République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Yahia Farés de Médéa



Faculté de Technologie

Département Du Génie Mécanique

Mémoire de fin de cycle

En vue de l'obtention du diplôme de Master En Electromécanique

Option **: Mécatronique**

Etude et Conception d'une Machine de Production d'engrais à partir des déchets ménagers

Présenté par:

MERAHI Fouad

Proposé et Encadré par :

BENTCHIKOU Mohamed

ALLICHE Mounir

Promotion : 2017/2018

Remerciements :

En premier lieu, nous remercions الله, notre Créateur pour nous avoir donné la force pour accomplir ce travail. Nous tenons à notifier un remerciement spécial à tous nos enseignants du Département de Génie mécanique qui ont contribué à notre formation de master, en particulier, mes encadreurs : Mr :

Bentchikou Mohamed et

Mr : **Alliche Mounir**

Qu'ils trouvent ici toute mon gratitude et reconnaissance pour leur aide, leur encadrement dont j'ai bénéficié durant toute ma scolarité. Enfin nos remerciements vont à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour l'aboutissement et la réalisation de ce travail.



Dédicaces

Je dédie ce travail :

A mon père qui, par ses conseils judicieux ses encouragements et sa tendresse m'a mené sur le chemin de la réussite. Qu'il trouve dans ce travail, une bien mince récompense

A ma mère qui, par sa douceur et son amour sans limite, a su m'inculquer le sens du devoir, de la persévérance et des responsabilités. Qu'elle trouve dans cet ouvrage ma reconnaissance et mes vifs remerciements

A Mr : ***Bentchikou M.*** *et Mr :* ***Alliche M.*** ***qui ont su être à pour me conseiller et me soutenir***

Résumé :

L’objectif de l’étude est la conception à l’aide dulogiciel solidworks d’une machine (broyeur domestique) qui permet de transformer les déchets ménagères en compost,Elle broie et essor la matière pour la stocker en tiroir. Cette machine est dotée d’un système automatique que fait marcher un moteur faisant tourner l’axe de broyage à vitesse variable

La machine est aussi équipée d’un capteur ultrason qui mesuré le niveau du déchet à entrée du trimé, elle comporte aussi 2 rouleaux pour l’essorage la matière

Mots clés: Conception, déchets ménagé, broyage, essorage, capteur ultrason, unité de traitement Arduino

Summary :

The objective of the study is the design by using a solidworkssoftware, ofa machine(household crusher) that transforms household waste into compost. She grinds and wrung the material to store it in a drawer. This machine is equipped with an automatic system operated by a motor rotating the grinding axis at variable speed. The machine is also equipped with an ultrasonic sensor which measures the level of waste at the entry of the trimmed, it also comprises 2 rollers for the wringingof the matter

Keywords :design,household waste, grinding, wringing, ultrasonic sensor, Arduino processing unit

ملخص:

إن الهدف من هذه الدراسة هو تصميم آلة تعمل على تحويل بقايا الطعام إلى سماد عضوي يستعمل في تحسين نوعية التربة.حيث تقوم بطحن وعصر البقايا وتخزينها في درج التخزين.

وقد استعملنا في تصميم ه ذه الآلة برنامجSolidworks 2014.

تحتوي هذه آلة على نظام أوتوماتيكي حيث يشغل المحرك الذي يدير عمود الطحن مع مغير السرعة (سرعة متزايدة),وجهزتالآلة بحساس صوتي الذي يقيس نسبة البقايا داخل الحاوي. كما تحتوي على دولابي عصر للتقليل من كمية في البقايا,ومسير ه ذا النظاملأوتوماتيكي هو وحدة تحكمArduinoالماء .

الكلمات المفتاحية :تصميم .بقايا الطعام, طحن, عصر, حساس صوتي, وحدة تحكم Arduino

Notation

C_{min} : Couple moteur minimal

C_{max}: Couple moteur maximal

F_{max} : La force de couple maximal

F_{min}: La force de couple minimal

α: l'angle de Hillis de lame

β : l'angle d'applique la force de couple sue la lame

f_f : La force de frottement

F_c: La force de couple

$F_{a:}$ La force axiale

F_r : La force radiale

N : La force normale

φ : L'angle applique la force de frottement sue la lame

σ: La contrainte admissible de l'acier inoxydable

I : Le moment d'inertie

H_{10} : La duré de vie

Table des matières

Introduction Générale 1

CHAPITRE 1

1. 1.Introduction : 2

1.2. Type des déchets 2

1.3. Situation en Algérie **2**

1.4. Impact des déchets sur l'environnement 3

1.5. Stratégies de gestion des déchets 3

1.5.1. Valorisation de matière……3

1.5.2. Valorisation énergétique : Elle peut prendre la forme d'une incinération avec récupération d'énergie ou d'une thermolyse……3

1.5.3.Mise en décharge……...…3

1.5.4.La valorisation organique……...…4

1.6. Conclusion……...…7

CHAPITRE 2

2.1. Introduction…….....8

2.2. Technologies Spéciales……8

2.3. Les différents types broyeurs…….……..9

2.3.1. Broyeur à marteaux…….…..9

2.3.2. Broyeur à chaines……....10

2.3.3. Broyage à disque…….....11

2.3.4. Broyeur à cylindres……...…..13

2.3.5. Broyeur pendulaire…….…14

2.4. Choix du broyeur ……..15

2.5. Conclusion……..…16

CHAPITRE 3

3.1. Introduction……...…17

3.2. Description du broyeur……..……17

3.2.1. Le principe de fonctionnement du broyeur…….……18

3.3. Mise en plan……..…19

3.4. Schéma cinématique……..……21

3.5. Calcul et dimensionnement……..……..21

3.5.1. Choix du moteur……..……..…….21

3.5.2. Calcul du couple de moteur……...…….……21

3.5.3. Calcul RDM…….…….24

3.6. Choix des roulements……...……..27

3.6.1. Calculer de la durée de vie des roulements……..……..27

3.7. Conclusion……....28

CHAPITRE 4

4.1. Introduction…….……..29

4.2. Les essoreuses……29

4.2.1. L'essoreuse à fonctionnement discontinu ou semi continu……...….31

4.2.2. L'essoreuse à siphon rotatif……..……..33

4.2.3. L'essoreuse à fonctionnement continu……34

4.2.4. Les buses d'alimentation…….……35

4.3. Système d'essorage pour le broyeur domestique……...……36

4.4. Historique de séchage……37

4.5. Différentes techniques de séchage……...…..37

4.5.1. Séchoirs développés pour les matériaux pâteux…….……38

4.5.2. Séchoir à palettes……...…….38

4.5.3. Séchoir à couche minces……39

4.5.4. Séchoir pneumatique compact……...….40

4.6. Conclusion…….…41

CHAPITRE 5

5.1. INTRODUCTION…….……41

5.1.1. Les domaines d'applications……..……...……..42

5.2. LE Capteur ULTRASONS HC-SR04……...….42

5.2.1. Description……..……42

5.2.2. Caractéristiques ……..……42

5.2.3. Spécifications et limites……..44

5.2.4. Principe de fonctionnement du capteur…….……..45

5.3. ARDUINO (programme)……..…….48

5.4. Variateur de vitesse……...……49

5.5. LA SIMULATION ……..…….50

5.5.1. Définition de simulation……..……50

5.6. Conclusion ……...……52

Conclusion général……....53

Liste des Figures

Figure1.1 : Impact des déchets sur l'environnement..... 4

Figure .1.2 : Compost arrivé à maturité 7

Figure.2.1Broyeur à marteaux fixes..... 10

Figure 2.2. : Broyeur à disques…….....13

Figure.2.3 : Broyeur àcylindres50-200 kg/h 14

Figure.2.4 : Broyeur pendulaire 15

Figure.3.1. vue en perspective du broyeur domestique..... 17

Figure.3.2.Tiroir de stockage de l'aliment broyé…….……18

Figure.3.3.Principe de fonctionnement du broyeur…….……..18

Figure.3.4.Schéma cinématique de la machine……...…..21

Figure.3.5.forme de la lame……...…..…….22

Figure.3.6.Le montage les lames avec l'arbre principal……..…….23

Figure.3.7.La projection de force appliquée sur la lame…….……..23

Figure.3.8.Simulation avec solidworks…….26

Figure3.9.la force appliqué sur le roulement……...……..……..….27

Figure.4.1.Essoreuse centrifuge…….……..30

Figure.4.2.Essoreuse à axe vertical à panier amovible……30

Figure 4.3 : Essoreuse à axe vertical à déchargement par poche……..…….....32

Figure 4.4. Essoreuse à axe horizontal et Déchargement par racloir…….....33

Figure 4.5. Essoreuses à axe horizontal à retournement de toile…….…….33

Figure 4.6. Essoreuse à siphon rotatif (Techniques de l'Ingénieur, Robatel et Borel,……..34

Figure 4.7. : Paniers d'essoreuses à axe horizontal à poussoir mono et multi-étagé...…….35

Figure 4.8. Buses d'alimentation sur essoreuse à axe vertical……..……35

Figure 4.10.Le système d'essorage utilisé sur la machine…….…….……..36

Figure 4.11.Séchoir à palettes Naratherm……..……...……39

Figure.4.12.Séchoir à couche mince horizontal……40

Figure.4.13.Séchoir Swirl Fluidizer……..……41

Figure 5.1.Le capteur ultrason HC-SR04…….……43

Fig. 5.2.déroulement d'une prise de mesure…….……44

Fig.5.3.signal de propagation de l'ultra-son……...……..45

Figure 5.4.Carte Arduino…….……...…..48

Figure 5.5.Data Sheth d'Arduino……...……..49

Figure 5.6.Schéma de câblage avec ISUS proteus……50

Figure 5.7. Zoom du Schéma de câblage avec ISUS proteus……...…50

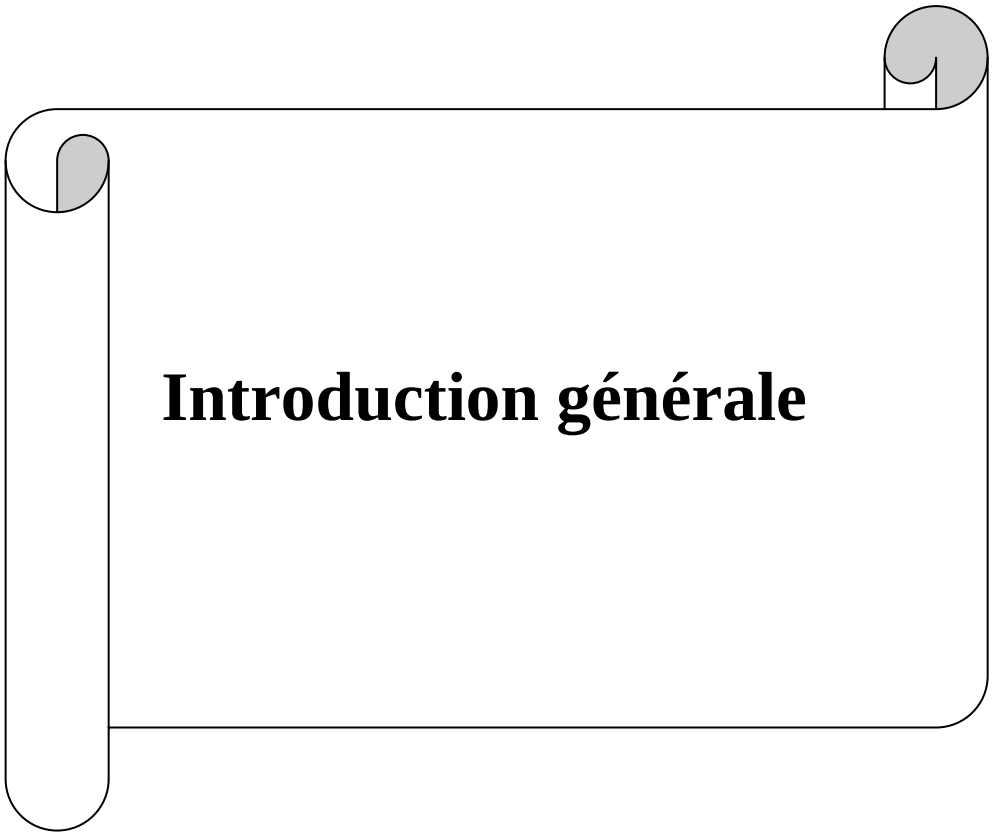
Figure5.8. Schéma bloc de système……..51

Liste des tableaux

3.1. Tableau coefficient de frottement entre matériaux en contact **23**

3.2. Tableau propriétés physique de quelque matériaux ferreux 25

5.1. Tableau de paramètre de capteur ultrason 44



Introduction générale

Introduction :

D'après l'Agence Nationale des Déchets (AND), l'Algérie produit une moyenne de 20 millions de tonnes de déchets tous types par année dont 12 millions de tonnes de déchets ménagers assimilés, selon une estimation faite par ses services. 65% de cette quantité de déchets sont produites sur 4% du territoire national, soit le Nord du pays **[1]**.

Les déchets ménagers, notamment les déchets de cuisine, constituent une menace pour l'environnement et la nature. Cela est dû à des dommages tels que la pollution de l'air et la contamination du sol. Il était nécessaire de penser à une solution qui transformerait ces déchets en choses qui leur seraient bénéfiques, par exemple recyclage ou compostage.

Le compostage est un processus biologique aérobie de conversion et de valorisation des matières organiques en un produit stabilisé, hygiénique, semblable à un terreau, riche en composés humiques et minéraux, le compost **[2]**. Cette conversion des résidus alimentaires en humus riche en éléments nutritifs (engrais organique), peut être intégrée au sol afin de l'enrichir et ainsi améliorer la production agricole par m2 de surface du sol.

Notre travail est une contribution à la valorisation des déchets ménagers organiques qui est une culture relativement absente chez notre peuple, et cela par la mise au point d'un mini broyeur domestique pour la production du compost.

Nous avons utilisé Solidworks comme outil de conception de la machine et avons aussi intégré une partie d'automatisme qui permet le contrôle du niveau de déchets regroupé afin d'actionner le moteur pour être transformé en compost.

Mis à part le broyage, un système d'essorage est aussi présent dans la machine afin d'éliminer au maximum l'eau présente dans la matière avant qu'elle soit acheminé vers le séchage supposé par rayonnement solaire.

Le mémoire est structuré en 5 chapitres, dont le premier est une revue des différents déchets avec les stratégies de leur gestion qui existe. Le chapitre 2 expose le type de broyage et des broyeurs pour détailler dans le chapitre 3 la méthodologie de conception du broyeur avec le calcul et dimensionnement nécessaire.

Dans le chapitre 4 on a exposé quelques techniques d'essorages qui existent et on a proposé un système qu'on a intégré au broyeur. Avant de terminer par une conclusion, partie commande est traité dans le chapitre 5

Chapitre 01 :

Les Déchets ménagers

1.1. Introduction :

La civilisation moderne produit des masses colossales de déchets solides d'origines (domestiques, industrielles, hospitaliers, agricoles). Si les déchets ne son nuisibles qu'en raison de leur caractère encombrant, ils peuvent également être toxiques et générer de graves problèmes de pollution. L'Algérie doit faire face à une augmentation continue du volume de déchets produit dans le pays. Cette augmentation est due non seulement à la croissance régulière du nombre d'habitants, mais aussi au changement de modes de production et de consommation de sa population. Il s'agit des déchets très divers : déchets ménagers, industriels, des activités commerciales, des activités de soins, du bâtiment, des espaces verts, etc. Ainsi l'évolution qu'a connue l'Algérie durant ces dernières décennies s'est, bien entendu, répercutée sur la nature des déchets solides aussi bien sur les plans qualitatif que quantitatif. Leur prise en charge connaît des insuffisances. Elle nécessite un traitement global du problème qui concerne l'organisation de la collecte, du tri et du traitement.

1.2. Type des déchets :

Les déchets ménagers sont de plusieurs types [3]. :

1. déchets organiques : 54 %
2. plastiques, métaux, cartons à boissons et autres déchets complexes : 13 %
3. papiers et cartons : 11,5 %
4. textiles réutilisables et textiles sanitaires : 10 %
5. verres : 3,5 %
6. huiles et déchets spéciaux : 0,2 %
7. bois : 0,7 %
8. autres : 7 %

1.3. Situation en Algérie

Depuis de nombreuses années, l'Algérie connaît un développement économique et démographique sans précédent. Le gouvernement doit s'adapter aux modes de consommation et de production modernes. Le taux élevé d'accroissement de la population a engendré une urbanisation accélérée, le plus souvent de manière anarchique, d'une part, et à la prolifération de l'habitat précaire, la détérioration de la salubrité publique et la saturation totale des infrastructures d'élimination des déchets, d'autre part. Actuellement, les services chargés de la protection de l'environnement sont submergés par les difficultés générées par les traitements qualitatifs et quantitatifs des déchets (ménagers, hospitaliers, industriels, etc.). De

toute évidence, leur croissance phénoménale compromet la possibilité de leur élimination totale. La gestion des déchets en Algérie accuse beaucoup de lacunes, vu que le déchet, au sens propre, est un objet repoussant. Il faut l'éloigner et s'en débarrasser des centres d'agglomération par les moyens les plus adéquats. En réalité, on assiste alors à des dépôts anarchiques de déchets derrière les immeubles, dans les forêts, dans les oueds etc. Cette mauvaise gestion n'est pas seulement d'ordre matériel, mais repose aussi sur un grand nombre d'insuffisances, dont nous en signalons:

1. _ Non application de la réglementation et manque de contrôle.
2. _ Communication et sensibilisation environnementale insuffisantes.
3. _ Non qualification du personnel employé.
4. _ Récupération insuffisante, voire absente.

Cette situation a conduit au fait que, sur le plan national, il n'y a que seules quelques décharges réalisées sont contrôlées et que la collecte des déchets se fait laborieusement et peu sélectivement. Cette dernière est essentiellement liée aux activités de récupération et de compostage, qui sont peu connues. En effet, seules quelques unités de récupération de matières plastiques et de verre ont vu le jour.

Si de telles anomalies persistent sur le plan législatif, néanmoins elles demeurent à l'origine d'une exploitation anarchique non contrôlée et d'une utilisation d'équipements et de techniques anciens. Il n'y a aucune étude sérieuse tenant compte de cette réalité qui prendrait en charge les différents aspects du problème: Impact environnemental, évaluation des risques, prévision des conséquences d'une telle mauvaise gestion aussi bien sur la faune que sur la flore. Ainsi, la situation des déchets en Algérie est inquiétante aussi bien pour la santé humaine que pour la protection de l'environnement **[4]**.

1.4. Impact des déchets sur l'environnement :

De toute évidence, le développement technologique expose l'être humain à des risques de contamination pouvant résulter de la pollution produite par la production. On peut citer :

1. La pollution atmosphérique

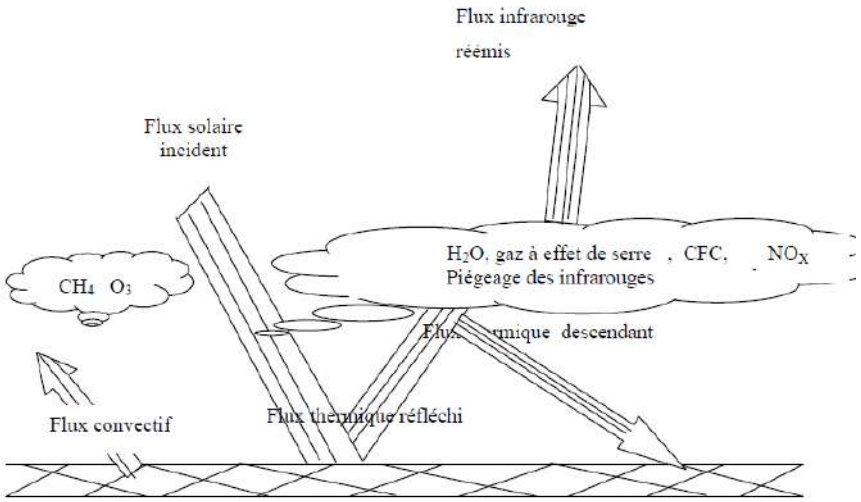


Figure1.1 : Impact des déchets sur l'environnement

2. La pollution biologique
3. La pollution du sol
4. La pollution des eaux

1.5. Stratégies de gestion des déchets :

1.5.1. Valorisation de matière :

La valorisation des déchets est communément appelée recyclage. Elle consiste àréintroduire de façon directe un déchet dans un cycle de production dont il en est issu en remplacement total ou partiel d'une matière première vierge. Les déchets ménagers recyclables sont donc récupérés, triés matériau par matériau puis renvoyés vers leurs filières de production d'origine ou destinés à des applications générant des produits spécifiques (mâchefers, ferrailles et aluminium) **[5].** A titre d'exemple, on cite les déchets ménagers solides qui peuvent être recyclés :-Papiers et cartons, Plastiques, textiles, verre, métaux ferreux et métaux non ferreux, Emballages ménagers.

1.5.2. Valorisation énergétique : Elle peut prendre la forme d'une incinération avec récupération d'énergie ou d'une thermolyse.

1. l'incinération
2. La thermolyse

1.5.3. Mise en décharge :

Depuis le début des années 80, la mise en décharge des déchets solides est devenue un domaine particulièrement sensible. L'objectif de l'enfouissement d'un déchet est l'élimination des matériaux et produits qui ont une courte durée de vie de sorte qu'ils puissent retourner au cycle écologique après avoir subi des réactions chimiques ou physique avec des

transformations. **[6]** Le stockage de toutes sortes de déchets a pour conséquence immédiate la pollution du milieu naturel, allant de la perte de vies humaines dues à la pollution par le mercure le long de la baie de Minamata au Japon vers la fin des années 60, à la pollution des sols par des lixiviats de décharges municipales ayant pour conséquence la contamination de toutes vies à proximité de ces sites. **[7]** La mise en décharge est le procédé le plus largement utilisé pour les ordures ménagères et même pour certains déchets industriels. Il existe selon R.Gillet, en général trois types de décharges : **[8]**

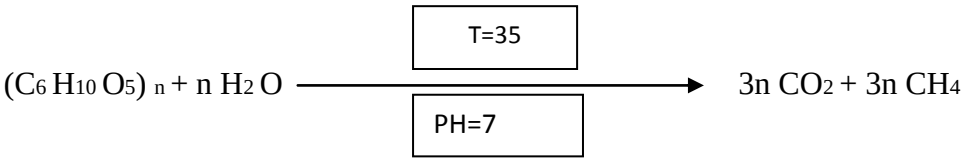
Trois types de décharges

1. la décharge sauvage
2. la décharge brute
3. la décharge contrôlée

1.5.4. La valorisation organique :

Cette technique de valorisation peut prendre deux formes, à savoir :

1. **La méthanisation** : La méthanisation est un procédé de dégradation de la matière organique par une flore microbiologique en l'absence d'oxygène tout en produisant un gaz à haute teneur en méthane par la décomposition biologique des matières organiques par fermentation aérobie selon la réaction chimique :



$$(C_6H_{10}O_5)_n + n\,H_2O \xrightarrow[PH=7]{T=35} 3n\,CO_2 + 3n\,CH_4$$

2. **Le compostage :**

C'est un procédé biologique contrôlé de conversion et de valorisation dessubstrats organiques, sous-produits de la biomasse et déchets organiques d'origine biologique en un produit stabilisé, hygiénique, semblable à un terreau, riche en composés humide (Mustin 1987). [9]

Les matières organiques compostables sont :

- les fermentescibles des ordures ménagères et déchets verts
- les déchets de stations d'épuration urbaines
- papier carton des ordures ménagères.

Le compostage nécessite une microflore constituée essentiellement de bactéries, champignons, actinomycètes, protozoaires et algues dont l'activité est influencée par les facteurs du milieu qui sont particulièrement :

- la nature de la matière organique à composter et son rapport C/N, au départ 30-40, en final 10-20. [10]
- La teneur en oxygène, car les micro-organismes étant surtout aérobies ;
- L'humidité ; l'optimum pour le compost urbain étant de 50 – 60 %
- La température moyenne pouvant atteindre 65°C, parfois plus et ce compte tenu de l'aspect mésophile et thermophile de la microflore ;
- Le pH optimal étant la neutralité. Son évolution à la cour du compostage exige une correction par ajout de la chaux.

Les produits du compostage présentent un intérêt organique comme valeur fertilisante, amendement organique des sols en viticulture, arboriculture, floriculture, sylviculture et en espaces verts. Le compost allemand, produit en plus faible quantité, est plus facilement commercialisable car obtenu à partir de fermentescibles soigneusement triés, débarrassés de piquants, d'inertes, de plastiques et de métaux lourds. [11] Les opérations de compostage suivent généralement la séquence suivante :

1. Tri
2. Broyage
3. Préparation de la charge.
4. Fermentation aérobie en tas (andains)
5. Contrôle de l'humidité, de la température et de l'aération.
6. Maturation

Le compostage est loin de constituer une solution miracle pour le traitement de déchets, sur le plan économique, il doit faire ses preuves. Par exemple, en 1996, selon l'étude SOFRES/AMF/ADEME [12], le coût de compostage varie beaucoup en fonction des capacités, entre 200 F/tonne pour une capacité de 15.000 tonnes/an et 550F/tonne pour une capacité de 6.000 tonnes/an.



Figure .2.2 : Compost arrivé à maturité

- **Pour améliorer le sol :**

Une poignée de terre contient en majorité des substances minérales qui sont inertes, mortes. Le sol est composé de minuscules particules de roc, d'air, d'humidité, et d'une parcelle de matières organiques nommée humus. L'humus fournit des éléments essentiels à la fertilité du sol : de l'azote, du phosphore, du potassium et du calcium. Il stimule ainsi la régénération naturelle du sol, ce qui permet d'améliorer la croissance des plantes. Celles-ci sont en meilleure santé puisqu'elles assimilent mieux les minéraux contenus dans le sol et fabriquent plus facilement leurs vitamines. Plus il y a d'humus dans un sol, plus il est riche en nutriments et mieux il conserve l'humidité et l'air nécessaires à la croissance des végétaux.

Par ailleurs, le compost peut servir de barrière aux indésirables. Les acides organiques qu'il contient, appelés aussi acides gras, favorisent le contrôle des petits insectes nuisibles et stabilisent les éléments pathogènes. De plus, l'humus peut aider à prévenir des maladies chez les plantes en réduisant les carences qui font qu'elles sont attaquées.

Le compost favorise l'aération et le drainage du sol et il en allège la texture. Ce phénomène est dû à une substance appelée acide humique contenu dans le compost fini.

Cette substance permet d'alléger les sols argileux et donc, d'améliorer leur drainage. Mélangé à de la paille, le compost favorise le contrôle des mauvaises herbes et protège les racines des plantes contre le soleil et le vent.

Le compost constitue un bon fertilisant à effet prolongé en contribuant surtout comme amendement organique et améliore ainsi la santé des sols.

Le compost agit à court terme pour combler rapidement les besoins importants des plantes, il est donc un bon substitut aux engrais de synthèse. En fin de compte, c'est la santé de la

population qui bénéficiera du sol amendé d'un bon compost, car les légumes du potager contiendront d'avantage de vitamines, de minéraux et de fibres essentiels à une bonne santé.

- **Pour réduire la pollution :**

Les Québécois sont parmi les plus gros producteurs de déchets au monde. Les matières organiques représentent à elles seules plus de 40 % du volume du sac vert, soit quelque 675 kilogrammes (environ 1 500 livres) par famille de quatre personnes, chaque année. Ces matières organiques proviennent des résidus de cuisine et de jardin. L'utilisation et le traitement de ces matières déterminent si elles demeureront une ressource ou si elles deviendront un déchet.

Composter, à cause du processus de décomposition que cette activité implique, stabilise les constituants des matières résiduelles. Les déchets organiques demeurent des ressources, ce qui n'est pas le cas de l'enfouissement des déchets dans un site.

Mentionnons, par exemple, que 450 grammes (1 lb) de matières organiques enfouis dans un dépotoir (qui se décompose sans oxygène) produisent 3 mètres cubes (10 pi**3**) de biogaz, surtout du méthane, un des principaux gaz responsables de l'effet de serre.

Lors de la décomposition des matières organiques, des acides sont formés et lorsque ceux-ci entrent en contact avec les métaux lourds et les autres composés dangereux, comme les huiles souillées, ils arrivent à les dissoudre. Ces eaux de lixiviation sont une source de pollution importante.

De plus, le transport de ces milliers de tonnes de déchets organiques (1 228 000) tonnes (métriques annuellement) représentent 49 120 camions à ordures qui sepromènent dans les rues du Québec et qui impliquent du gaspillage de carburant, sans compter l'usure des routes et des camions [13].

1.6. Conclusion :

Il est évident d'après les statistiques présentées que la prise en charge des déchets ménagers est d'une importance reconnue, par la réduction de la pollution qui à une incidence sur la santé publique, la préservation des sites d'enfouissement et la valorisation qui donnera une nouvelle vie à ces déchets.

Chapitre 02 :

Les machines à broyer les déchets

2.1. Introduction :

Les broyeurs et moulins sont des machines qui ont été utilisées dans l'industrie et dans la vie courante depuis des siècles, à partir du développement industriel du XIX Ime siècle ils ont été technicisés, et des modèles différents ont été créés, appropriés à chaque type de problème (broyage primaire au chantier, broyage secondaire, broyage tertiaire …etc., jusqu' à obtenir des type spéciaux de broyeur, comme les pendulaires, qui permettent des granulométries de moins 100 microns).

En général, ils sont faits d'un corps robuste, dans lequel bouge un organe rotatif, pourvu ou non d'élément accessoire, comme des marteaux ou des chaines ou parfois des couteaux si la matière à réduire en particules fines n'est dure..

Les broyeurs sont normalement équipés avec châssis d'appui correspondants et peuvent être construits aussi bien dans les modèles standards que les nécessités du client.

2.2. Technologies Spéciales :

- Broyeur à marteaux, avec cylindre lisse de nettoyage automatique, manuel ou pneumatique
- Broyeur à chaine à rotor simple ou double, équipé avec chaines, marteaux ou mixtes (chaine +marteaux)
- Broyeur à cylindres pourvu de système mobile de séparation pour réglage de granulométrie et de système de sécurité avec séparation automatique pour passage de corps étrangers. Option cylindres dentés ou rainurés.
- Emotteur du type lames et peignes, spécifique pour l'émottage d'engrais. Aussi bien les lames mobiles comme la statique peuvent être remplacées individuellement, en cas d'usure ou de panne. Avec limiteur de couple.
- Broyeur pendulaire, avec pendules et anneau usinés.il comprend un séparateur statique ou dynamique, ventilateur de soufflage batterie de chauffage, ventilateur de refroidissement, filtre à manches et ventilateur d'extraction.
- Tambour laveur et d'attrition –il diamine la dimension des grains d'une pulpe par attrition, en même temps qu'il lave.
- Broyeur à percussion –avec groupe hydraulique régulateur.
- Broyeur à cage d'écureuil-avec pales casseuses à l'air.

2.3. Les différents types broyeurs :

2.3.1. Broyeur à marteaux :

Chaque broyeur est conçu pour le broyage de matières sèches, est utilisé dans le domaine des engrais comme broyeur de matières premières ainsi que comme broyeur de refus de crible.

Cet équipement est essentiellement formé de deux rotors qui tournent en sens contraire, un à marteaux et l'autre lisse. Le rotor lisse agit comme une enclume et travaille à moins de vitesse que le rotor à marteaux, à l'aide d'un réducteur intermédiaire à arbre creux situé dans la prolongation de l'arbre.

Il est formé d'un corps en acier, construit avec une tôle très épaisse, et avec plusieurs nerfs électro-soudés, formant une unité très robuste, ancrée de structure.

Les deux rotors sont montés sur cette structure à l'aide de supports du roulement à rouleaux. Une paire de cas support fixes et l'autre paire est mobile afin de séparer ou rapprocher l'élément casseur et ainsi régler les dimensions du produit à la sortie

Les deux rotors sont montés sur des arbres surdimensionnés

Le rotor à marteaux est formé de différents discs montés sur l'arbre et qui supportent les marteaux

Le rotor lisse est un tambour métallique fretté sur l'arbre et qui tourne à petite vitesse, il a un système de racleurs pour son nettoyage

L'ensemble est étanche sous une enveloppe formée par couvercles avec charnières .Sur les coups sont disposées des portes pour le contrôle de l'usure, il existe une goulotte d'alimentation avec bride et prise d'aspiration de poussière, l'intérieur est recouvert de caoutchouc.



Figure.2.1Broyeur à marteaux fixes

Fonctionnement :

Dans un broyeur à marteaux, les matériaux sont tirés dans la chambre de broyage par les percuteurs fixés sur le rotor qui tourne à grande vitesse. Le broyage s'effectue principalement entre la grille et les marteaux. Lorsque la finesse voulue est atteinte les matériaux passent alors à travers la grille d'évacuation.

2.3.2. Broyeur à chaines :

Ce type d'équipement a été spécialement conçu pour séparer les matériaux qui, après leur processus de fabrication, sont stockés dans des silos ou magasins, ils sont essentiellement formés d'un rotor à chaine ou marteaux qui tournent à moyenne vitesse et en faveur de l'avance du produit.

Il est employé avec succès dans l'émottage de superphosphates, nitrate d'ammonium, sels ammoniaqués et dans les différentes formules d'engrais complexes.

Tout l'ensemble repose sur un châssis métallique, disposant dans sa partie supérieure d'une porte praticable pour accéder à l'intérieur et pouvoir effectuer commodément les opérations de maintenance.

Les caractéristiques des broyeurs à chaines :

- Châssis en acier, de constructions électro-soudées, avec porte pour accéder à l'intérieur.
- Chambre à broyage capacité.
- Revêtement interne avec des tôles en acier au manganèse interchangeables.
- Rotors faits en discs en acier, ou se logent des marteaux ou chaines à l'aide d'arbres transversaux.
- Arbre d'actionnement en acier forgé traité.
- Supports avec roulement à rotule doubles, pourvus avec système de tension et réglage par boulons.
- Eléments d'actionnement, y compris : poulie d'actionnement, courroies trapézoïdales, défense de sécurité, châssis de support pour moteur.
- Grilles de sortie.

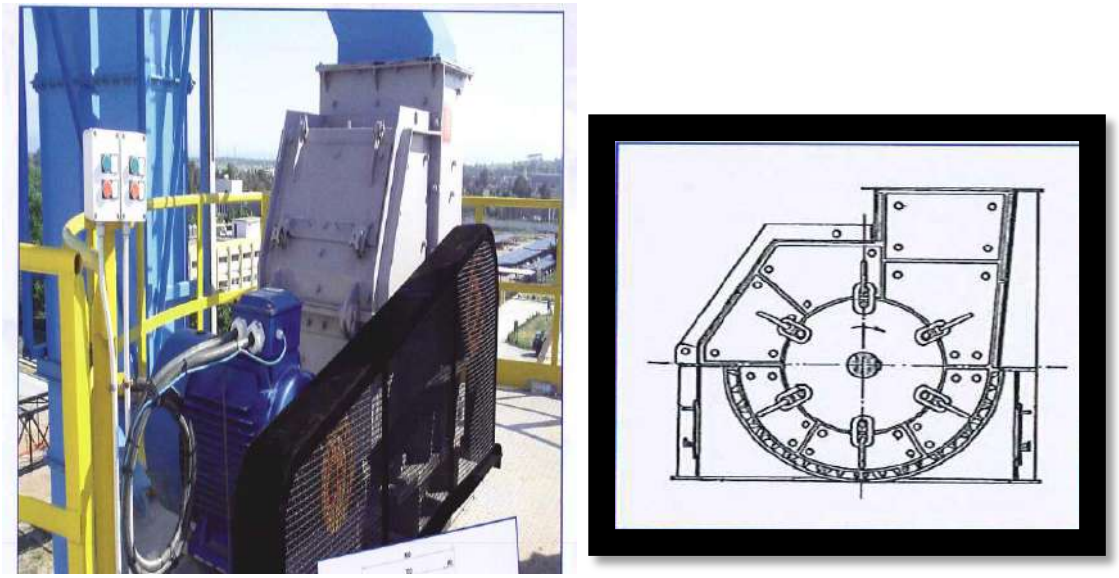


Figure 2.5.Broyeur à chaines

2.3.3. Broyage à disque :

Application :

Le broyeur à disques dentés **GRANOMAT JP** est utilisé pour broyer très finement les produits les plus divers. Il est également appelé broyeur fin et peut être utilisé aussi bien pour broyer des produits mouillés que pour des produits secs. Les différents types de disques permettent de broyer les produits les plus différents.

Exemples d'application :

· Pâtes de légumes, de fruits, de viande, de graines de sésame, de noix, de piments, d'algues marines, de fèves de soja, de riz, de gingembre, etc.

· Pulvérisation de maïs, de gingembre, de graines de moutarde, d'amandes, de carbone, de talc, de silice, de cellulose, etc.

· Émulsif cation de graisses et de produits cosmétiques

· Pulvérisation ou broyage de produits solides tels que coquilles d'œufs, minéraux, os, oxydes métalliques, zéolite, plastique fluoré polyamide, verre, piments, matériaux médicinaux, etc.

· Concassage d'os, de copeaux de bois, de pellets en matière synthétique

· Pulvérisation d'armoise, d'herbes, de plantes aromatiques, de feuilles de thé, de chitons, de sulfate de potassium, de chlorelle, etc.

Utilisation :

· Industrie alimentaire

· Cosmétique

· Industrie chimique

· Industrie pharmaceutique

Avantage :

· Processus de broyage très précis

· Réglage de la finesse de broyage sans devoir arrêter lamachine

· Vaste choix de disques dentés

· Silencieux et ne produisant que peu de vibrations

· Très facile à nettoyer

· Installation simple

· Système de refroidissement en option

Fonctionnement :

Ce broyeur pour broyage fin utilise le même principe de fonctionnement que le broyeur **GRANOMAT GU 2600:**la force centrifuge déplace le produit à broyer de l'intérieur vers l'extérieur des disques, le disque statique étant fix éau couvercle (stator), le disque en rotation se trouvant dans le bas du boîtier du broyeur. L'espace entre les disques se règle à l'aide d'un volant placé sur le côté et permet de définir la granulométrie voulue.



Figure 2.2. : Broyeur à disques

2.3.4. Broyeur à cylindres :

Broyeur formé de deux cylindres avec un arbre glissant et un autre fixe, entrainé chacun par un moteur indépendant.

Le réglage de la granulométrie de sortie est obtenu en agissant sur les boulons de réglage qui déterminent la séparation des cylindres.

L'ensemble de l'arbre glissant est séparées par compression des ressorts, afin de permettre le passage des éléments incassables.

Il est formé de :

- Une chasse inférieure, en une seule pièce, formée par des cornières laminées robustes, qui assurent la rigidité de l'ensemble. Ce châssis inférieur est celui qui est fixé au sol.
- Un châssis supérieur, appuyé sur le précédent à l'aide de élastique afin d'absorber les vibrations. Ce profil a dans sa partie supérieure des appuis horizontaux qui sont utilisés pour le glissement des paliers d'un des deux rotors à cylindres.
  L'autre rotor à cylindres est de position fixe.
- Une goulotte d'alimentation unie au châssis et pourvue d'une bride supérieure, à laquelle pourrait se boulonner la gaine d'entrée du matériau fourni par d'autres. Ce conduit est équipé d'un revêtement en caoutchouc anti-abrasion, moyennant des tôles vissées.
- Deux rotors à cylindres, formés par les propres cylindres et deux discs coniques aux extrémités, centrés à l'aide de la tension de plusieurs tiges filetées. L'ensemble cylindre-arbre est assuré par des éléments frettés, capable de transmettre des couples très importants.
- Deux systèmes d'actionnement formés par :
  Un Moteur électrique, une poulie cannelée de grand diamètre, des courroies

L'actionnement du cylindre mobile est équipé aussi par un tendeur automatique, qui évite que les courroies de ce coté sortent quand le rouleau glissant se rapproche au fixe.

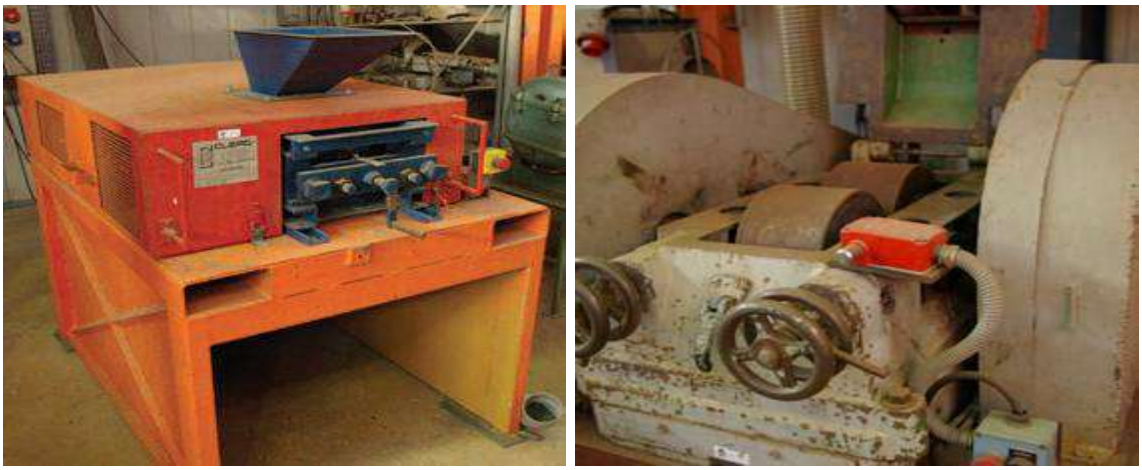


Figure.2.3 : Broyeur àcylindres50-200 kg/h

2.3.5. Broyeur pendulaire :

Ce broyeur est formé d'une carasse chemise deux corps (chambre et carter), très robuste.

A l'intérieur du carter se trouvent les arbres, horizontal et vertical, de grand diamètre, construits en acier traité avec ses correspondants : roulements, boulons, etc .Al'intérieur du carter se trouvent aussi les engrenages coniques en acier au chrome –nickel-molybdène traités, qui servent d'union et réduction entre les arbres cités précédemment.

A l'intérieur de la chambre enveloppante se trouvent les pendules qui pendent l'arbre vertical à l'aide de l'étoile en fonte.

La base du broyeur est construite en fonte, servant d'appui à tout le système et en même temps d'emplacement à l'anneau de roulement ou superficie de travail construit en acier au magnésium.

Quand le système tourne, les rouleaux en acier au magnésium des pendules, du à la force centrifuge, sont serrés contre l'anneau de roulement, produisant l'effet du broyage.



Figure.2.4 : Broyeur pendulaire

2.4. Choix du broyeur :

Le choix d'un type de broyeur dépend, dans un premier temps, de la nature du végétal à broyer (grains, tiges, racines). Les modes de broyages proposés ainsi que les dimensions des cuves de broyeurs devront être adaptés. Il existe une grande variété de broyeurs comme cité au paravent. Le deuxième critère de choix est la facilité d'utilisation et d'entretien du broyeur ainsi le nettoyage du broyeur doit être facile pour optimiser le temps de manipulation et limiter les risques décontaminations entre deux échantillons.

2.5. Conclusion :

Ayant de multiples usages selon la matière à travailler consistant à la réduire en particules fines, le choix reste difficile à faire car chacun a ses avantages sur le reste de ses types et variétés. Pour les déchets ménagers, on veut concevoir un broyeur dont les éléments coupants sont des lames montées sur un axe principal.

Chapitre 03:

Conception du broyeur domestique

3.1. Introduction :

L'objectif de ce travail est de concevoir une machine qui permet de broyer le reste de la nourriture pour l'utiliser ensuite comme ~~à~~ engrais organique. L'outil utilisé pour la conception du broyeur domestique est le logiciel Solidworks2014

Mis à part le volet dimensionnement nécessitant le calcul cinématique, dynamique et RDM, on a intégré dans ce travail une partie commande qui permet d'automatiser en partie la machine.

3.2. Description du broyeur :

Le broyeur d'aliments est un appareil ménager utilisé dans la cuisine pour éliminer les résidus alimentaires et en faire un engrais organique utilisable. L'aspect extérieur de la machine est représenté sur la figure 3.

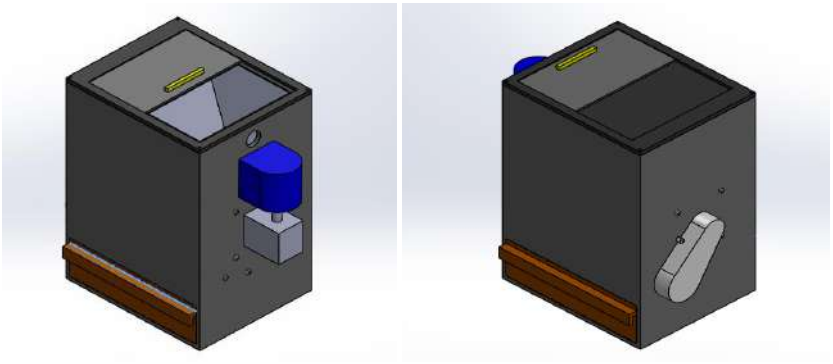


Figure.3.1.vue en perspective du broyeur domestique

Une fois le broyage effectué, la matière sera véhiculée ensuite dans un système d'essorage pour l'élimination au maximum de la quantité d'eau liée à la matière. Cette dernière sera stockée dans un tiroir (figure 3. 2). Elle est ensuite étalée sur une surface exposée au rayonnement solaire pour le séchage.

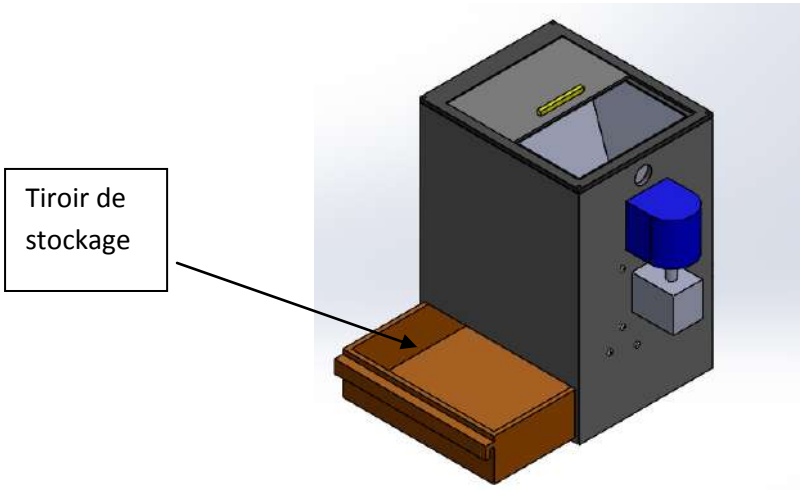


Figure.3.2.Tiroir de stockage de l'aliment broyé

3.2.1. Le principe de fonctionnement du broyeur

La machine dispose d'un trémie qui reçoit le déchet ménager qui sera entrainé par un axe en rotation portant des lames couteaux en forme d'hélice assurant le double rôle du broyage et du déplacement des déchets vers la sortie située en dessous du cylindre porte axes à lames.

Un prés-essorage est réalisé à l'aide d'un disque perforé disposé en fin de parcourt du déchet broyé. Ce dernier est déversé entre deux rouleaux en rotation, à entraxe réglable dont le rôle est d'éliminer l'eau résiduelle présente dans la matière.

Un tiroir est prévu au-dessous de la machine, permet de récupérer l'engrais avant qu'il soit envoyé vers le séchage par rayonnement. (figure3. 3)

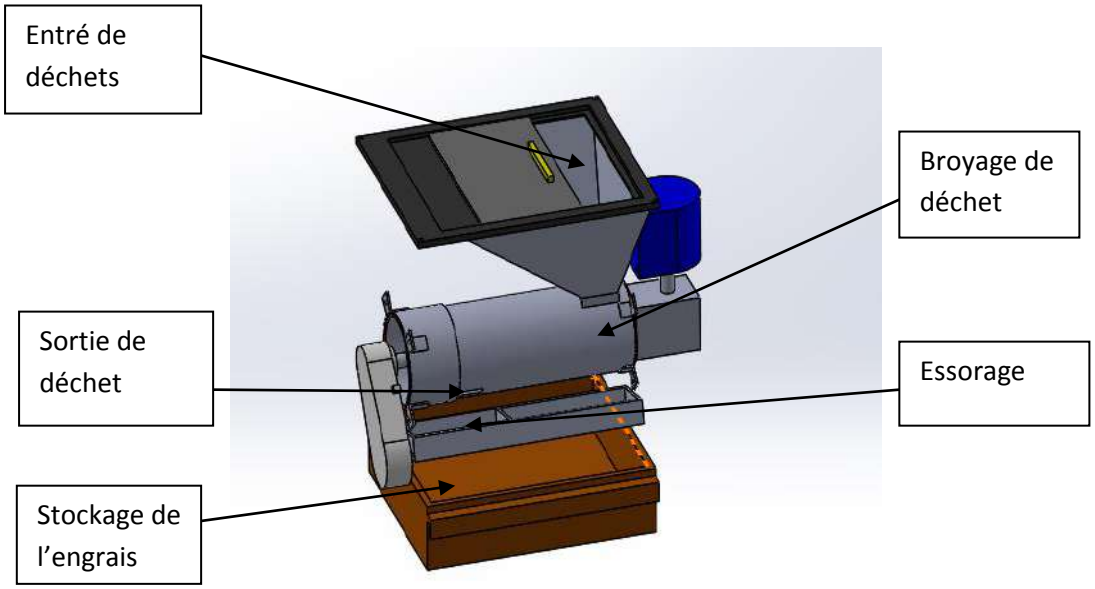
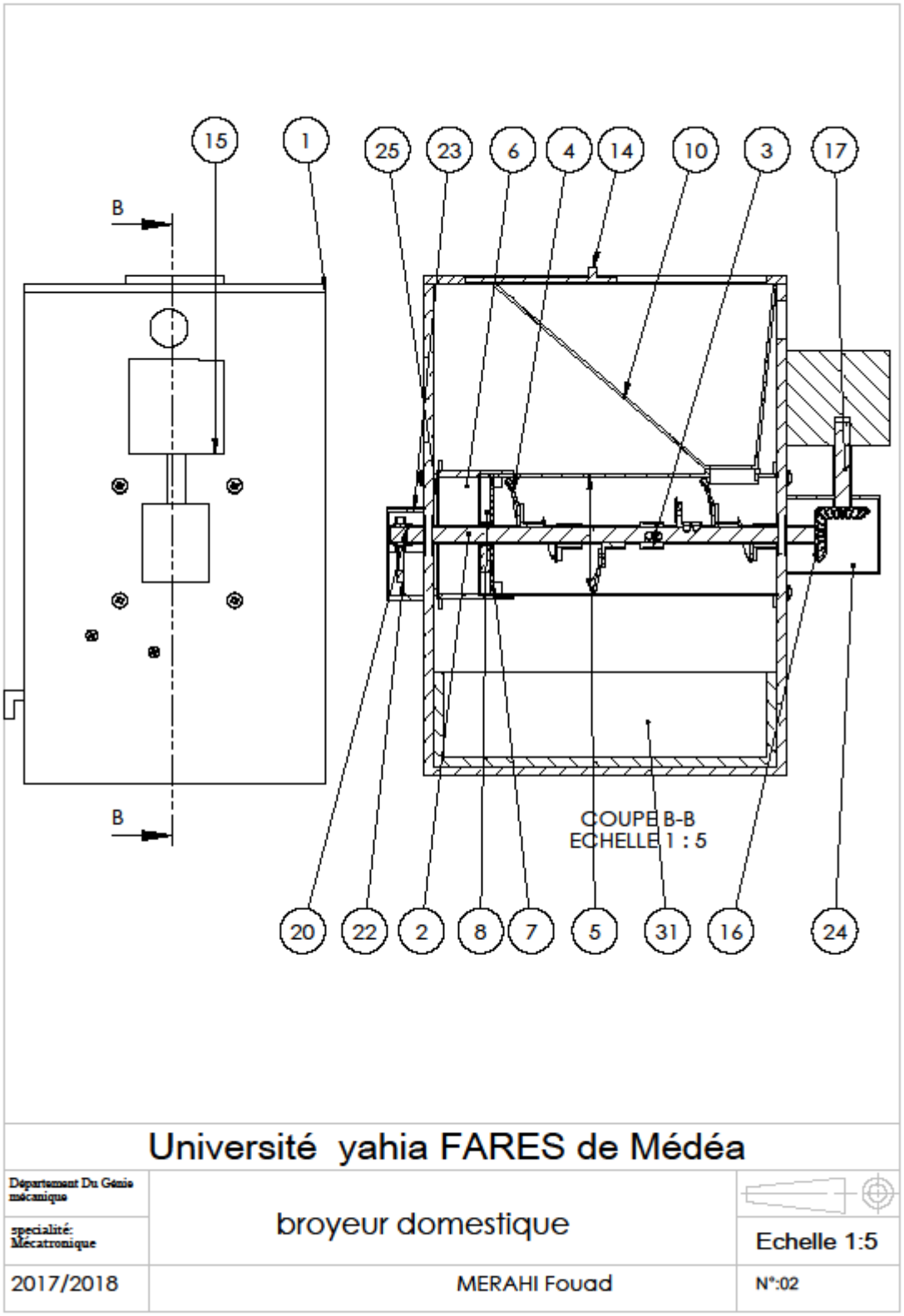


Figure.3.3.Principe de fonctionnement du broyeur

3.3. Mise en plan :



No. ARTICLE	nom de la piece	matériaux	QTE
1	bati	Fonte	1
2	arbre principal	Acier inoxydabledes	1
3	support de lame	Acier inoxydabledes	7
4	lame	Acier inoxydabledes	7
5	cylindre	Acier inoxydabledes	1
6	cylindre à pâtes	Acier inoxydabledes	1
7	filtre	Acier inoxydabledes	1
8	volant de guidage	Acier inoxydabledes	1
9	joint torique 1	caoutchouc	2
10	trémie	Acier Ordinaire A40	1
11	porte rouleau	Acier inoxydabledes	1
12	couvercle supérieur	plastique	1
13	ISO 15 RBB - 0022 - 12,SI,NC,12_68	Acier AISI 1095	2
14	portière	plastique	1
15	boitier moteur	Acier Ordinaire A40	1
16	ISO - Straight bevel gear 3M 18GT 18PT 20PA 12FW - --18O25H10MD20.0S1	Acier inoxydabledes	2
17	arbre moteur	Acier Ordinaire A40	1
18	rouleau d'essorage 1	benzoate polymérique	1
19	rouleau- d'essorage	benzoate polymérique	1
20	poulie 1	Acier Ordinaire A40	1
21	poulie 2	Acier Ordinaire A40	1
22	Courroie1-1^Assemblage	gélatine	1
23	cache	Acier Ordinaire A40	1
24	cache engrenage	Acier Ordinaire A40	1
25	joint torique 2	caoutchouc	1
26	ressor	Acier plastique	1
27	ISO 7045 - M8 x 16 - Z --- 16N	Acier Ordinaire A40	8
28	ISO 7045 - M6 x 12 - Z --- 12N	Acier Ordinaire A40	1
29	ISO 7045 - M6 x 25 - Z --- 25N	Acier Ordinaire A40	4
30	ISO 7045 - M5 x 16 - Z --- 16N	Acier Ordinaire A40	2
31	tiroir de stockage	Acier Ordinaire A40	1

3.4. Schéma cinématique :

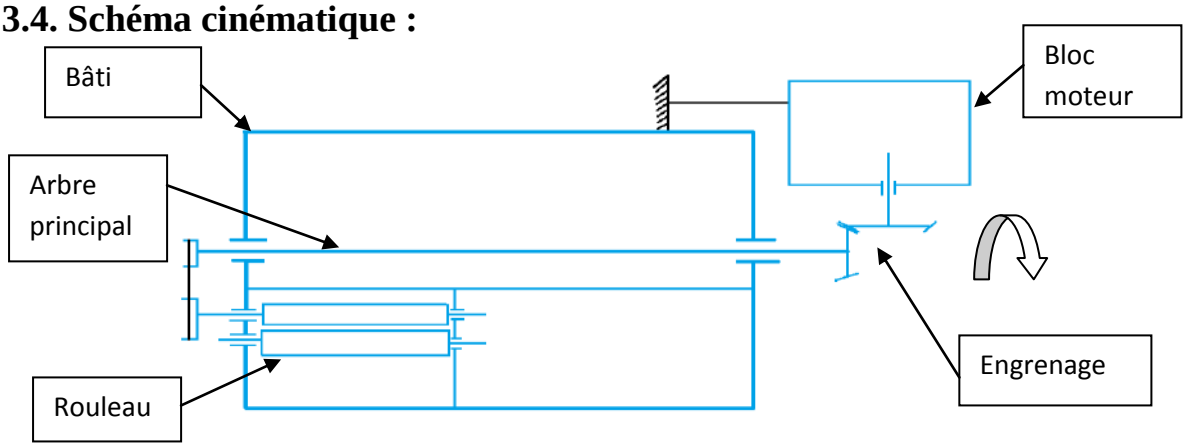


Figure.3.4.Schéma cinématique de la machine

3.5. Calcul et dimensionnement :

3.5.1. Choix du moteur :

En faisant une investigation des appareils domestiques utilisés dans la cuisine, tels que les mixeurs, les hacheurs, etc. il est retenue qu'une puissance variant entre 150 et 450 w est généralement d'usage pour ces appareils, et sachant que la matière à broyer pour notre machine n'est pas dure on adopte une puissance du moteur $P = 200w$

La vitesse de rotation w : on suppose pour le moteur choisit : N=480tr/min

3.5.2. Calcul du couple de moteur :

P=C W

Selon la nature de déchets, la vitesse de rotation sera adaptée et variera entre la valeur maximale Net une valeur minimaleN_{min}. Il est prévu à cet effet un variateur de vitesse.

$$C_{min} = \frac{P}{W_{max}}$$

$$= \frac{30 * P}{\pi N_{max}}$$

$$C_{min} = \frac{30 * 200}{3.14 * 480}$$

$C_{min} = 3.98\ N.m$En supposant N_{min} = 50tr/min

$$C_{max} = \frac{30 * p}{\pi * w_{min}}$$

$$C_{max} = \frac{30 * 200}{3.14 * 50}$$

C_{max}=38.2$N.m$

Calcul de la force du couple moteur sur les lames :

$$c = F * d * 2$$

d : si la longueur entre la axe de rotation et centre de lame

$$F_{max} = \frac{c_{max}}{2 * d}$$

$$= \frac{76.43}{2 * 60 * 10^{-3}}$$

$$F_{max} = 318.3 \text{ N}$$

$$\mathrm{F_{min}} = \frac{\mathrm{c_{min}}}{\mathrm{d}}$$

$$\mathrm{F_{min}} = \frac{7.96}{60 * 10^{-3}}$$

$$F_{min} = 33.17N$$

Force appliquée sur les lames :

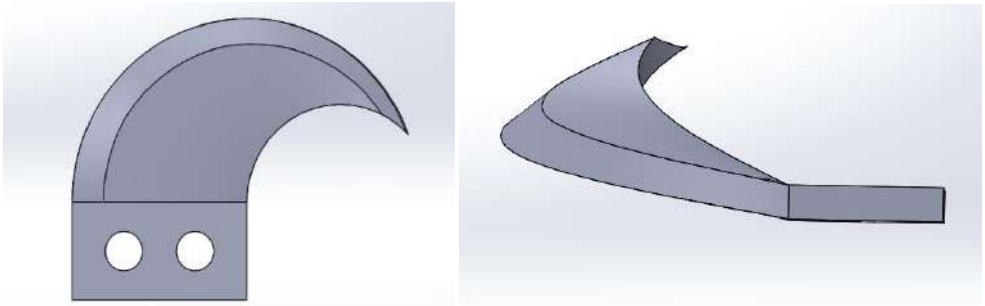


Figure.3.5.forme de la lame

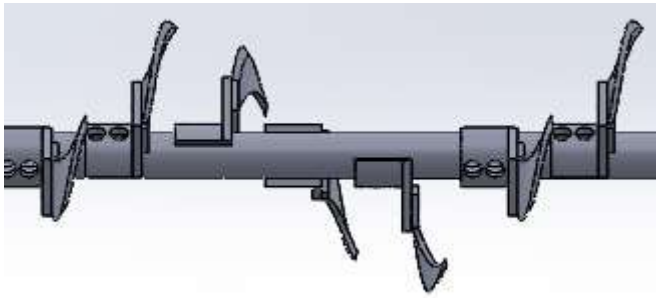


Figure.3.6.Le montage les lames avec l'arbre principal

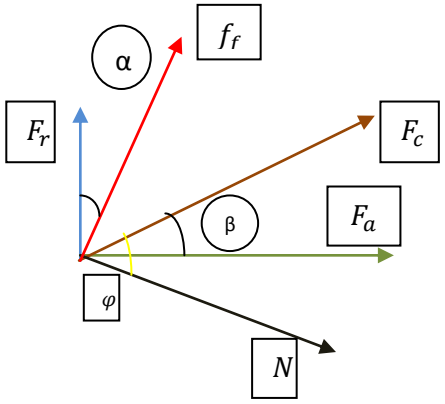


Figure.3.7.La projection de force appliquée sur la lame

D'après le tableau des coefficients de frottement :f = tan φdes différentes matières, présentés au tableau, on propose :

tan φ=0.6, d'où φ=31 °

Tableau 3. 1 coefficient de frottement entre matériaux en contact [14]

Matériaux	Matériaux	Contact	Coefficient de frottement	Facteur d'adhérence
Acier trempé	Bronze trempé	-	0,25 /0,15	0,2
Acier trempé	Bronze trempé	lubrifié	0,12	0,2
Acier trempé	Bronze trempé	huile sous pression	0,05	0,11 / 0,12

Acier 16NC6	CuSn12Zn1P	eau/vaseline	0,17	.
Acier inoxydable chromé	Aluminium	-	0,4	.
Acier inoxydable chromé	Aluminium	lubrifié	0,1	.
Acier	Cuivre étamé	-	0,12	.

Calcul de la force normale :

$$N=F_c \cos \varphi$$

$$N=318.3\cos 31$$

$$N=272.83 \text{ N}$$

La force de frottement :

$$f_f=N * \tan \varphi$$

$$f_f=272.83* \tan \varphi 31$$

$$f_f=163.7 \text{ N}$$

3.5.3. Calcul RDM :

La contrainte admissible de l'acier inoxydable des lames est prise égale à σ= $579MPa$ d'après le tableau 3.2

3.2. Tableau propriétés physique de quelque matériau ferreux :[15]

	σ_u ou τ_u (MPa)		σ_{LE} (MPa)	E (GPa)	G (GPa)	ρ $\times 10^3$ (kg/m^3)	α $\times 10^{-6}$ (/°C)	μ
Acier (construction) AISI 1020 (laminé à chaud) (faible % de carbone)	Tension	448	310	207	79	7,8	11,7	0,288
	Compression	(–)448						
	Cisaillement	345						
Acier AISI 1045 (laminé à chaud) (% moyen de carbone)	Tension	655	414	207	79	7,8	11,7	0,288
	Compression	(–)655						
	Cisaillement	483						
Acier AISI 1095 (laminé à chaud) (% élevé de carbone)	Tension	979	572	207	79	7,8	11,7	0,288
	Compression	(–)979						
	Cisaillement	724						
Acier AISI 4140 (laminé à chaud) (% tmoyen de carbone)	Tension	621	441	207	79	7,8	11,7	0,288
	Compression	(–)621						
	Cisaillement							
Acier inoxydable 304	Tension	579	241	190	76	7,8	17,3	0,305
	Compression	(–)579						
	Cisaillement							

Avec :

I Le moment d'inertie avec l'axe z :

XLa longue de lame mesurée avec solidworks $X = 52.64mm$

$M = NX$

$M = 272.83 * 52.64 * 10^{-3}$

$$M = 14.36.m$$

$$\sigma = \frac{M * y}{I}$$

$$y = \frac{\sigma * I}{M}$$

Le moment d'inertie :

$$I_z = \frac{b * h^3}{12}$$

$$I_z = \frac{28 * h^3}{12}$$

Donc l'épaisseur de la lame :

$$y = \frac{\sigma * I_z}{M}$$

$$\sigma = \frac{M * y}{I_z}$$

$$\sigma = \frac{N * x * \frac{h}{2}}{\frac{b * h^3}{12}}$$

$$\sigma = \frac{6 * N * x}{b * h^2}$$

$$h = \sqrt{\frac{6 * 272.83 * 52.64 * 10^{-3}}{28 * 10^{-3} * 579 * 10^6}}$$

$$h = 2.3021mm$$

Apré le calcul RDM l'épaisseur égale h =2.302mm, Donc nous supposons$h = 3mm$ avec coefficient de sécurité $s = 1.3$

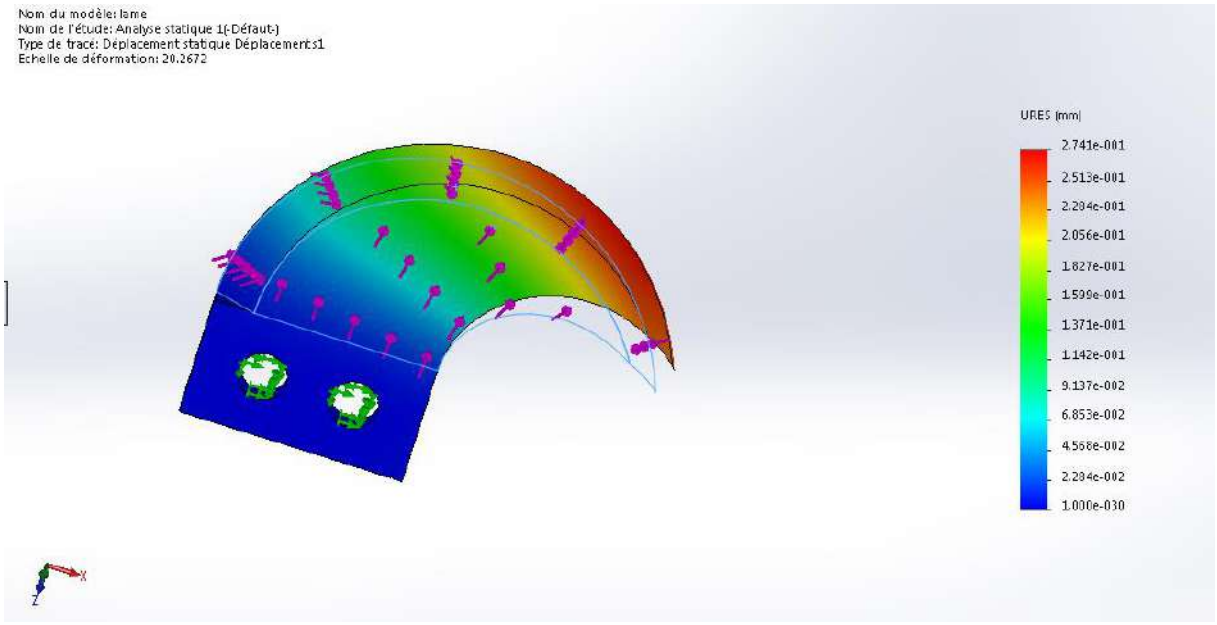


Figure.3.8.Simulation avec solidworks

3.6. Choix des roulements

Calcul de la force axiale et de la force radiale :

- Calcul de l'angle β :

$$\varphi = \alpha + \beta$$

$$\beta = \varphi - \alpha$$

Pour les valeurs ci-dessous on trouve :

$$\beta = 31 - 13$$

Soit

$$\beta = 18$$

Calcule de la force axiale :

$$Fa = F_c \cos \beta$$

$$Fa = 318.3 * \cos \varphi 18$$

$$Fa = 302.7N$$

Calcul de la force radiale :$Fr = F_c \sin \beta$

$$Fr = 318.3 \sin 18$$

$$Fr = 98.33N$$

3.6.1. Calcule de la durée de vie des roulements

Vu que l'effort axial n'est pas important à cause de la nature pas assez dure des déchets, nous avons choisi des roulements à billes à contact radial

Calcul de la réaction :

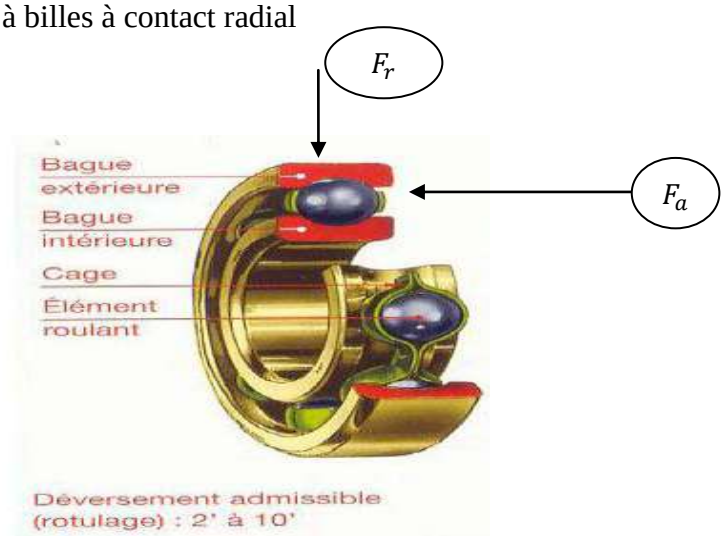


Figure3.9.la force appliquée sur le roulement

$$Fc = \sqrt{Fa^2 + Fr^2}$$

$$Fc = \sqrt{(302.7)^2 + (98.33)^2}$$

$$Fc = 318.3N$$

- La charge dynamique de base des enroulements

Pour le roulement A, on a :

N_d=480 tr/min

C=9360 N

A= 3 (pour les roulements a billes)

V= 1 (arbre tournante)

Fc=Ra*x*v

$$Fc = Ra = 318.3N$$

$$C = Ra\left(\frac{Nd*H10}{500*33.33}\right)^{1/3}$$

$$\left(\frac{C}{Ra}\right)^3 = \frac{Nd*H10}{500*33.33}$$

Par conséquence, on a :

$$H_{10} = \left(\frac{C}{Ra}\right)^3 * \frac{500*33.33}{Nd}$$

$$H_{10} = \left(\frac{9360}{318.3}\right)^3 * \frac{500*33.33}{480}$$

Soit $H_{10} = 882839.4\ min$

3.7. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons fait la conception d'un broyeur domestique de déchets ménagers en établissant les dessins de définition et d'ensemble puis nous avons fait les calculs des différents éléments principaux de la machine. On retient :

L'épaisseur des lames couteaux égale à $h = 2.3mm$ et les dimensions des roulements :

d ext =42mm, dint =20mm et e = 8mm

Chapitre 04 :

Essorage ET Séchage

4.1. Introduction :

Dans les procédés de traitement des solides, l'opération de séchage est d'une grande importance, relativement à toutes les opérations unitaires mises en jeu. Bien que le séchage soit généralement la dernière étape du processus industriel, il est souvent appliqué à un grand nombre de matériaux comme les matériaux pâteux. Ces matériaux présentent une structure collante ou plastique qui rend difficile l'écoulement dans le séchoir.

Même si le séchage des matériaux pâteux pose problématique, la littérature scientifique dans ce domaine est peu abondante.

Une des étapes qui précèdent le séchage est l'essorage qui consiste à éliminer une partie de l'eau d'un matériau par action mécanique.

4.2. Les essoreuses

L'évolution dans le domaine de l'essorage concerne souvent plus les applications que la technologie des machines en elles-mêmes. C'est pour cela que nous allons nous attacher beaucoup plus à lister les nouveaux domaines d'application qu'à décrire et comparer les différentes machines existantes. On trouvera dans la littérature une comparaison des performances de ces machines : Fournet (1988), Wakeman et Tarleton (1991), Robatel et Borel (1989) [16]. Nous décrirons plus particulièrement deux types d'essoreuse (l'essoreuse à fonctionnement discontinu et à axe vertical que nous avons utilisée et l'essoreuse à siphon rotatif ainsi que les différents types de buses d'alimentation existantes. Les essoreuses sont utilisées dans l'industrie nucléaire, chimique et pharmaceutique, c'est d'ailleurs dans ce dernier domaine que l'équipementier français Rousselet-Robatel (spécialiste mondial de la séparation solide-liquide et de l'extractionliquide-liquide) fait encore son plus gros chiffre d'affaire. Les nouveaux domaines d'application sont :

- les matières textiles : après teinture, blanchiment, carbonisage, lavage, les essoreuses à axevertical à déchargement par filet (figure.4.1) ou manuel sont utilisées pour l'extraction maximale du liquide afin de faciliter les opérations de séchage. Le diamètre des paniers non amovibles ou amovibles (figure 4.2) et interchangeables peut varier de 20 cm à 2 mètres. Toutes les matières textiles sont concernées ainsi que les produits des industries du cuir, du papier et de la blanchisserie.



Figure.4.1.Essoreuse centrifuge à
Déchargement par filet destinée aux textiles

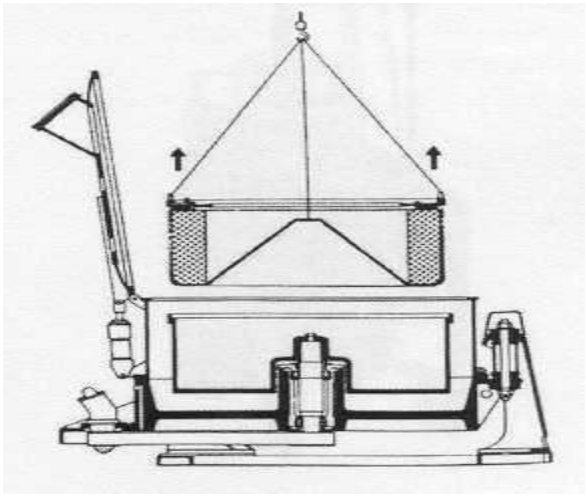


Figure.4.2.Essoreuse à axe vertical à panier amovible

- la mécanique métallurgique. Les matériaux traités sont des copeaux ou des pièces usinées souillés par des huiles ou des émulsions. En effet, l'usinage d'une pièce est facilité en abaissant la température de la pièce par l'ajout d'huile de coupe ou d'émulsion huile/eau. Les copeaux sont stockés dans des bacs puis traités par centrifugation pour séparer les phases fluides de la phase solide. Les copeaux sont refondus et les huiles recyclées et réutilisées. Les coûts de stockage et de transport sont ainsi diminués puisque l'huile représente 10% en masse des copeaux destinés à la refonte.
- la protection de l'environnement, le recyclage de sous-produits, le contrôle qualité de produits semi-finis ou finis:

1. Traitement des déchets en vue de leur recyclage, de leur compactage : copeaux métalliques, déchets plastiques broyés ou encore déchets de papier, textiles provenant d'industries sensibles (nucléaire)
2. Traitement de boues : de rectification, de rodage, d'ébavurage, d'extraction de minerais,...
3. Épuration d'eaux dans les domaines de la taille du verre, de la découpe du plastique et d'effluents de chaînes de traitement des surfaces,...
4. Épuration de bains : d'usinage électrochimique, de phosphatation, d'anodisation, de Passivation, d'extrusion, ...
5. Contrôle qualité : centrifugation de cartouches d'encre, de colle afin d'éliminer les bulles d'air ou d'en vérifier l'étanchéité
6. Clarifications : encres, pigments, infusions de plantes...

Les caractéristiques communes à toutes les essoreuses sont de comporter un panier, un support pour le média filtrant et un média filtrant. On peut cependant les classer selon leur mode de fonctionnement : semi-continu ou discontinu.

On ne présente ci-après, que les machines jouant un rôle de centrifugeuses et nous mettons volontairement l'accent sur deux essoreuses fonctionnant en discontinu pour une production à l'échelle industriel.

Ces centrifugeuses sont réalisées soit :

- à axe vertical, le déchargement du gâteau étant effectué à l'arrêt (fonctionnement discontinu) ou à faible vitesse de rotation, par le fond du panier (fonctionnement semicontinu)
- à axe horizontal, le déchargement du gâteau étant généralement effectué en pleine vitesse grâce à un dispositif racleur (fonctionnement continu) [17].

4.2.1. L'essoreuse à fonctionnement discontinu ou semi continu

Les essoreuses discontinues sont généralement choisies pour des filtrations difficiles ou pour des suspensions composées de particules de petites tailles (>5µm).L'essoreuse discontinue à axe vertical déchargement manuel à l'arrêt est utilisée dans l'industrie chimique ou pharmaceutique pour l'essorage :

1. de suspensions de cristaux relativement fins (50 à 100µm) nécessitant de bons lavages, et dont le bris doit être évité ;
2. de produits à forte valeur ajoutée élaborés en petite quantité par campagnes ;
3. de produits difficilement essorables comme pour des particules très fines nécessitant de longs cycles (>1h)

Les diamètres des paniers de ce type d'essoreuse vont de 200 à 1500mm. Le déchargement de la phase solide est exécuté à l'arrêt par le dessus du panier soit manuellement soit par un dispositif à sac (Figure 4.3). Certaines essoreuses sont équipées de racloir pour effectuer le déchargement. Le fond du panier de ces essoreuses est ouvert autour de l'axe de rotation du panier pour permettre le déchargement du solide. Le déchargement se déroule à petite vitesse (10 à 50tr/min) grâce à un racloir qui décolle et dirige le solide vers la perforation du fond du panier.

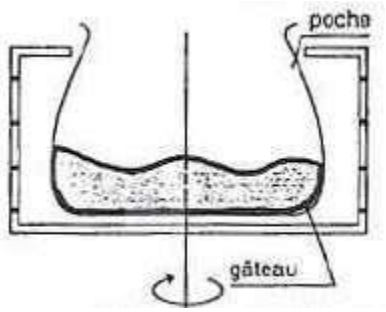


Figure 4.3 : Essoreuse à axe vertical à déchargement par poche

Les diamètres de ces essoreuses vont de 600 à 1600mm. Leur application est la même que pour les essoreuses décrites dans le précédent paragraphe, mais l'automatisation du déchargement permet des productions plus importantes (jusqu'à 5t/h de solide) [18].

Les essoreuses à axe horizontal ont une capacité pouvant aller de 2,5 à 1500 litres. Le débit masse de solide est élevé et peut atteindre 20t/h, elles sont donc particulièrement adaptées à l'essorage de cristaux ou particules de taille moyenne (100 à300µm). Certaines de ces essoreuses effectuent leur déchargement à l'aide d'un racloir, Figure 4.4). Ou encore par retournement de toile (Figure 4.5).

5 : sortie liquide
6 : sortie solide
7 : racloir
8 : cuve
9 : panier
11 : porte

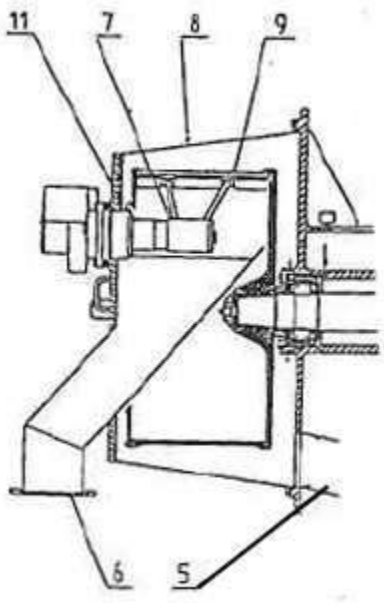


Figure 4.4. Essoreuse à axe horizontal et
Déchargement par racloir

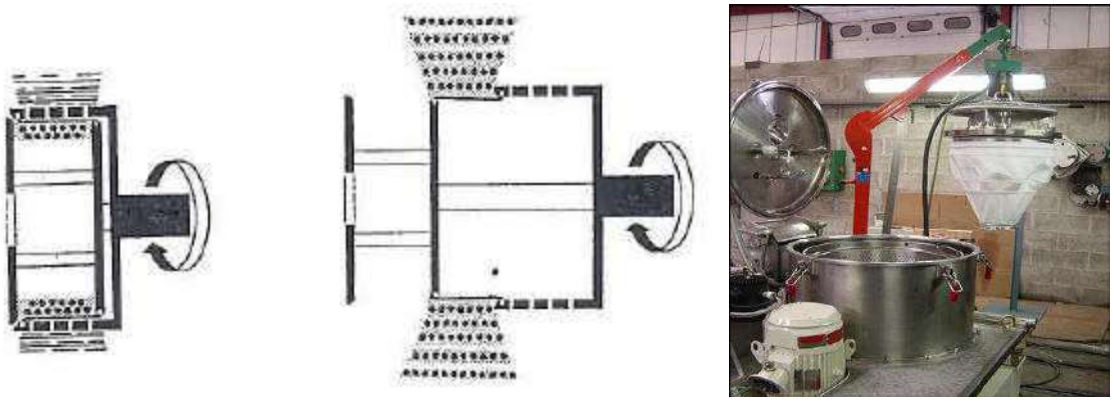


Figure 4.5. Essoreuses à axe horizontal à retournement de toile

4.2.2. L'essoreuse à siphon rotatif

Il existe une catégorie d'essoreuse dite à siphon rotatif, il s'agit d'une variante d'essoreuse à axe horizontal fonctionnant en discontinu, dans laquelle le rotor comporte une chambre annulaire dans laquelle plonge un tube siphon (Fig.4.6). Ce dispositif permet d'augmenter la pression de filtration diminuant ainsi le temps d'essorage et la teneur en eau résiduelle du gâteau et peut être utilisé sur des essoreuses à axe vertical. Dans les expériences réalisées en perméation gravitaire de ce document nous utilisons ce principe d'augmentation de la pression de filtration en ajoutant une hauteur de colonne d'eau en sortie du média filtrant.

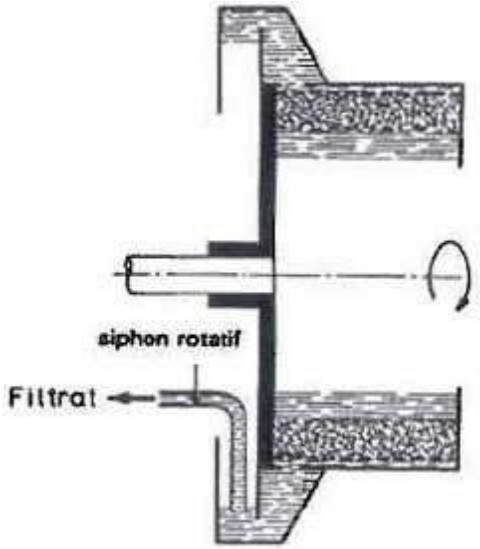


Figure 4.6. Essoreuse à siphon rotatif (Techniques de l'Ingénieur, Robatel et Borel, 1989)

4.2.3. L'essoreuse à fonctionnement continu

D'une manière générale, on utilise les essoreuses continues pour leur grande capacité de production. Ces centrifugeuses fonctionnent à vitesse de rotation constante pendant toutes les phases du procédé de centrifugation (l'alimentation, la filtration, et l'évacuation du solide). Leur fonctionnement continu permet d'atteindre de gros débits (jusqu'à 300t/h de solide) mais ces essoreuses ne sont utilisées que pour des produits facilement essorables.

Selon le mode d'évacuation des solides essorés on distingue plusieurs types d'essoreuses à fonctionnement continu :

- Essoreuses à panier conique, ces centrifugeuses à axe vertical ou horizontal comportent un panier conique dont l'angle d'ouverture est tel que le solide essoré s'écoule par glissement naturel le long des parois.
- Essoreuses à vis racleuse : L'élément filtrant est de structure grossière. Une vis racleuse qui tourne de 20 à 100tr/min assure le cheminement du solide.
- Essoreuses à poussoir : L'axe est horizontal et l'évacuation du solide se fait par un poussoir qui tourne à la même vitesse et animé d'un mouvement de va et vient. Le poussoir entraîne le gâteau vers la partie antérieure du panier. L'élément filtrant est de structure métallique. Ces machines existent aussi à étages multiples (Figure 4.7.) [19].

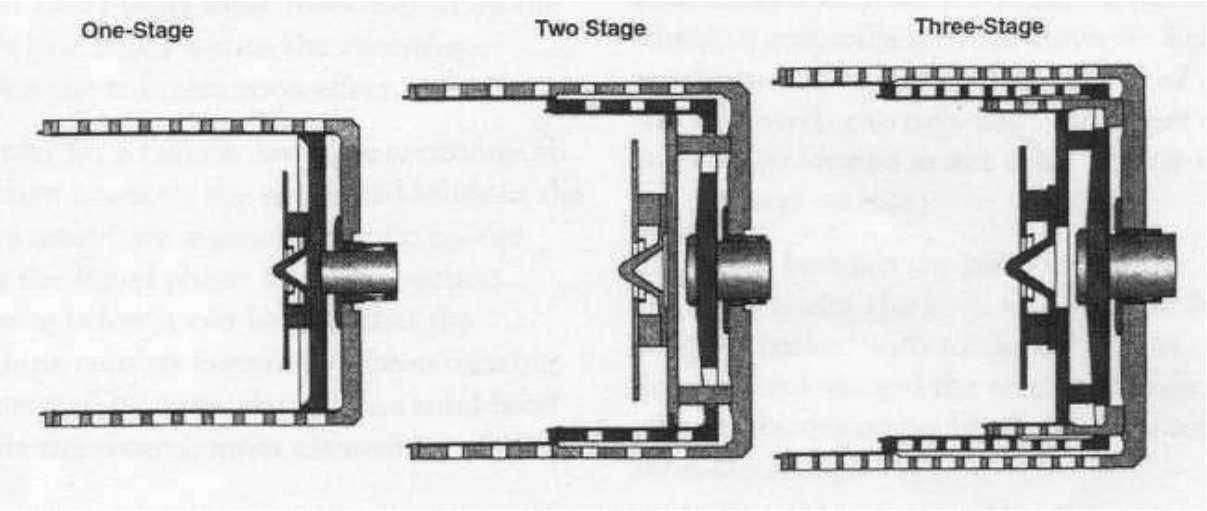


Figure 4.7. : Paniers d'essoreuses à axe horizontal à poussoir mono et multi-étagés

4.2.4. Les buses d'alimentation

On présente ci-après les buses que l'on trouve pour équiper les essoreuses à axevertical (Fig.4.8) ou à axe horizontal (Fig.4.9). Ces buses sont étudiées pour distribuer uniformément la suspension sur toute la hauteur du panier. L'un des objectifs de cet outil est d'obtenir un gâteau d'une hauteur uniforme dans tout le panier afin d'éviter les phénomènes de balourds de la machine [20].

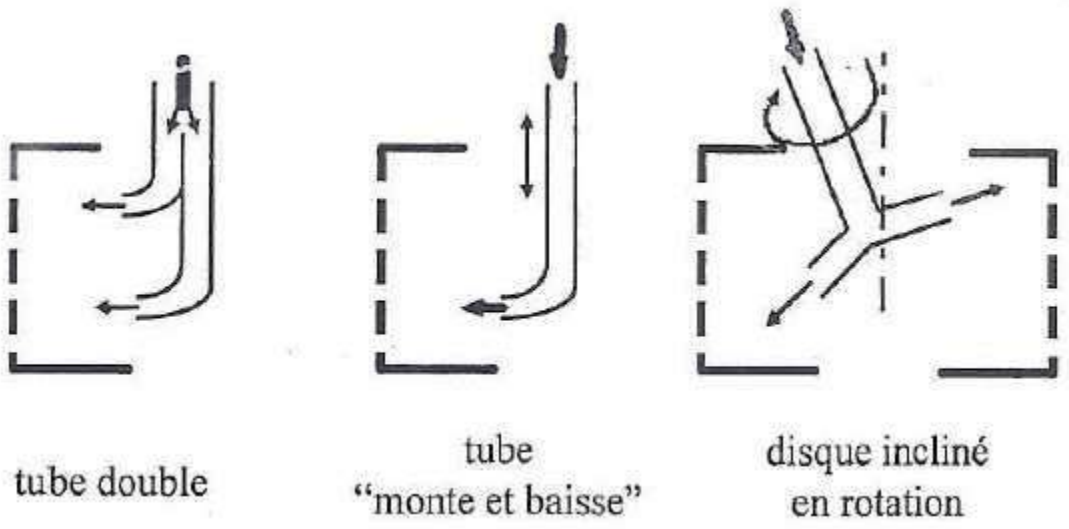


Figure 4.8. Buses d'alimentation sur essoreuse à axe vertical

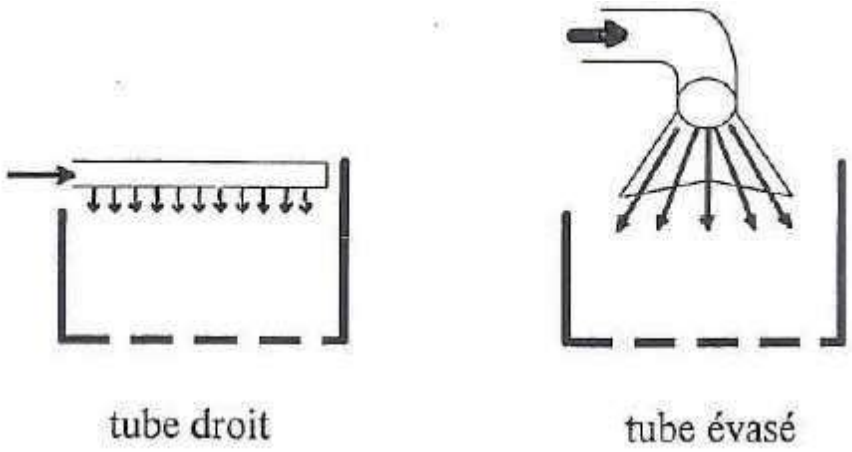


Figure 4.9.Buses d'alimentation sur essoreuse à axe horizontal

4.3. Système d'essorage pour le broyeur domestique:

Pour une machine à usage personnel et domestique, utiliser le principe d'essorage par centrifugation est couteux et encombrant, on a pensé à un autre système plus simple dont le principe consiste à faire passer la matière entre deux rouleaux cylindriques à entraxe réglable dont le rôle est d'éliminer l'eau résiduelle présente dans la matière.

Le jeu entre les génératrices des deux cylindres est ajustable automatiquement en fonction de la consistance de la matière à essorer, et du revêtement des deux rouleaux, au moyen d'un ressort. Les deux rouleaux sont recouverts d'un matériau spongieux en couche de rousse de polyuréthane ou à base de benzoate polymérique.

Le passage de la matière broyée entre les deux rouleaux actionnés par le même moteur de la machine par l'intermédiaire d'une poulie, la rende presque sec.

Le processus de fabrication de l'engrais à partir de déchets ménagers se termine par une phase de séchage décrit dans le paragraphe suivant.

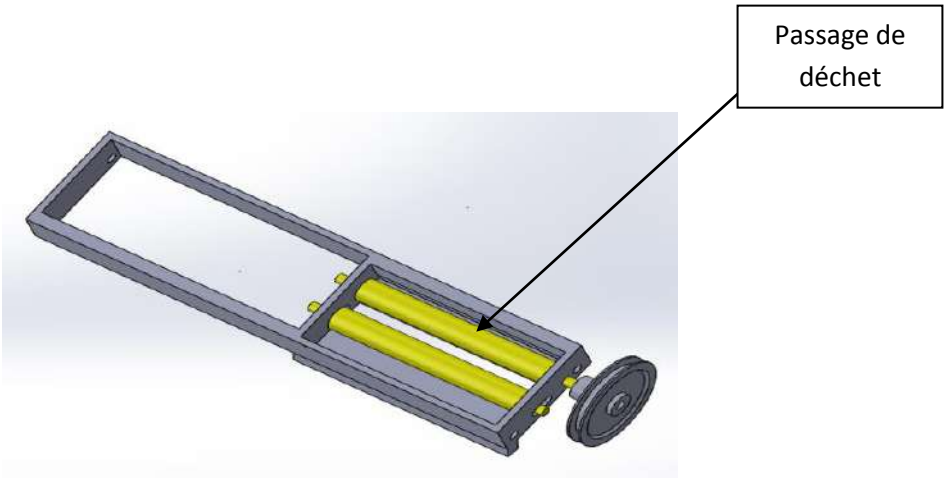


Figure 4.10.Le système d'essorage utilisé sur la machine

4.4. Historique de séchage :

Le séchage est une technique très anciennement utilisée pour la conservation des produits agricoles et alimentaires (céréales, graines, fourrages, viandes et poissons séchés, figues, noix, tabac, etc.), ou pour l'élaboration des matériaux (briques de terre sèche, céramiques, poterie avant cuisson, bois,…), ou pour les textiles (lavage, teinture,…) et les peaux. Pour ces applications traditionnelles, on fait encore beaucoup appel au séchage par l'air ambiant dit « naturel », le séchage dit « artificiel » avec apport d'énergie, n'étant qu'une technique complémentaire apportant une plus grande régularité face aux aléas climatiques, ou bien apportant de nouveaux services (lait sec ou café dits « instantanés », pates alimentaires sèches à longue conservation, etc.)

4.5. Différentes techniques de séchage [21]. :

La diversité des matériaux à sécher (nature, taille, forme) et des capacités à assurer, les spécificités de traitement à respecter (contraintes physico-chimiques ou biologiques) sont la cause de l'existence d'une très grande variété de séchoirs industriels.

Les techniques de séchage sont souvent classées suivant le mode de transmission de la chaleur. On distingue alors :

1. Le séchage par convection ou séchage direct

L'énergie nécessaire à l'évaporation de l'eau est apportée par un gaz chaud qui circule au contact du matériau à sécher. Ce gaz joue aussi le rôle de vecteur pour transporter la vapeur produite hors de l'enceinte de séchage. Ce type de séchage se rencontre dans les lits traversés, fluidisés, transportés pneumatique ment, les atomiseurs,…

2. Le séchage par rayonnement L'énergie est apportée par l'intermédiaire d'ondes électromagnétiques. Le séchage des peintures par infrarouge constitue l'exemple le plus typique de cette technique.
3. Le séchage par conduction ou séchage indirect

La chaleur est transmise principalement par conduction. Le séchage est effectué en amenant directement le matériau en contact avec une surface chaude (enveloppe, mobile d'agitation, plaque, …) qui transmet le flux nécessaire à la vaporisation de l'eau qu'il contient. L'eau est éliminée soit par aspiration, soit par circulation naturelle ou forcée d'un gaz chaud dont le rôle est limité à celui de vecteur de vapeur. Ce type de séchage est très répandu dans certaines industries comme en agroalimentaire pour transformer des matériaux pâteux ou visqueux ou

en industrie du papier pour sécher très rapidement des surfaces importantes. Mais il a été bien moins étudié que le séchage convectif (ou direct).

4.5.1. Séchoirs développés pour les matériaux pâteux :

Le choix d'une technologie ne repose pas exclusivement sur les cinétiques de séchage et sur les propriétés à l'équilibre thermodynamique du matériau mais doit inclure des contraintes spécifiques à une situation donnée comme la structure initiale du produit.

Une classification des technologies basée sur la structure du produit humide (liquide/solide/pâteux) et son mode de transport est nécessaire. L'opération de séchage est mise en œuvre sur des produits de structures variées :

- solides divisés (granuleux, fibreux, pulvérulents)
- solides compacts ou en plaques
- produits liquides
- produits pâteux

La contrainte du séchage des matériaux pâteux est la difficulté de l'écoulement dans le séchoir. Ainsi les séchoirs développés pour ces matériaux sont :

4.5.2. Séchoir à palettes

La Figure 4.11. Présente le schéma d'un séchoir à palettes :

- il se compose d'une auge à double paroi avec 2 ou 4 arbres creux rotatifs sur lesquels sont fixées des éléments creux formés pour interagir. Ces éléments sont appelés palettes (Figure .4.11.)
- les deux arbres se chevauchent ;
- le fluide caloporteur, généralement de la vapeur sous pression entre 6 et 8 bars, circule dans la double enveloppe ainsi que dans les rotors et palettes ;
- un gaz de balayage est introduit à co-courant avec le matériau pâteux et extrait vers le milieu du sécheur pour minimiser l'entraînement des particules en suspension dans le gaz d'exhaure.

Ces équipements ont été développés pour sécher des matériaux pâteux, visqueux, formant des croûtes ou des mottes sans recirculation du produit sec en tête de l'installation. Les parties en mouvement sont essentielles pour le système. Pour un transfert de chaleur efficace, le matériau doit être régulièrement renouvelé et le contact avec la surface de transfert de chaleur doit être optimal.

Le design spécifique des palettes (éléments cunéiformes, disques segmentés avec barres racloirs ou encore disques sur l'un des arbres et ailettes rectangulaires fixées sur le carter)

induit un cisaillement important du matériau et permet une auto nettoyage presque total du rotor. Le matériau à sécher est intensivement brassé, émotté et raclé au cours du séchage.

Les palettes ne contribuent pas au transport mécanique du matériau. Elles effectuent essentiellement un mélange radial, maintenant le matériau au contact des parois chaudes.

Le matériau pâteux, introduit en continu à une extrémité de l'installation, progresse par écoulement gravitaire jusqu'à l'extrémité opposée. Au cours du séchage, la structure du matériau évolue : la formation des granulés sous l'effet du séchage et de l'agitation mécanique se produit vers le milieu de l'auge. Le produit est déchargé par sur verse : un volet mobile permet de régler le niveau de produit dans l'installation, et donc le temps de séjour moyen souhaité. Les vitesses de rotation des rotors sont de l'ordre de 10 à 40 tr.min-1. Dans les installations les plus importantes, la surface utile au séchage peut atteindre 300 m2, la puissance du moteur installée étant de 175 kW. Le temps de séjour moyen dans le procédé est relativement long, de l'ordre de 4 à 7 h.

Les sécheurs à palettes sont appropriés au traitement des matériaux difficiles, visqueux et collants. Leur conception leur confère une grande compacité (de 8 à 10 m2.m-3). Comme tout séchoir par contact, l'un des atouts de cette technologie est lié au confinement des buées, et donc des odeurs, et aux faibles quantités de buées à traiter. Lorsque le matériau est sensible à l'attrition, le cisaillement intense subi par les grains génère des poussières. Même si les risques d'explosion de poussières sont très faibles, la formation de fines peut poser des problèmes en aval de l'opération de séchage.

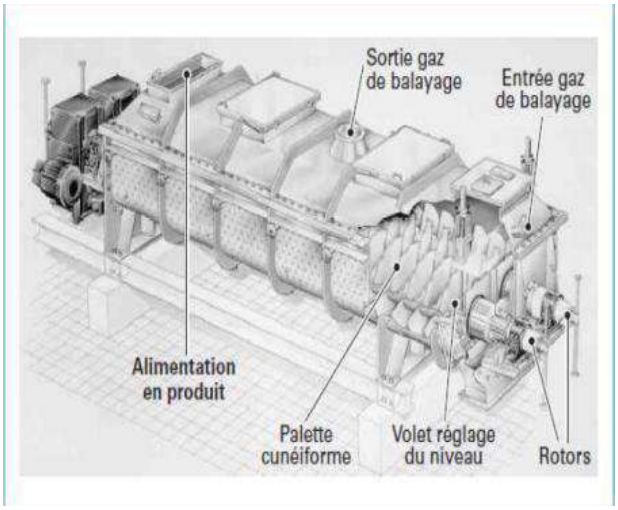


Figure 4.11.Séchoir à palettes Naratherm

4.5.3. Séchoir à couche minces :

Les séchoirs à couche mince horizontaux (Figure .4.12.) sont utilisés depuis de nombreuses années pour le séchage des matériaux difficiles. Ils comportent un corps cylindrique horizontal muni d'une double enveloppe, dans laquelle circule la vapeur d'eau surchauffée sous une pression de 6 à 8 bars.

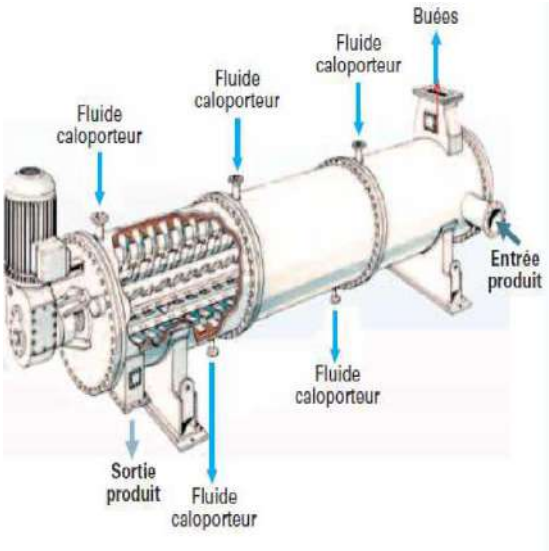


Figure.4.12.Séchoir à couche mince horizontal

Le principe de fonctionnement consiste à projeter le matériau pâteux, introduit latéralement, contre l'enveloppe cylindrique à l'aide de pâles pendulaires fixées sur un rotor tournant à grande vitesse (50≤ N≤ 750 tr.min-1). Le matériau est encollé en couche mince de 5 à 10 mm d'épaisseur, ce qui permet d'atteindre des coefficients d'échange de chaleur paroi/produit très élevés. Il en résulte un temps de séjour moyen de l'ordre d'une dizaine de minutes. Les pâles assurent le raclage et le transport du matériau. Les buées circulant à contre-courant du matériau sont évacuées près de l'entrée du matériau.

Le séchage se déroule dans une enceinte fermée, ce qui permet de travailler, si nécessaire, sous atmosphère inerte ou sous vide et de limiter la diffusion d'odeurs nauséabondes. La conduite du procédé se trouve facilitée par la faible quantité de matériau retenue dans l'appareil. Le principal inconvénient de ces appareils est leur faible compacité, de sorte que les plus grandes installations offrent une surface utile au séchage de seulement 110 m2.

4.5.4. Séchoir pneumatique compact :

Les sécheurs pneumatiques compacts (Figure 4.13.) sont peu répandus en France, ils se présentent sous la forme d'une chambre cylindrique verticale avec un fond conique, d'un distributeur d'air à entrée tangentielle et d'un rotor tournant à grande vitesse (de 50 à 500 tr/min) positionné en bas de la chambre. Le matériau pâteux, homogénéisé par agitation

mécanique dans le bac d'alimentation et soutiré en continu et à débit constant, tombe par gravité au-dessus du rotor. Le mobile équipé de couteaux cisaille, émotte et disperse le matériau pâteux. L'air de séchage, injecté en partie basse de la chambre, génère un écoulement ascendant tourbillonnant et une sorte de lit fluidisé à proximité du mobile. Le lit de particules contient ainsi toutes les phases intermédiaires entre la matière première et le produit fini. Les particules les plus lourdes séjournent plus longtemps dans la chambre de séchage, où elles subissent l'action mécanique du rotor et des chocs avec les autres particules en suspension. Seules les particules les plus fines peuvent être entraînées hors de la chambre de séchage où elles sont collectées. Ainsi les matériaux pâteux, collants, les liquides visqueux et les matériaux à forte teneur en eau initiale peuvent être transformés en une poudre fine, de taille comprise entre 3 et 70 μm, en quelques dizaines de secondes.

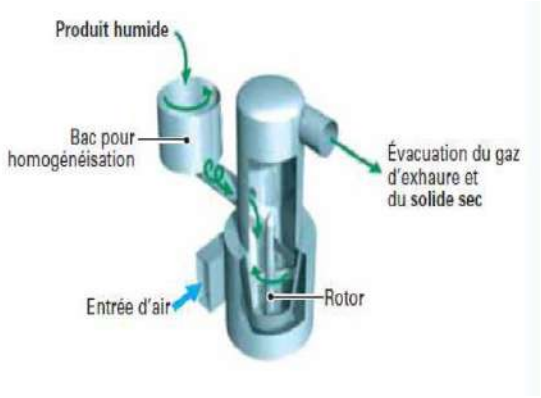


Figure.4.13.Séchoir Swirl Fluidizer

Ce séchoir spécifiquement développé pour le séchage des matériaux pâteux et liquides très visqueux peut fonctionner en boucle ouverte, l'air étant alors utilisé comme fluide caloporteur, ou en circuit semifermé ou fermé pour inertage de la chambre. Le temps de séjour moyen des particules est difficile à contrôler.

4.6. Conclusion :

Intégré dans la machine, le système d'essorage avec des rouleaux a été adopté et vue la fréquence de production de la machine conçue, un séchage à l'air sous rayonnement solaire est choisi afin de rester dans le concept de l'économie d'énergie pour la production à moindre coût de l'engrais.

Chapitre 05 :

Système de commande

5.1. INTRODUCTION :

Pour réguler un system mécatronique, on a besoin de la partie commande et de la partie actionneurs,

Pour mesurer des quantités des déchets dans la trémie, il faut un capteur de distance. Il existe un grand nombre de capteurs de distance : **infrarouge** (réflectif), **laser** (par temps de parcours ou par calcul d'angle), **physique** (règles optiques absolues ou incrémentielles), ou **ultrason**.

- Les capteurs infrarouges ont l'avantage d'être bon marché, relativement précis et disponibles à peu près partout. Malheureusement, ils sont assez complexes à mettre en œuvre du fait de leurs non-linéarités. Il faut appliquer une formule complexe pour obtenir une mesure utilisable. De plus, ils sont très sensibles à la lumière ambiante et au coefficient de réflexion lumineuse de la surface en face du capteur.
- Les (vrais) capteurs de distance laser sont extrêmement précis, mais aussi extrêmement chers. Un capteur de distance laser (par mesure de temps de parcours) coûte facilement plus de 200€, mais fait des mesures à plus de 30 mètres sans problème pour certains modèles. C'est donc au final une question de budget / utilisation.

  Il existe des (faux) capteurs de distance laser fonctionnant par triangulation. Au lieu de mesurer le temps d'aller-retour d'un faisceau laser, ces modules calculent l'angle entre le point du laser et le capteur. Ces modules sont moins chers, mais aussi beaucoup moins précis.
- Les capteurs physiques, le plus souvent un duo comportant une règle graduée et un capteur optique, sont à la fois bon marché et très précis. Mais ils sont très limités en distance mesurable et se retrouvent donc généralement dans des imprimantes.
- les capteurs de distance à ultrason utilisent le même principe qu'un capteur laser, mais en utilisant des ondes sonores (inaudible) au lieu d'un faisceau de lumière. Ils sont bien moins chers qu'un capteur laser, mais aussi moins précis. Cependant, contrairement aux capteurs à infrarouge, la lumière ambiante et l'opacité de la surface en face du capteur ne jouent pas sur la mesure.

C'est ce dernier type qu'on a utilisé dans notre machine.

5.1.1. Les domaines d'applications

Les domaines d'application de capteur a ultrason sont variés tels que :

- Positionnement et la détection de produits.
- Détection de présence d'objets et de personnes.
- Mesure de distance
- contrôle de boucle.
- Mesure de niveau.
- Robotique.

5.2. LE Capteur ULTRASONS HC-SR04 :

5.2.1. Description :

Le capteur qui nous intéresse est un capteur à ultrason HC-SR04 . Ce capteur fonctionne avec une tension d'alimentation **de 5 volts**, dispose d'un angle de mesure de **15°**environ et permet de faire des mesures de distance entre **2**centimètres et **4**mètres avec une précision de **3mm**(en théorie, dans la pratique ce n'est pas tout à fait exact) [22].

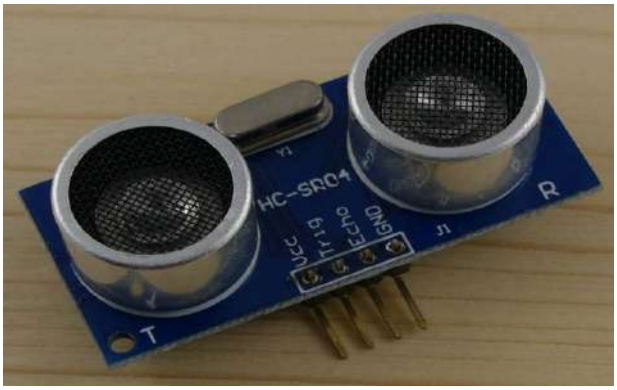


Figure 5.1.Le capteur ultrason HC-SR04

N.B. Il existe des capteurs à ultrason bien plus haut de gamme (donc précis). Un capteur à ultrason mono capsule de qualité coûte entre 20€ et 30€. Un capteur HC-SR04 revient seulement à 3€. Ce capteur est donc clairement "moins chère", mais pas mauvais pour autantcomme on le verra plus tard.

5.2.2. Caractéristiques :

- Dimensions : 45 mm x 20 mm x 15 mm

- Plage de mesure : 2 cm à 400 cm
- Résolution de la mesure : 0.3 cm
- Angle de mesure efficace : 15 °
- Largeur d'impulsion sur l'entrée de déclenchement : 10 µs (Trigger Input Pulse width)

5.2.3. Spécifications et limites :

5.1. Tableau de parametre de capteur ultrason

paramètre	**Min**	**Max**	**Type**	**Unite**
Tension d alimentation	4.5	5.5	5	**V**
Courant de repos	1.5	2.5	2	**mA**
Courant de fonctionnement	10	20	15	**mA**
Frequence des ultrason	*	*	40	**KHz**

Attention : la borne **GND** doit être connectée en premier, avant l'alimentation sur **Vcc**.

5.2.4. Principe de fonctionnement du capteur :

Le principe de fonctionnement du capteur est entièrement basé sur la vitesse du son.

Voilà comment se déroule une prise de mesure [22]. :

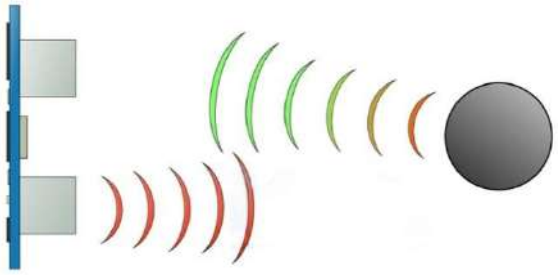


Fig. 5.2.déroulement d’une prise de mesure

1. On envoie une impulsion HIGH 5V de10µssur la broche TRIGGER du capteur.
2. Le capteur envoie alors une série de 8impulsions ultrasoniques à 40KHz (inaudible pour l'être humain, c'est quand plus agréable qu'un biiiiiiiip).

3. Les ultrasons se propagent dans l'air jusqu'à toucher un obstacle et retourne dans l'autre sens vers le capteur.

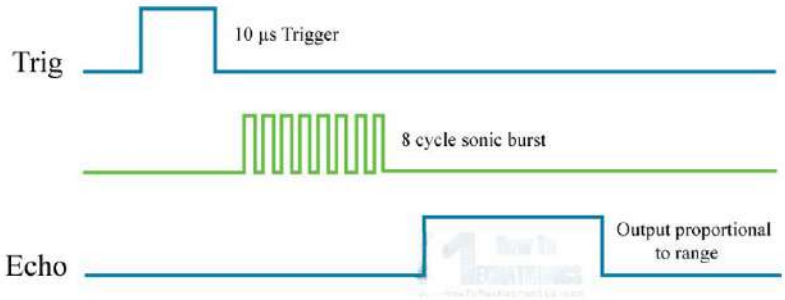
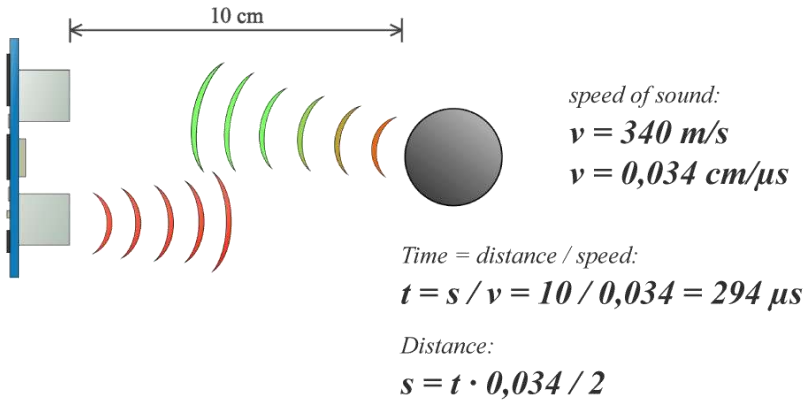


Fig.5.3.signal de propagation de l'ultra-son

4. Le capteur détecte l'écho et clôture la prise de mesure.

Le signal sur la broche ECHO du capteur reste à HIGH durant les étapes 3 et 4, ce qui permet de mesurer la durée de l'aller-retour des ultrasons et donc de déterminer la distance.

Par exemple, si l'objet est à 10 cm du capteur et que la vitesse du son est de 340 m/s ou de 0,034 cm/µs, l'onde sonore devra parcourir environ 294 u secondes. Mais ce que vous obtiendrez de la broche Echo sera le double de ce nombre, car l'onde sonore doit se déplacer vers l'avant et rebondir vers l'arrière. Donc, pour obtenir la distance en cm, nous devons multiplier la valeur de temps de déplacement reçue de la broche d'écho par 0,034 et la diviser sur 2.



5.2.5. Le circuit intégré dans ce capteur :

Dans le capteur HC-SR04 on a plusieurs composants, définit ci-dessous :

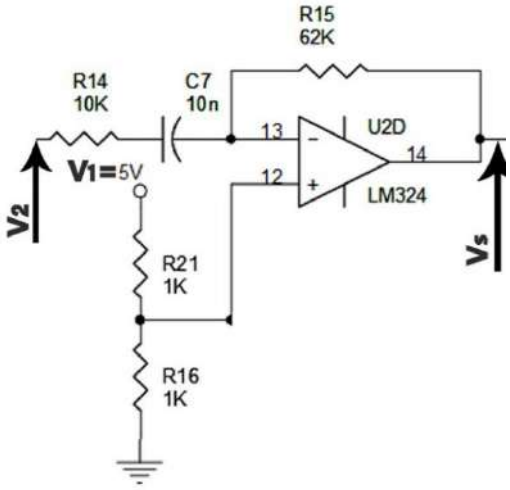
Ce circuit est composé de :

- 2 transducteurs : (émission / réception).

- MAX232A : circuit pour la production de (+/- 10 v) depuis (5v) « pour l'émetteur on a 2 output donc (20v) ».
- 2 transistors (BC857 et BC847) qui représentent (Q2 et Q1).
  Microcontrôleur (EM78P153S).
- 4 Amplificateurs intégrés dans (LM324).
    - U2D : amplificateur avec un gain de 6 fois.
    - U2C : filtre passe-bande.
    - U2B : amplificateur avec un gain de 8 fois.
    - U2A avec Q1 : Comparateur d'hystérésis.
- Les résistances :
    - R14, R1, R6, R8, R17, R18, R19 = 10 kΩ.
    - R21, R16, R12, R20 = 1 kΩ.
    - R15 = 62KΩ.
    - R11, R2, R6, R7 = 75 kΩ.
    - R4, R9 = 120 kΩ.
    - R13 = 6.2 kΩ.
    - R3 = 4.5 kΩ.
    - R10 = 3.3 MΩ.
    - R5 = 3.9 kΩ.
- Les condensateurs :
    - C7, C1, C6 = 10 nF.
    - C8, C5, C12, = 1.2 µF.
    - C9, C16, C17, C13, C14, C15 = 150 nF.
    - C4, C3 = 1nF.
    - C2 = 12 pF.
    - C11, C10 = 22pF.

Calcul des amplificateurs :

PARTIE 1 : Amplificateur (U2D)



$V12 = V1 \times \frac{R2}{R1+R2}$ Et $V13 = \frac{V2.R4+Vs.R3}{R4+R3}$

(R1➔R21, R2➔R16, R3➔R14, R4➔ R15)

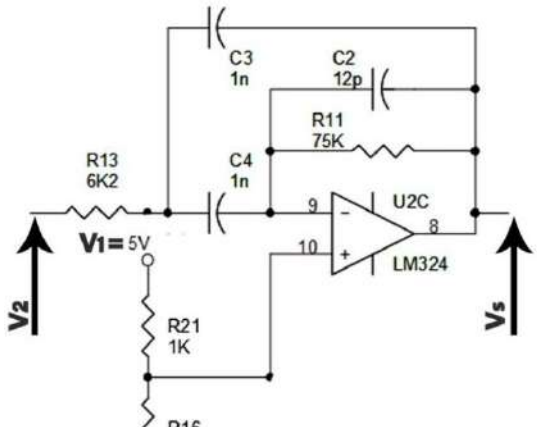
$$V1.\frac{R2}{R1+R2} = \frac{V2.R4+Vs.R3}{R4+R3}$$

$$V1.\frac{R2}{R1+R2} - V2.\frac{R4}{R3+R4} = Vs.\frac{R3}{R3+R4}$$

$\frac{Vs}{V2} = \frac{(\frac{a}{V2} - \frac{R4}{R3+R4})}{\frac{R3}{R3+R4}}$ Tell que $a = V1.\frac{R2}{R2+R1}$

$$\frac{Vs}{V2} = 6.2\ fois$$

PARTIE 2 : Filtre passe-bande (U2C) [24].

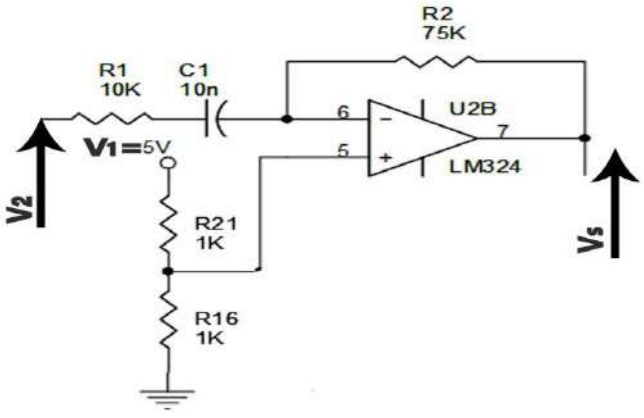


$$T(j\omega) = \frac{1}{1 + j(\frac{L}{R11}\omega - \frac{1}{R11.C2.\omega})}$$

Quand : ω=0 ➔ T (ωj)=0

Ω= ∞ ➔ T (ωj)=0

Donc le filtre est passe-bande.



PARTIE 2: Amplificateur (U2D)

$V12 = V1 \times \frac{R2}{R1+R2}$ Et $V13 = \frac{V2.R4+Vs.R3}{R4+R3}$, (R1➔R21,

R2➔R16, R3➔R1, R4➔ R2)

$$V1.\frac{R2}{R1+R2} = \frac{V2.R4 + Vs.R3}{R4+R3}$$

$$V1.\frac{R2}{R1+R2} - V2.\frac{R4}{R3+R4} = Vs.\frac{R3}{R3+R4}$$

$$\frac{Vs}{V2} = \frac{(\frac{a}{V2} - \frac{R4}{R3+R4})}{\frac{R3}{R3+R4}}$$ Tell que $a = V1.\frac{R2}{R2+R1}$

$$\frac{Vs}{V2} = 8\ fois$$

5.3. ARDUINO (programme) :

Arduino est une entreprise open source, utilisé comme unité de traitement, une société de logiciels et de projets informatiques et une communauté d'utilisateurs qui conçoit et fabrique des kits de microcontrôleurs pour construire des appareils numériques et des objets interactifs capables de détecter et de contrôler des objets dans le monde physique.

Un programme pour Arduino peut être écrit dans matlabe C++ etc…… de programmation pour un compilateur qui produit un code machine binaire pour le processeur cible. Atmel fournit un environnement de développement pour leurs microcontrôleurs, AVR Studio et le nouvel Atmel Studio.



Figure 5.4.Carte Arduino

Un schéma Arduino C / C ++ minimal, tel que vu par le programmeur IDE Arduino, se compose de deux fonctions seulement :

- Setup : Cette fonction est appelée une fois lorsqu'une esquisse démarre après la mise sous tension ou la réinitialisation. Il est utilisé pour initialiser les variables, les modes de broches d'entrée et de sortie et les autres bibliothèques nécessaires dans l'esquisse.
- Loop : Une fois la configuration appelée, la boucle de fonction est exécutée plusieurs fois dans le programme principal. Il contrôle la carte jusqu'à ce que la carte soit mise hors tension ou réinitialisée

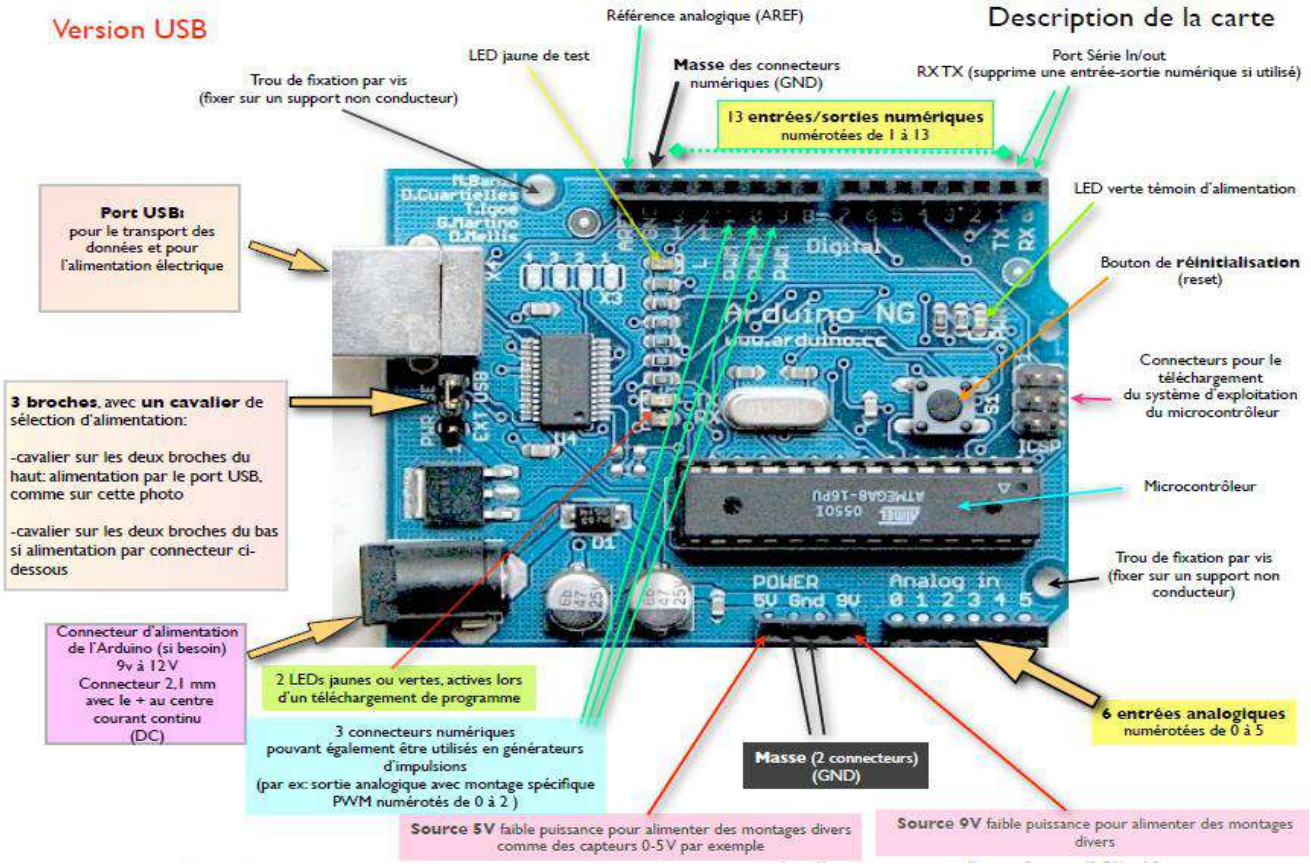


Figure 5.5.Data Sheth d'Arduino

5.4. Variateur de vitesse :

Un système de variation de vitesse en continu est adopté afin d'éviter des chocs sur les lames coupantes montées sur l'arbre par utilisation d'un variateur de vitesse $50 \leq N \leq 480$tr/min

Arduino donne un signal au variateur de vitesse pour soit augmenter la vitesse ou la diminuer selon le besoin.

5.5. La simulation :

5.5.1. Définition de simulation :

La simulation informatique ou numérique désigne l'exécution d'un programme informatique sur un ordinateur ou réseau en vue de simuler un phénomène physique réel et complexe (par exemple : chute d'un corps sur un support mou, résistance d'une plateforme pétrolière à la houle, fatigue d'un matériau sous sollicitation vibratoire, usure d'un roulement à billes…). Les simulations numériques scientifiques reposent sur la mise en œuvre de modèles théoriques utilisant souvent la technique des éléments finis. Elles sont donc une adaptation aux moyens numériques de la modélisation mathématique, et servent à étudier le fonctionnement et les propriétés d'un système modélisé ainsi qu'à en prédire son évolution.

Dans notre cas on va simuler le montage générale de système, à l'aide de programme ISIS PROTEUS on va monter les différents pièces et le câblage met entre eux puis à l'aide de logiciel ARDUINO on va programmer la carte arduino pour faire les étapes nécessaire pour un bon fonctionnement de système.

5.5.2. ISIS PROTEUS :

Proteus est une suite logicielle destinée à l'électronique. Développé par la société (Labcenter Electronics), les logiciels incluent dans Proteus permettent la CAO dans le domaine électronique.

La suite de conception de Proteus est une application de Windows pour la capture schématique, la simulation, et la conception de disposition de PCB.

La capture schématique dans le Proteus Design Suite est utilisée à la fois pour la simulation de dessins et la phase de conception d'un projet de mise en page de PCB. C'est donc un composant de base et est inclus avec toutes les configurations de produit.

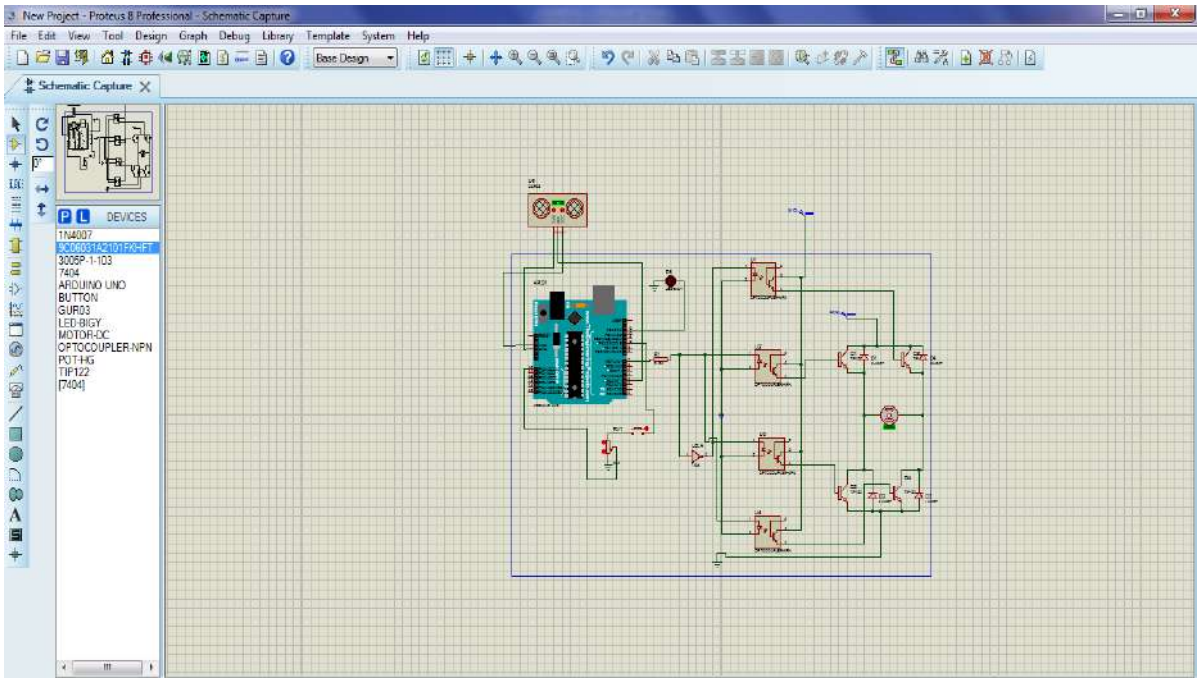


Figure 5.6.Schéma de câblage avec ISUS proteus

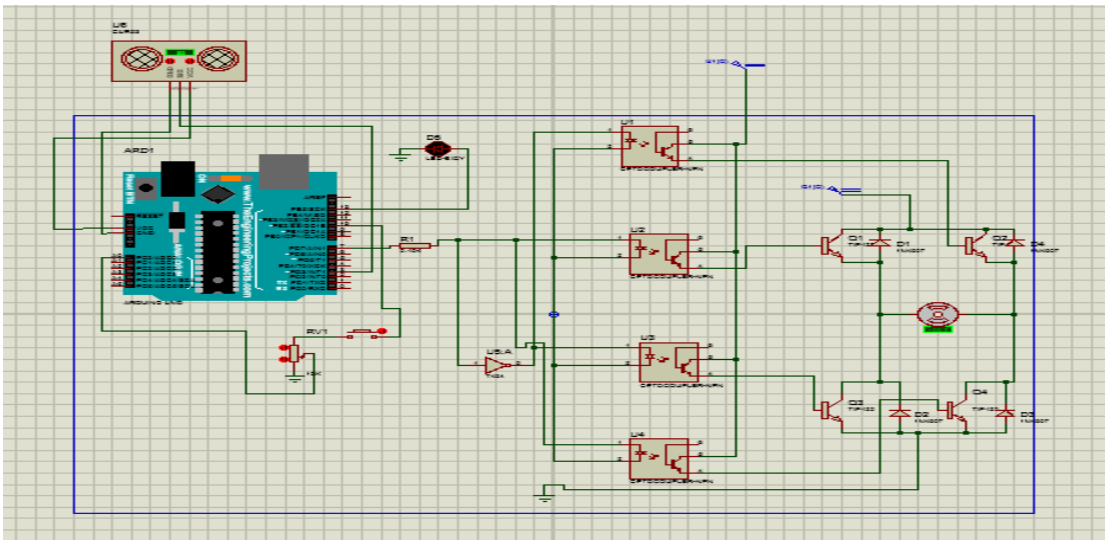


Figure 5.7. Zoom du Schéma de câblage avec ISUS proteus

Schéma bloc (fonctionnelle) :

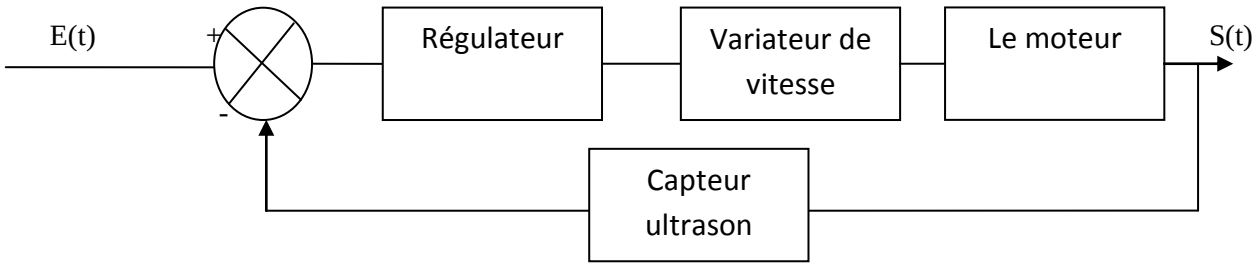


Figure5.8. Schéma bloc de système

5.6. Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons touché à la partie contrôle de la machine et nous avons utilisé arduino en tant qu'unité de traitement du capteur ultrason et du variateur de vitesse.
ISUS proteus est utilisé pour dessiner le schéma de câblage correspondent, en rapport avec la chaine de régulation de la figure.5.8.

Conclusion générale

Conclusion générale :

Il a été question dans ce travail de concevoir et de dimensionner les éléments d'un mini broyeur domestique qui transforme les résidus alimentaires en engrais organiques pour la fertilisation de la terre.

Ce mini broyeur installé dans la cuisine pourra alimenter en engrais le jardin de la maison familiale.

L'outil de conception utilisé est Solidworks et pour la partie commande Arduino est retenu comme unité de traitement, un capteur ultrason a été adapter pour les mesures du niveau de déchets reçus

Il est recommandé comme complément de travail de réaliser ce projet en fabriquant la machine.

On pourra éventuellement, insérer un système de séchage mécanique après l'opération d'essorage.

Les références

[1] (AND) **A**gence **N**ationale des **D**échets (en Algérien)

[2] https://fr.wikipedia.org/wiki/Compostage_(biologie)

[3] "Etat de l'environnement wallon 2000. L'environnement wallon à L'aube du XXIe siècle», Ministère de la Région wallonne. A consulter sur le site : http://environnement.wallonie.be

[4] HAMROUCHE. G, " Situation des déchets en Algérie" (2003) http://WWW.algéria-watch.de/Fr/mrv rap/ onu. rapport.htm

[5] CHERIET .K, " Les résidus urbains du grand Alger et le réaménagement de la décharge de Oued-Smar", Projet de fin d'étude, école nationale polytechnique (Alger), 1995.

[6] SYCTOM 2000-2004, " Traitement et valorisation des déchets ménagers" (2000-2004) http: // w.w.w.SYCTOM.fr

[7] Sabbas. T et al. "Management of municipal solidwasteincinerationresidues". Waste Management, Pergamon, vol23. pp.61-88. (2003)

[8] FURIE. C, FERRA. C, MEDORI. P, DEVAUX. J, HEMPTINNE. J-L. Ecologie. "Approche scientifique et pratique". 5e édition. Pp. 358-359. (2003)

[9] Robert Gillet. "Traité de gestion des déchets solides" 1er Volume. Copenhague (1985)

[10] CLAUDE Faurie, CHRISTINE Ferra, PAUL Médorie, JEAN Dévaux, JEANLouisHemptinne. "Ecologie Approche scientifique et pratique". 5eme édition. Pp. 343-349. (2003)

[11] technique de l'ingénieur. "Traité Environnement".. G 2020 pp.17-18. (2003)

[12] Liliane Elsen. "Les plans départementaux d'élimination des déchets ménagers et assimilés".: Gestion des déchets ménagers et assimilés : données techniques et coûts. Octobre 1999. Pp. IV 22 – IV 23. (1999)

[13] version PDF (Acrobat Reader) disponible sur www.recyc-quebec.gouv.qc.ca

[14] coefficient de frottement entre matériaux en contact

[15] brassrference book 16,de la compagnie Drummond Mishra S., Parker J.C., Singhal N., 1989, Estimation of soil hydraulic properties and their uncertainty from particle size distribution data Journal of Hydrology, Volume 108, 1989, Pages 1-18

[16.17.18.19.20] P. Arlabosse Pénétration model for contact drying of agitated sewage sludge. *Chemical Engineering Transactions*, 2005, 7(2): p. 701-706. Cite par Bérengère LÉGER ÉCOLE DOCTORALE DES SCIENCES PHYSIQUES DE L'INGENIEUR Soutenue le 19 Décembre 2008, **L'UNIVERSITÉ BORDEAUX 1,** N° d'ordre : 3756

[21] E.U. Schlünder Heat transfert to packed and stirred beds from the surface of immersed bodies. *Chemical Engineering and Processing* 1984, 18: p. 31-53. cite par Dalila DJERROUD ,Le 07 juillet 2010 ,DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ DE TOULOUSE. Titre MODÉLISATION MARKOVIENNE DU SÉCHAGE CONTINU PAR CONTACT AVEC AGITATION

« Making a better HC-SR04 Echo Locator » « Emil'sproject »/www.uglyduck.ath.cx

[22] Making a better HC-SR04 Echo Locator » « Emil'sproject »/www.uglyduck.ath.cx

[23] « Simple Distance MeasuringDevice »
« Samuel_Alexander »/www.instructables.com

[24] « Filtrage antiparasite dans les circuits électroniques » de « Francis CHAUVET »