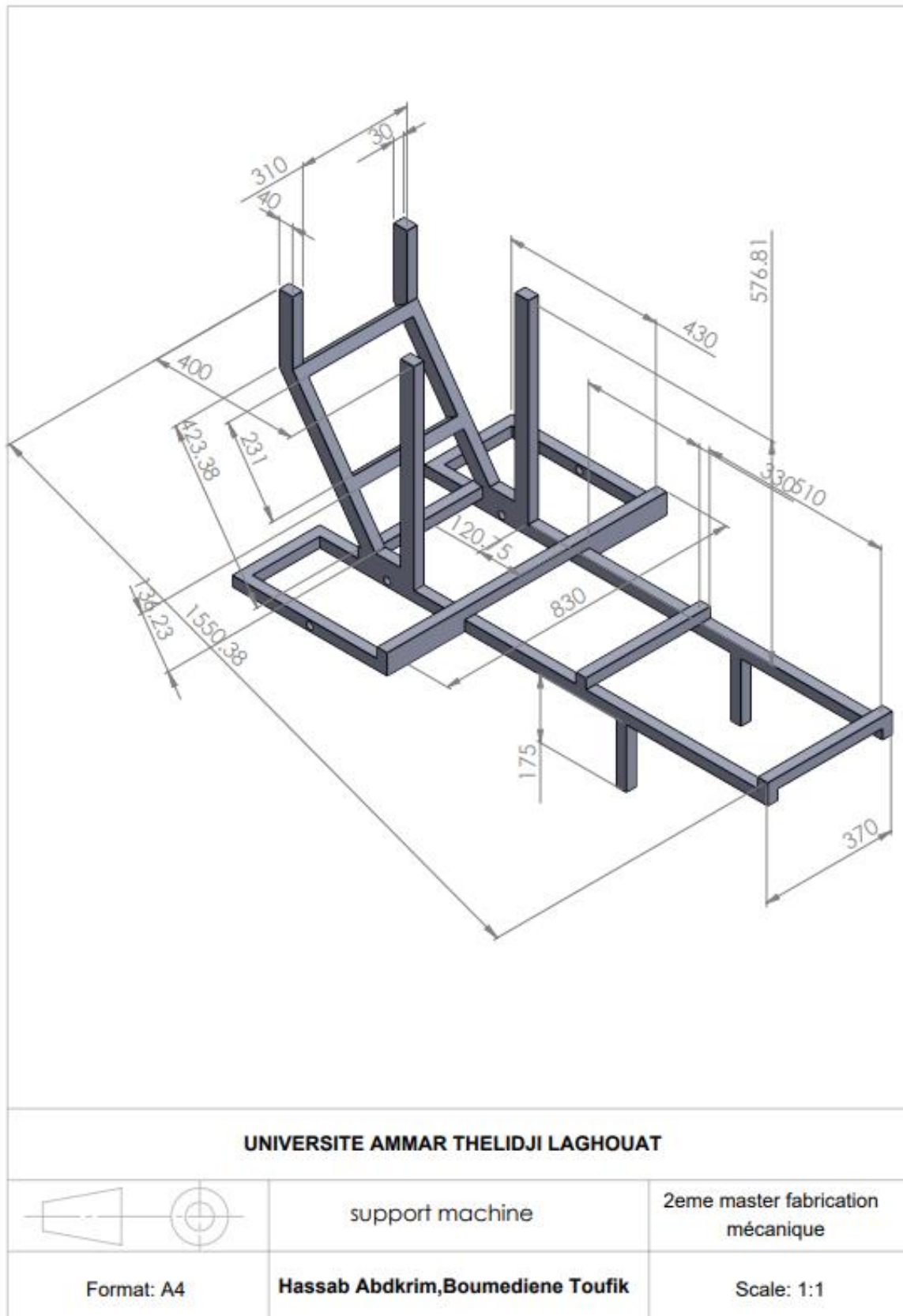


Fig :II.18 : Dessin technique de support machine de la nouvelle conception

II.4.6 La trémie:

La trémie est un Grand entonnoir d'une forme pyramidale en bois Cette trémie permet d'introduire une gerbe d'une masse moyenne égale à 540g et 300x300 mm² de sa partie supérieure. Cette trémie est boulonnée à la plaque de montage sur le Contre-batteur inférieure

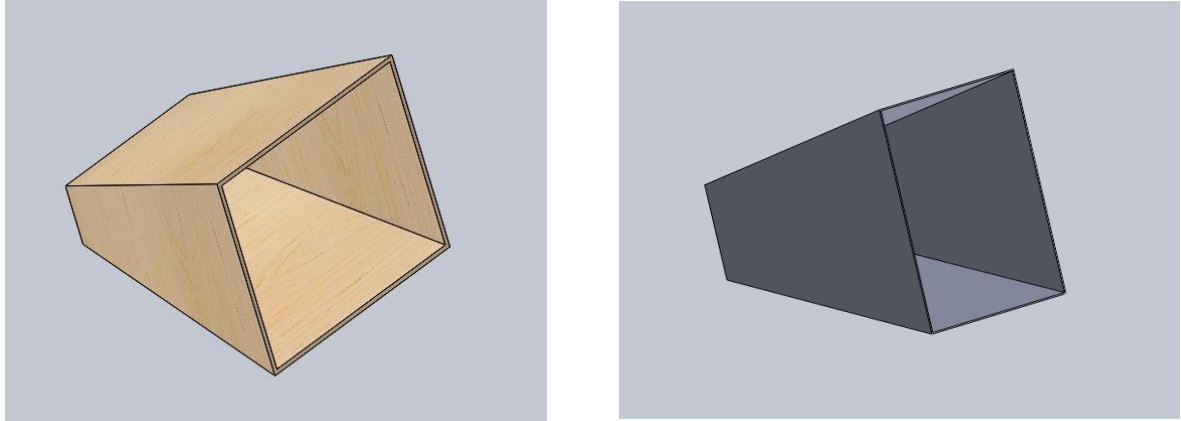


Fig. II.19: La trémie (à gauche la nouvelle conception à droite l'ancienne)

II.4.6.1 Dessin technique de la trémie :

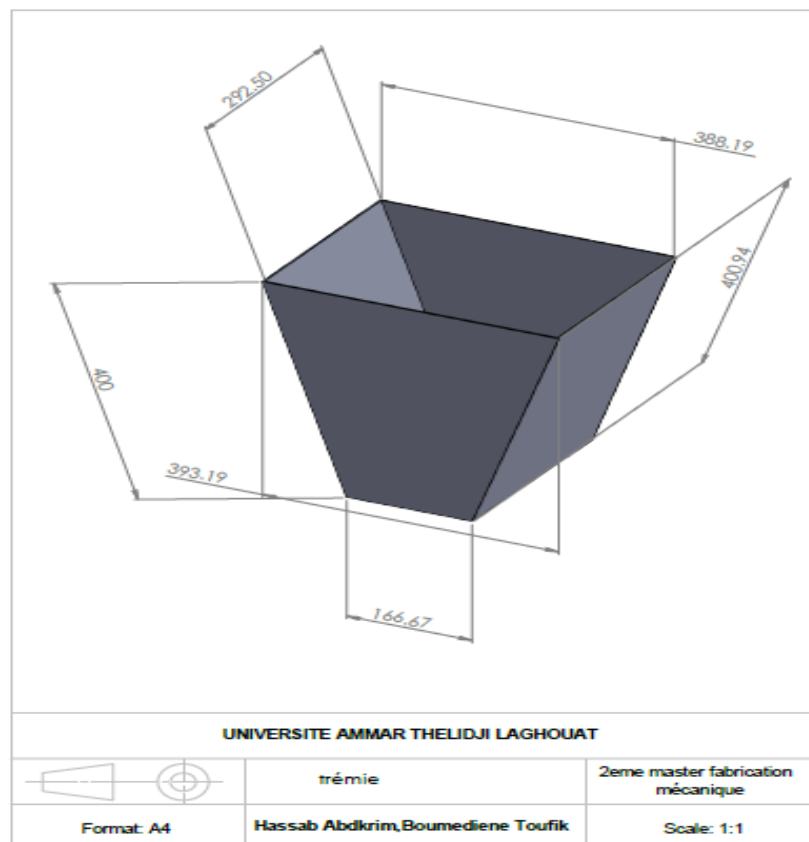


Fig. II.20 Dessin technique de trémie de la nouvelle conception

II.4.7 Le tamis :

Le tamis supérieur est fabriqué à partir de tôle d'acier perforée ronde de 8 mm vissée sur des matraques en bois de 32 mm x 32 mm. Cette taille convient aux petits grains tels que le blé.

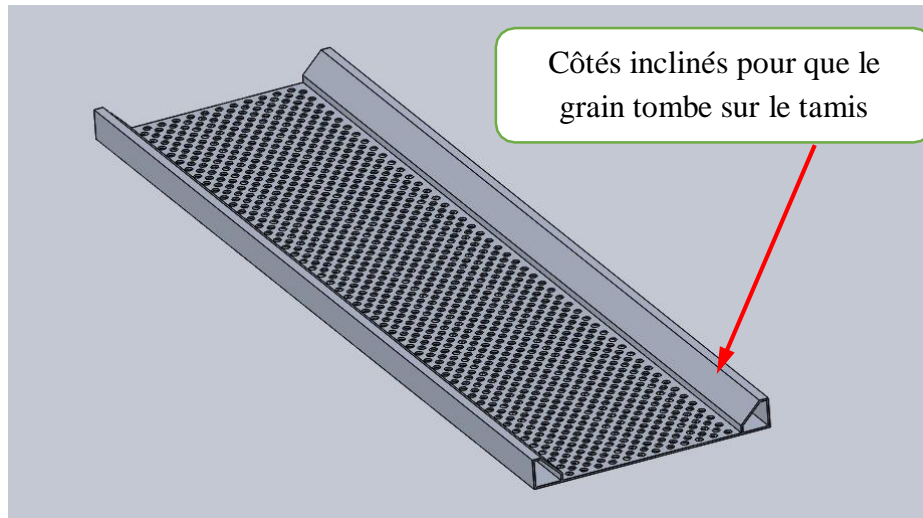


Fig. II.21: Tamis supérieure.

Le Tamis inférieure est fabriqué à partir de filet d'acier perforée carrée de 6 mm lui aussi est vissée sur des matraques en bois de 32 mm x 32 mm et fixe sous le tamis supérieur pour assure un bon nettoyage

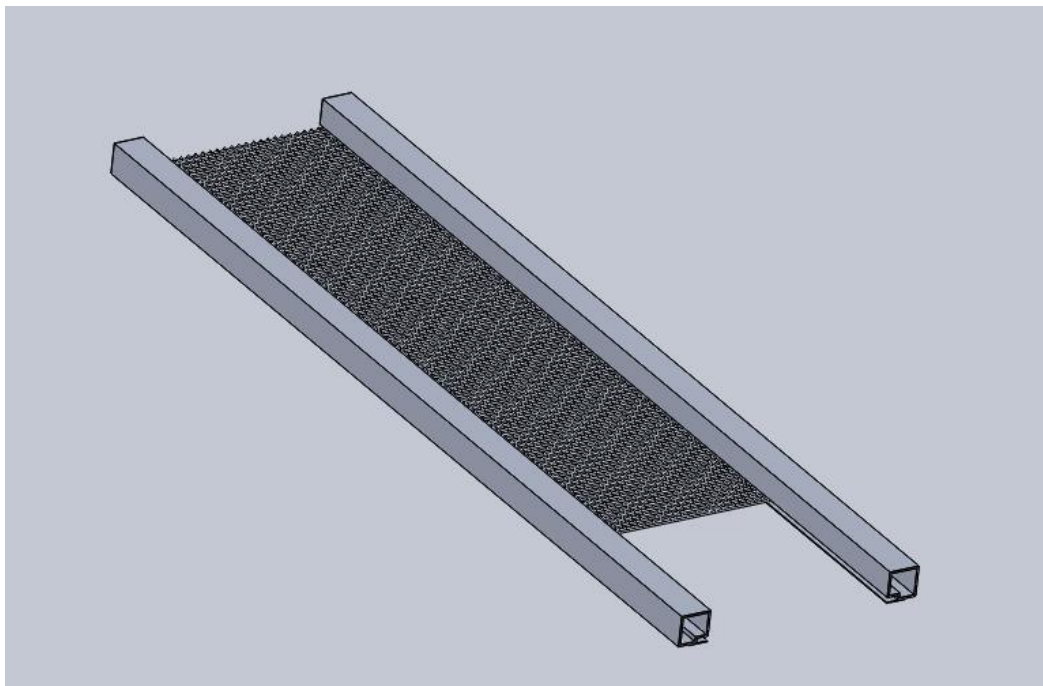


Fig. II.22: Tamis inférieure.

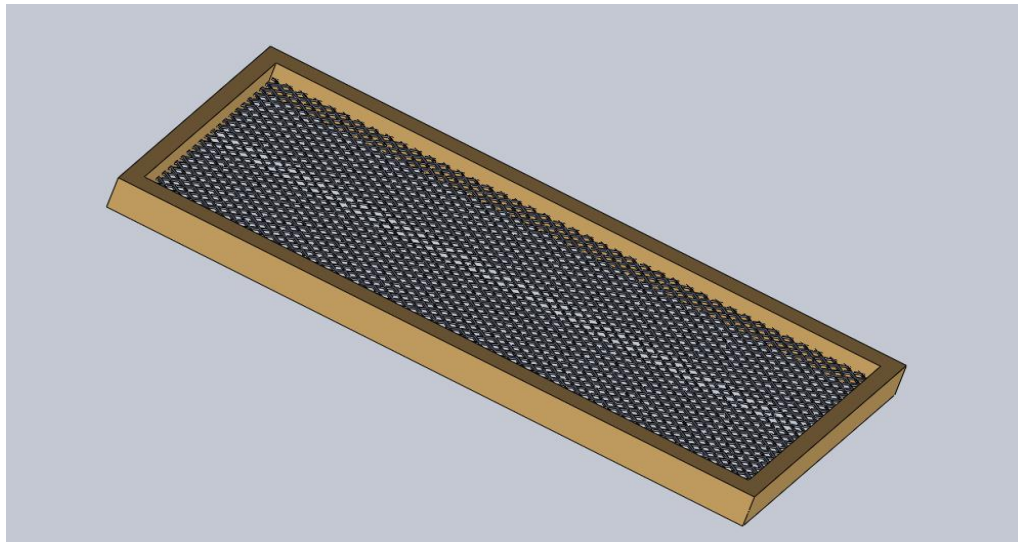


Fig. II.23: Tamis de la nouvelle conception.

II.4.7.1 Le dessin technique de tamis :

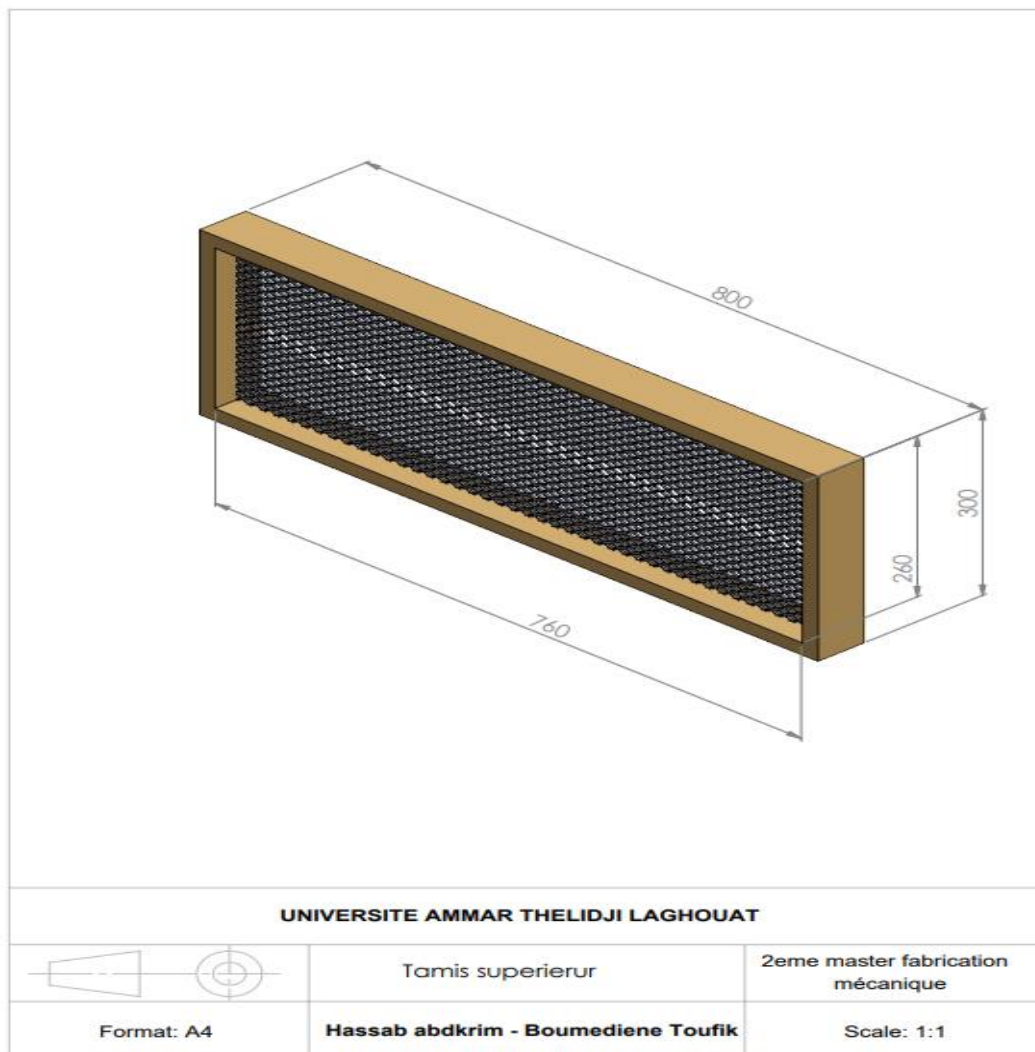


Fig. II.24 Le dessin technique de tamis

II.4.8 Arbre d'excentricité :

II.4.8.1 Description de mécanisme de l'arbre d'excentricité :

L'arbre d'excentricité se compose de deux arbres de diamètre 20mm soudés bout à bout avec un décalage des diamètres pour assurer une excentricité qui vaut 5 mm c'est-à-dire la couse que le tamis va faire vaut 15mm.

À cause de l'inclinaison du tamis (10 degrés) et à l'aide du système d'articulation le galet (roulement dia. 32mm joue le rôle d'un galet) reste toujours en contact avec le tamis. La vitesse de rotation de l'arbre excentrique est de 615 tr/min c'est à dire le tamis va faire 615 va et vient par minute et de ce fait le tamis assure un bon nettoyage.

- Puissance consommée par le dispositif de secouage (Tamis) :

L'arbre excentrique qui reçoit le mouvement de rotation par la baie d'un système poulie et courroie donc dans sa rotation imprime des oscillations à l'ensemble des tamis. Alors la puissance s'exprime ainsi :

$$P_{ta} = p_{ta} \times v \dots\dots\dots (1)$$

p_{ta} : poids total du dispositif de secouage.

v : vitesse linéaire de rotation de l'arbre

N_e : fréquence de rotation de l'arbre excentrique ($N_e=615$ tr/min) soit 10.25 tr/s.

e : excentricité de l'arbre qui vaut 5mm

$$v = r \times m = 0.015 \times 2 \times 3.14 \times 10.25 = 0.95 \text{ m/s} \dots\dots\dots (2)$$

Les tamis vibrants (supérieur et inférieur) sont en bois et les grilles en acier ordinaire d'utilisation générale donc on estime que leur masse totale est de 4 kg avec une majoration qui tient compte du poids de la paille et des éléments d'assemblage.

$$\text{Alors : } P_{ta} = 4 \times 9.81 \times 0.95 = 37.3 \text{ w} \dots\dots\dots (3)$$

- Puissance du moteur :

C'est la somme de toutes les puissances majorées de 30%.

$$P_M = (P_T + P_B + P_V + P_{ta}) \times 1.3 = 1803.9 \text{ w} \approx 2.51 \text{ ch} \dots\dots\dots (4)$$

On choisira un moteur de 2.5 ch, thermique ou électrique. Mais parfois, dans les compagnes on ne dispose pas d'électricité, donc on utilisera un moteur Diesel.

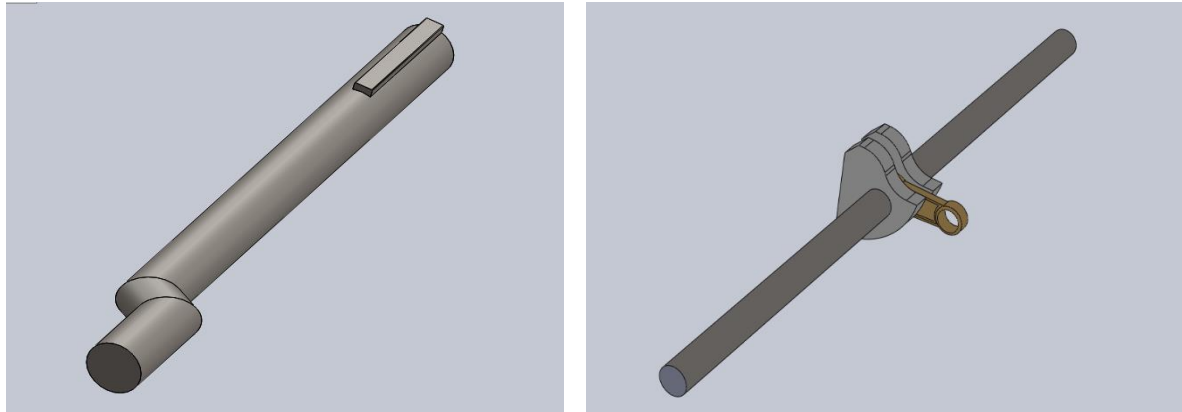


Fig. II.25: Arbre assurant le mouvement va et vient du tamis. (à gauche l'ancienne conception et à droite la nouvelle).

- II.4.8.2 Le dessin technique de l'axe d'excentricité :

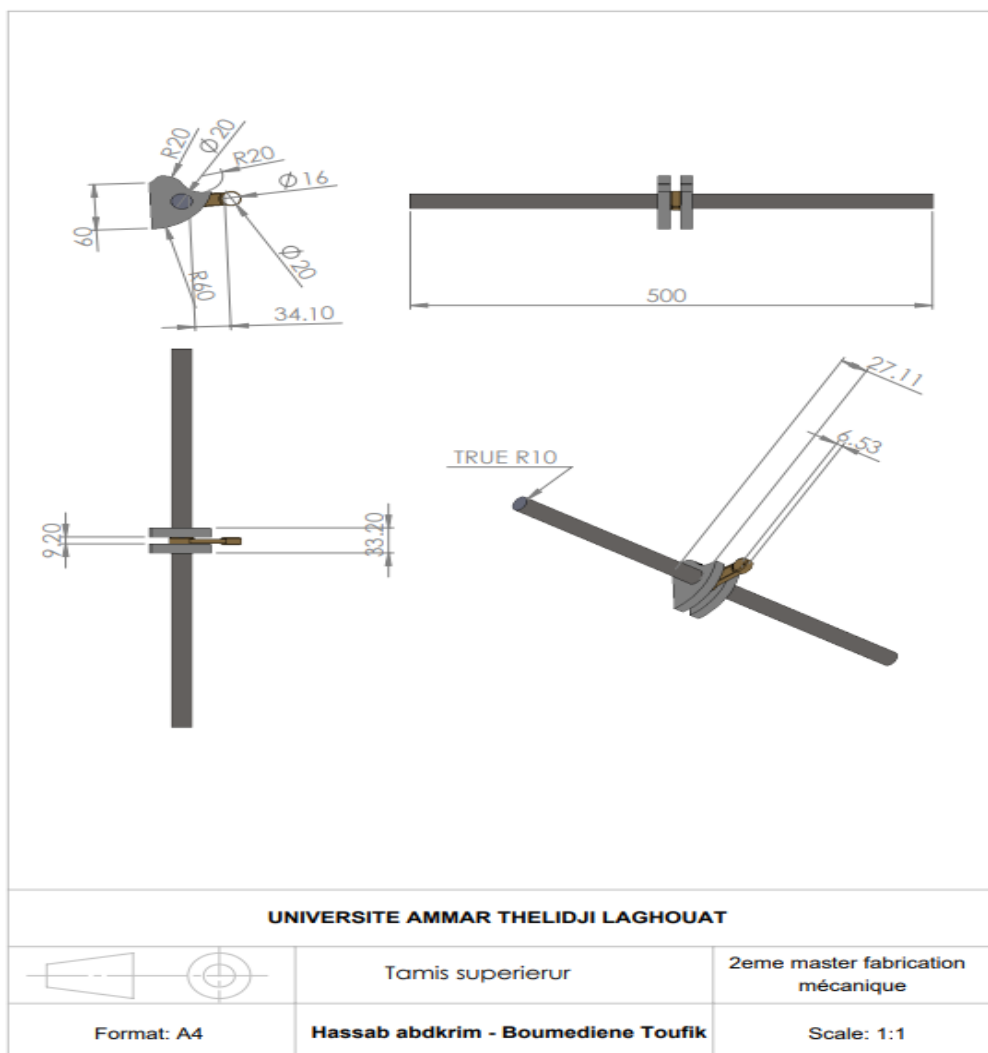
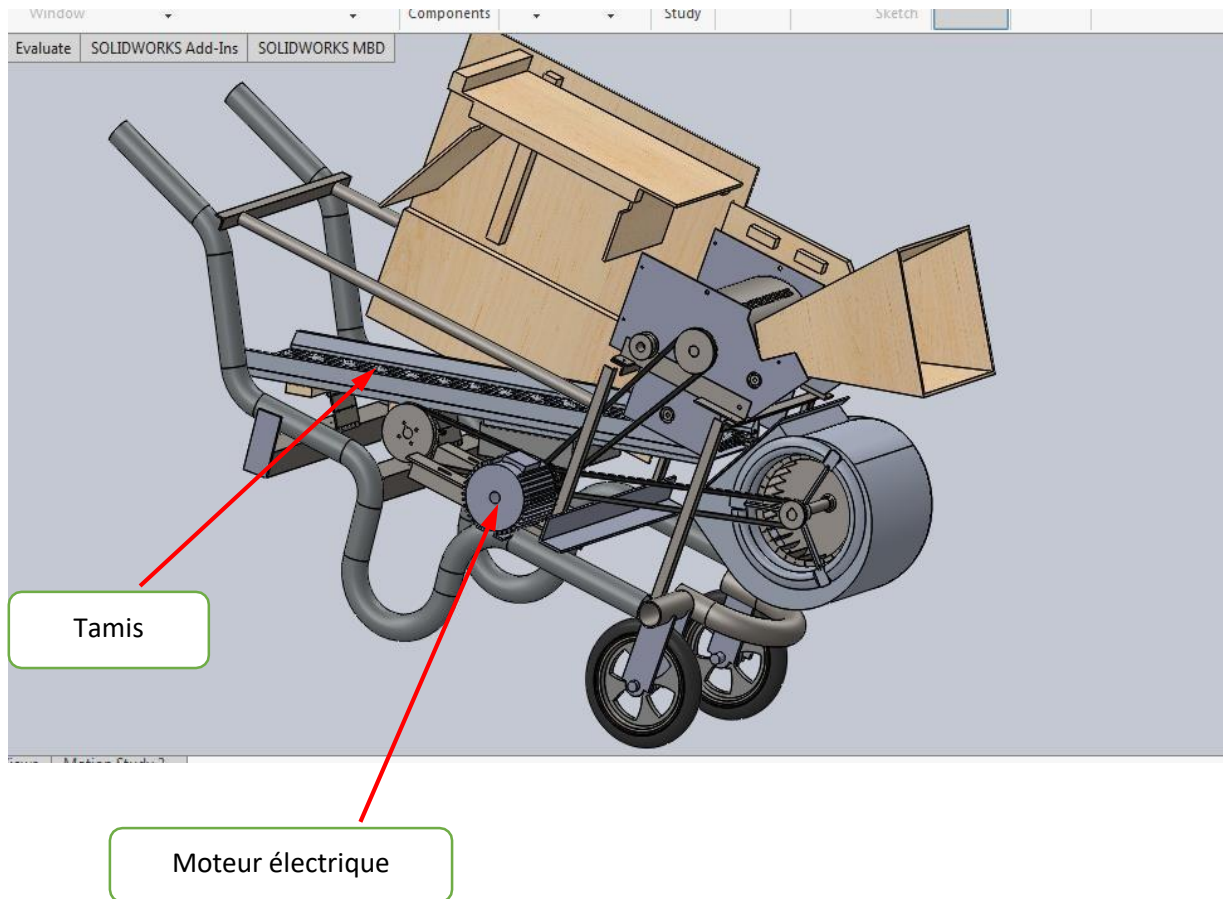


Fig. II.26 dessin technique de l'axe d'excentricité

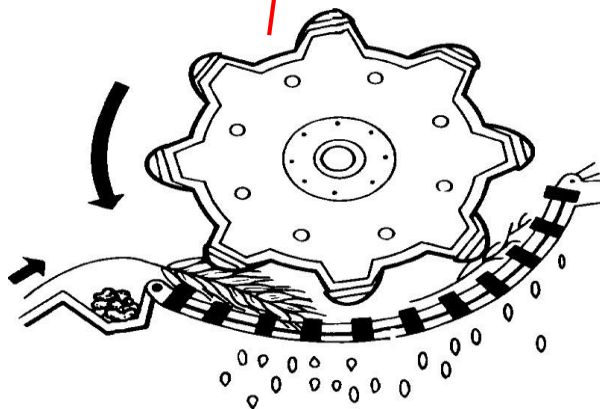
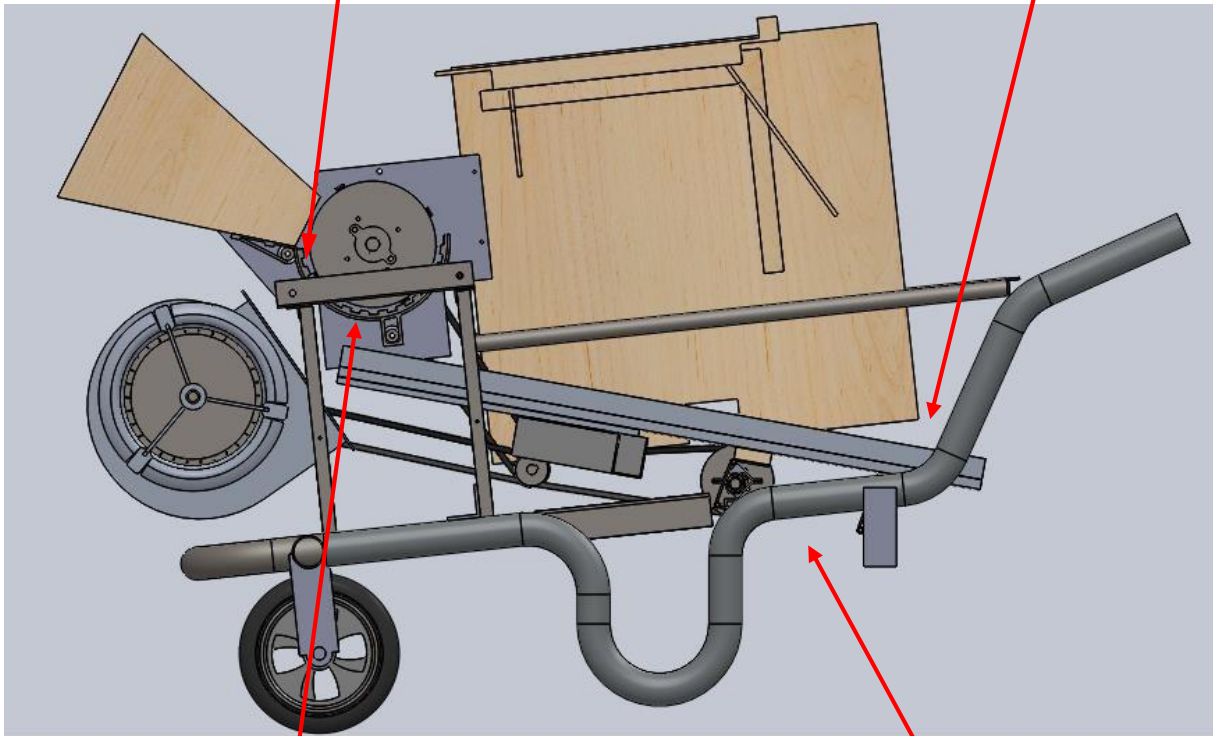
II.4.9 Assemblage final de la machine :

Les figures ci-dessous représentent la machine (la batteuse) dans la phase finale de conception (l'ancienne conception). Ils montrent les éléments principaux de la batteuse ainsi que leur rôle lors du fonctionnement.



Les grains sont battus ou frottés lorsqu'il passe entre le tambour de battage en rotation et le contre batteur

La plupart des paillettes des têtes battues, et de la paille légère sont déchargées au bout du tamis supérieur.

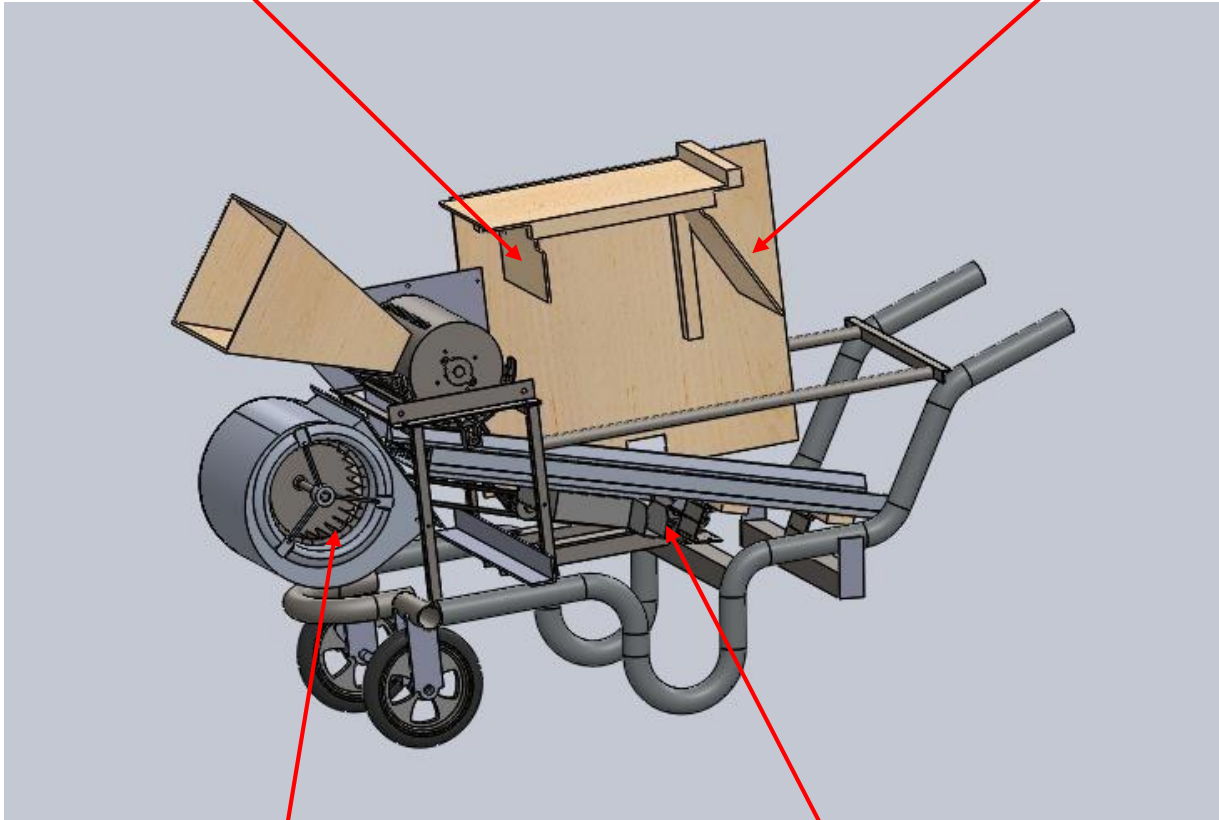


Le grain malpropre et le grain mal battu sont évacués du tamis inférieur. Celles-ci sont collectées et remises dans la machine pour être battues et nettoyées.

Le grain tombe par des fentes dans le contre-batteur et passe à travers le flux d'air des ventilateurs vers les tamis.

Le grain projeté par le tambour de battage est dévié dans le flux d'air du ventilateur par cette plaque déflectrice.

Le déflecteur articulé concentre le flux d'air à cet endroit pour améliorer le nettoyage des tamis.



Le ventilateur sépare la paille et la paille légère du grain.

Le grain propre est déchargé à la fin du tamis inférieur ici.

Les figures ci-dessous représentent la machine (la batteuse) avec sa nouvelle conception. Cet aboutissement est dû aux moyens qui étaient à notre disposition.

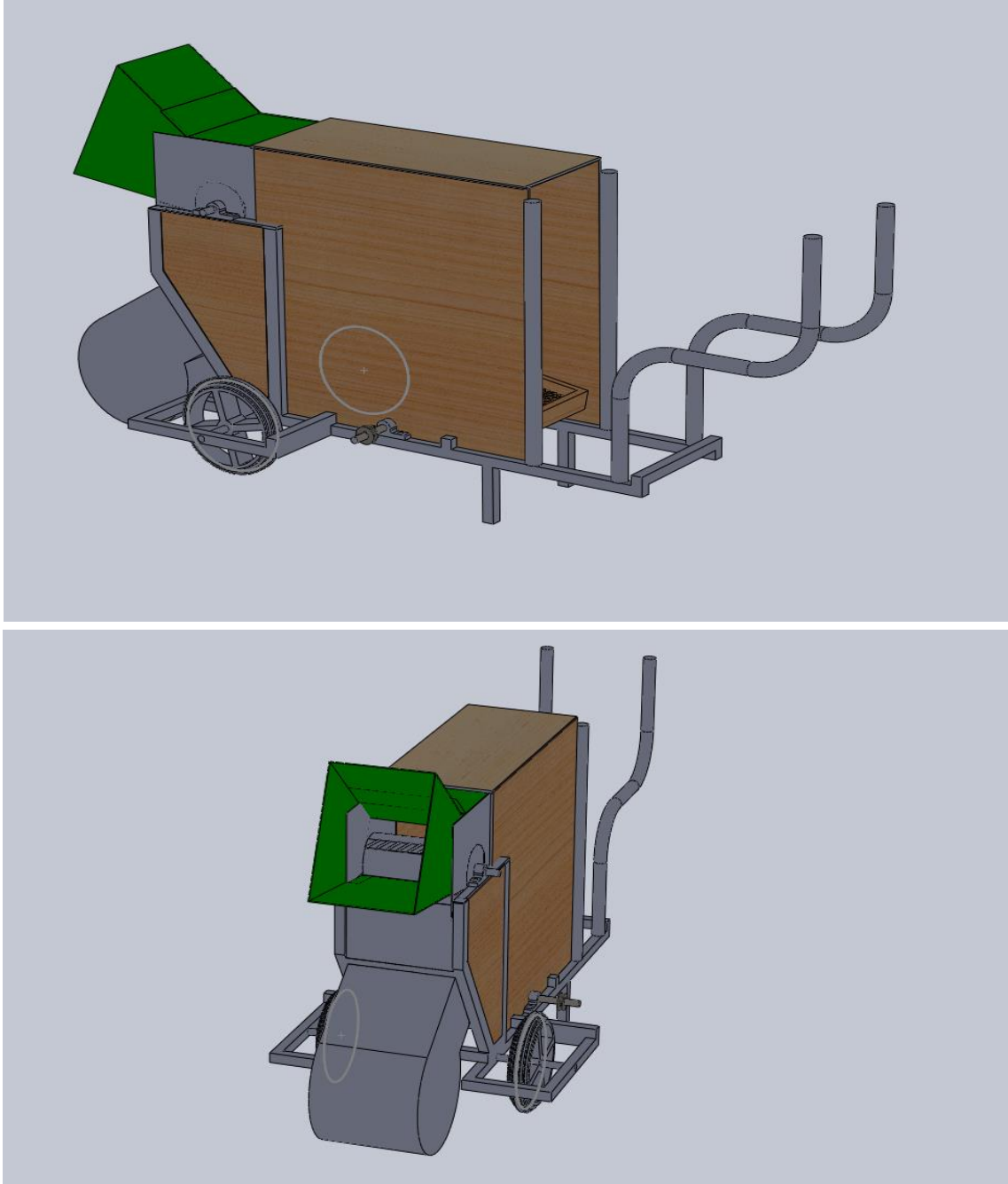


Fig. II.27 : la nouvelle réalisation de la batteuse d'après la nouvelle conception.

II.5 Principe de fonctionnement :

Lorsqu'on introduit la gerbe dans la trémie, les épis entrent en contact avec le tambour se frotte les épis puis sépare les graines des épis ensuite les graines tombent à travers les fentes suivies par des paillettes et les pailles légères.

Le ventilateur centrifuge assure la séparation des paillettes et la paille légère du grain puis, les graines projetées par le tambour de battage sont déviées dans le flux d'air du ventilateur par une plaque déflectrice et le blé tombe directement dans le tamis pour une opération de nettoyage.

Après l'opération de nettoyage la plupart des paillettes et les pailles légères sont déchargées au bout du tamis supérieur et les grains malpropre et mal battu sont évacués du tamis de l'inférieure. Celles-ci sont collectées et remises dans la machine pour être battues et nettoyées.

Le grain propre tombe à la fin dans une plaque mince sous forme d'une cuve inclinée pour recevoir les grains et les stockés alors on peut détailler le parcours des grains de blé comme suit:

- 1- Le grain est battu et frotté lorsqu'il passe entre dans le tambour de battage en rotation et le contre batteur qui est formé par deux parties l'une supérieure et l'autre inférieure
- 2- Le grain tombe à travers des fentes dans le contre batteur et passe à travers le flux d'air du ventilateur vers le tamis.
- 3- Le ventilateur centrifuge sépare les paillettes et la paille légère du grain.
- 4- Les grains projetés par le tambour de battage sont déviés dans le flux d'air du ventilateur par une plaque déflectrice.
- 5- Le déflecteur à charnière concentre le flux d'air à cet endroit pour améliorer le nettoyage des tamis.
- 6- La plupart des paillettes, des têtes battues et de la paille légère sont déchargées au bout du tamis supérieur.
- 7- Le grain propre est déchargé à la fin dans une plaque mince inclinée.
- 8- Le grain malpropre et le grain mal battu sont évacués du tamis inférieur. Celles-ci sont collectées et remises dans la machine pour être battues et nettoyées.

Conclusion générale

Ce travail nous a montré que la conception et la fabrication de n'importe quel objet est un vaste chantier à explorer.

La conception est une étape importante et difficile dans notre travail car les idées sont nombreuses, mais celles qui peuvent être concrétisées sont rares vu nos moyens et le matériel disponible.

Ce travail nous a donc permis de comprendre les difficultés de modifier une conception existante qui a été faite par nos collègues de la promotion 2019 (N. Atig et Y. Taleb), car ils n'ont pas pu concrétiser leurs projets, par contre nous et malgré le manque de moyens ce dernier a pu voir le jour.

Une des raisons principales de ce mémoire était de connaître nos limites dans le domaine de la conception et de faire le passage de la conception vers la réalisation. Aussi, ce travail nous a permis de maîtriser le logiciel SolidWorks. Il faut dire aussi que ce travail nous a permis de constater finalement que rien n'est impossible si la volonté est présente.

Lors de la conception puis pendant la réalisation de n'importe quel appareil, plusieurs normes doivent être respectées afin d'obtenir une meilleure fiabilité de celle-ci au moment de sa mise en marche. Le respect des Normes permet de suivre les standards rattachés au domaine d'application étudié pour éviter les échecs.

La batteuse une fois réalisée, nous avons procédé à la mise en marche en introduisant plusieurs gerbes de blé dans la trémie le résultat a été très satisfaisant car en bas nous avons constaté que la séparation et le nettoyage du blé se fait comme prévu.

En fin, on espère que ce travail peut faciliter aux étudiants de la prochaine promotion de terminer ce qu'on n'a pas pu faire et de corriger les défauts constatés lors de l'utilisation de la batteuse.

Chapitre III

Réalisation de la batteuse de blé.

III.1 Introduction

Dans ce chapitre nous allons décrire les solutions adoptées par détail pour répondre aux spécifications de notre cahier de charge et ce en abordant les méthodes et les moyens nécessaires pour aboutir à la réalisation finale de notre batteuse.

La réalisation de la future batteuse sera effectuée au niveau de l'atelier fabrication mécanique du département génie mécanique.



Fig. III.1 : Photos de l'atelier mécanique (Université de Laghouat).

III.2 Le travail de réalisation :

Pour démarrer un travail de réalisation d'une telle machine il faut savoir le point A de départ de nos travaux, premièrement il faut reprendre à cette question : "c'est quoi le plus important organe de la batteuse et par conséquent c'est celui-ci que je dois commencer la fabrication.

Sachant que le tambour est la pièce maîtresse de notre batteuse, alors il faut commencer la réalisation par elle. Puisque, notre cahier de charge exige une quantité bien déterminée du blé traité, alors il faut respecter les dimensions du tambour.

III.3 Tambour :

Alors, notre début de travail c'était avec le tambour car il est L'organe principal de la batteuse est constitué par le batteur cylindrique tournant.

Nous avons pris une bouteille d'un vieil extincteur dont les deux extrémités ont été coupées (longueur de 300 mm) pour y souder des disques en acier de 2 mm d'épaisseur.

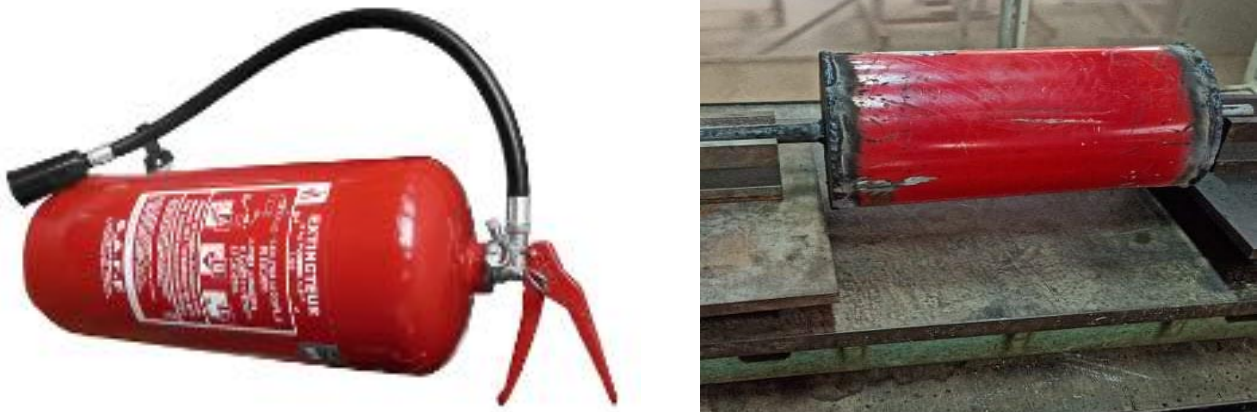


Fig. III. 2 : Photos de l'extincteur modifié en tambour.

Après avoir coupé avec une tronçonneuse deux heptagones à partir d'une tôle de fer dont les disques sont y inscrit, nous avons soudé ces deux derniers ensembles pour effectuer un trou de 20 mm de diamètre sur la perceuse. Cette opération va nous permettre de fixer les disques sur le mandrin d'un tour à l'aide d'un axe de 20 mm de diamètre pour charioter les bords jusqu'à avoir un diamètre de 150 mm et d'obtenir des disques parfaitement ronds.



Fig. III. 3 : Photos des étapes de réalisation des disques.

Vient ensuite le soudage des deux disques de part et d'autre du cylindre obtenu à partir de l'extincteur. L'assemblage du tambour est effectué par une opération de soudage de l'arbre du tambour avec le cylindre du tambour grâce à l'utilisation de deux vé posés sur un marbre pour y obtenir une coaxialité maximale. Le chariotage des deux extrémités de l'arbre du tambour (diamètre 20 mm) va nous permettre son montage sur les deux paliers d'alignements plus tard.

Sur la périphérie du tambour nous avons soudé quatre fers plats (épaisseur 3 mm, 30 de largeur et 300 mm de longueur) et puis des bouts de tige filetée de 5 mm de longueur soudées de façon inclinée et qui vont servir de battes.



Fig. III.4 : Photos du tambour.

III.4 Support Tambour

Pour que le tambour tourne parfaitement et efficacement, nous avons besoin d'un support qui reçoit l'arbre du tambour monté sur des paliers d'alignements eux même montés sur ce support.



Fig. III. 5 : Photos des étapes de réalisation du support de tambour.

III. 5 Contre-batteur :

Le contre batteur sert à empêcher le passage rapide des épis vers le tamis et assure la séparation des grains de blé. Pour cet effet, il faut que les mailles de passage soient optimisées. Alor, pour rendre notre réalisation simple et pratique nous avons posé une grille entre le batteur et le contre batteur.



Fig. III. 6 : Photos du contre batteur.

III.6 Support machine :

Le support machine est fabriqué à partir de cornières, et des tubes carré et rond en acier assemblé par soudage afin de nous donner une bonne rigidité et une bonne structure pour absorber les vibrations générées par le mouvement du va et vient du tamis et le mouvement de rotation du système de battage et le système de ventilation.



Fig. III.7 : Photos de la structure de la batteuse.

III.7 La trémie :

La trémie de notre machine est un entonnoir d'une forme pyramidale en fer. Cette trémie permet d'introduire une gerbe. Cette trémie est posée et boulonnée sur le contre-batteur inférieur et maintenu de part et d'autre par le support du tambour.



Fig.III.8 : La trémie

III.8 Le tamis :

Le tamis supérieur est fabriqué à partir d'un cadre de bois et d'une grille de petite maille fixé par des lattes de bois sur le cadre. Le tamis est supporté par un système oscillant composé de quatre pommelées des deux côtés. Ce système d'articulation est monté sur la structure inférieure de la machine. Le tamis reçoit le mouvement de va et vient à l'aide arbre excentrique monté au-dessous.



Fig. III. 9 : Photos du tamis.

III. 9 Supports moteurs :

Pour que la machine fonctionne nous avons besoin d'une source de mouvement et cela est assuré par un moteur électrique et d'un système de transmission de mouvement de rotation qui comporte des courroies, des poulies et tendeurs.

Sur cette batteuse de blé nous avons utilisé deux moteurs :

- 1- Un moteur pour la rotation du tambour et du ventilateur.
- 2- Un moteur pour le mouvement alternatif du tamis.

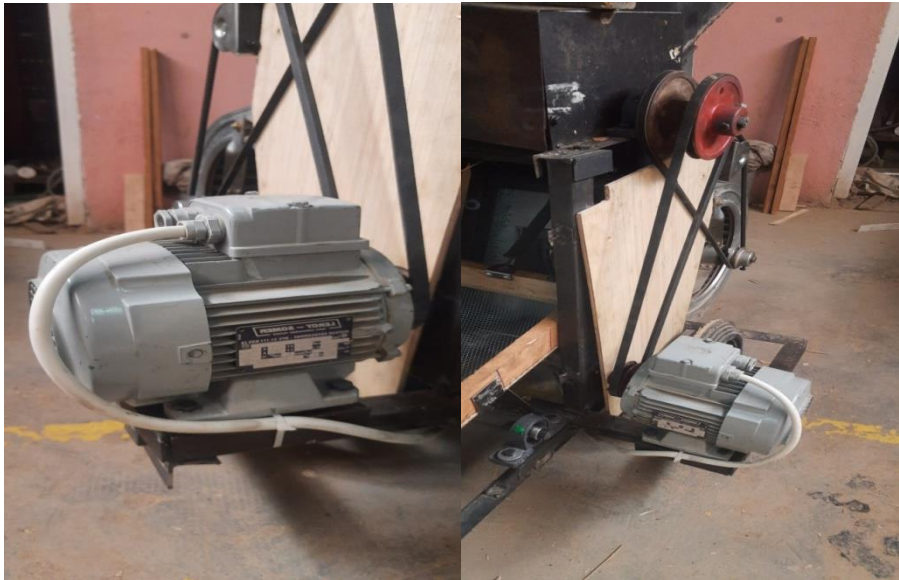


Fig.III.10 : Photos du premier moteur et de son support.



Fig. III. 11 : Photos du deuxième moteur et de son support.

III. 10 Le ventilateur centrifuge :

Le ventilateur qui entre dans le processus du nettoyage du blé doit être placé de façon à assurer un flux constant de l'air qui sépare les grains. Le mouvement de rotation du ventilateur est assuré par un système courroie-poulie et un tendeur. Il faut que le ventilateur ait une position d'inclinaison, alors il est fixé sur le support machine en formant un angle 75° avec l'horizontale de la structure.



Fig. III. 12 : le ventilateur utilisé et son emplacement

III. 11 L'arbre d'excentricité :

L'arbre d'excentricité c'est l'objet responsable de mouvement vibratoire de tamis à l'aide d'un moteur électrique utilisé pour cette action.

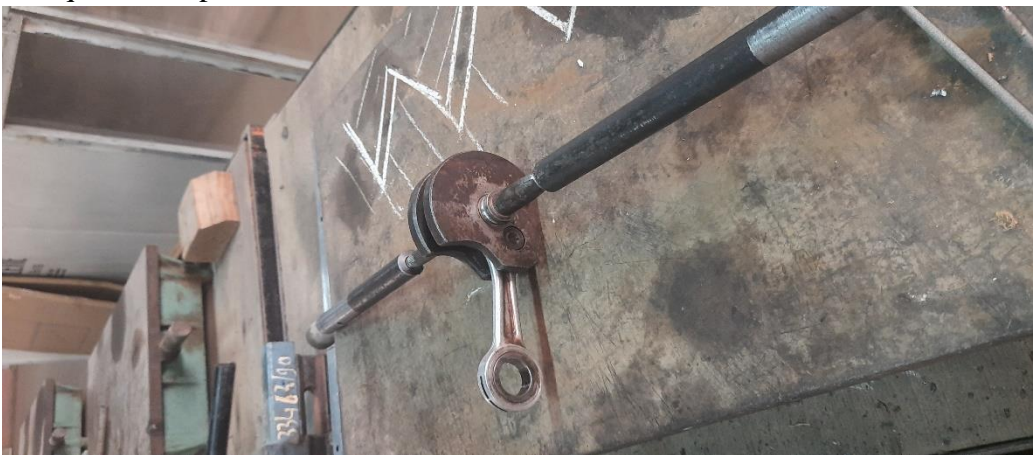


Fig. III. 13 : l'arbre d'excentricité.

III. 12 La régulateur de vitesse moteur :

Quand on n'a pas une vitesse appropriée il faut contrôler ; pour faire ça on était besoin d'utiliser un contrôleur de vitesse pour une mouvement parfait car le moteur est trop puissant.



Fig. III. 14 : photo de régulateur de vitesse

III. 13 l'apparence final de la batteuse de blé :

- Les figures ces dessus présente l'état final de la machine (l'assemblage final) :



Fig. III. 15 : la machine réalisée de batteuse de blé (vue de coté)



Fig. III. 16 : une photo présente la machine effectuer (vue isométrique).

→ Liste de Références :

- [1]. **Y. Taleb et N. Atig**, Mémoire de master 2019, Etude de conception d'une batteuse de blé, université de Laghouat.
- [2]. **Ajayi, A. O. (1991)**: Design of a thresher for locust bean. Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America (AMA) 22(3): 21-24.
- [3]. **Kepner, R. A; K. Bainer and E. L. Barger (1978)**: Principles of farm machinery. AVIPublishing Company Inc., Westport.
- [4]. **Khurmi, R. S. and J. k. Gupta (1984)**: A textbook of machine design. Eurasiapublishes house (PVT.). New Delhi P: 1067.
- [5]. **Barger, E. L; R. A. Kepner and R. Bainer (1982)**: Principles of farm Machinery. Willey and Sons Inc. New York.
- [6]. Chevalier - Guide du dessinateur industriel
- [7]. http://www.zpag.net/Tecnologies_Industrielles/transmission_courroies.htm
- [8]. <https://planet-vie.ens.fr/article/1845/ble-au-pain> La chronique du musée des Berthalais/juillet 2016
- [9]. <https://fr.wikipedia.org>
- [10]. <http://www.forum-auto.com/metiers>
- [11]. <http://moulin.chauffour.free.fr>
- [12]. <http://vieilles-soupapes.grafbb.com>
- [13]. <http://lesfousduvierzon.over-blog.com>
- [14]. <https://planet-vie.ens.fr/article/1845/ble-au-pain>

LES AUTEURS :

- [1]. **Michèle Mosiniak** est ingénieur d'études à l'université Pierre et Marie Curie.
 - [2]. **Roger Prat** est professeur de physiologie végétale à l'université Pierre et Marie Curie.
 - [3]. **Jean-Claude Roland** est professeur à l'université Pierre et Marie Curie.
-