

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République algérienne démocratique et populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
جامعة عين تموشنت بلحاج بوشعيب
Université –Ain Temouchent- Belhadj Bouchaib
Faculté des Sciences et de Technologie
Département d'Electrotechnique



Dans le cadre de l'arrêté ministériel 1275
« Un diplôme, une startup »
Projet de Fin d'Etudes
Pour l'obtention du diplôme de Master
Domaine : Science et Technologie
Filière : Electrotechnique
Spécialité : Electromécanique
Thème :

Machine automatique de compost BIO COMPOST

Présenté Par :

- 1) Mr ABDELHAKEM KORIDAK Abdelmalek
- 2) HADJ MOHAMED BOUCHKARA amine
- 3) Melle BOUZIANI Amira

Devant le jury composé de :

Dr AISSOU Massinissa	MCA U.A.T (Ain Temouchent) Président
Dr BENAZZZA	MCB U.A.T (Ain Temouchent) Examineur
Dr BENOSMAN Mourad	MCB U.A.T (Ain Temouchent) Examineur
Dr MECIRDI Nor-eddine	MCB U.A.T (Ain Temouchent) Encadrant
Dr BEMMOUSSAT Chemseddine	MCB U.A.T (Ain Temouchent) Encadrant

Année Universitaire 2022/2023

Remerciements

Avant tout, nous adressons nos remerciements à **ALLAH**, le Tout Puissant pour la volonté, la santé et la patience que nous a donnée durant toutes ces années d'études et pour la réalisation de ce travail que nous espérons être utiles.

Nous exprimons nos profondes et sincères gratitudees à **Mr.MECIRDI Nor eddine** et **Mr. BEMMOUSSAT** Chems Eddine qui a accepté de nous encadrer, Leur gentillesse, leur sérieux et leur sens des responsabilités nous ont été un encouragement précieux.. Ils n'ont jamais hésité, malgré leurs nombreux engagements, à l'avoir à notre disposition, depuis le tout début de nos travaux.

Nous tenons à dire en particulier un grand merci pour les membres qui se trouvent au Laboratoire de notre université pour la coopération et la sympathie qu'ils nous ont toujours montré.

Nous tenons également à remercier infiniment les membres de jury, le président **Dr AISSOU Massinissa** nos examinateurs **Dr BENAZZA Baghdadi** et **Dr BENOSMAN Mourad** , veuillez accepter dans ce travail notre sincère respect et notre profonde reconnaissance.

Enfin, un remerciement éternel à nos parents, nos frères, ainsi qu'à toute nos familles et tous nos amis et nous remercions tous ceux qui ont contribué de près ou de loin.

Dédicace :

Je dédie ce modeste travail :

A mes chers parents

Dont leurs mérites leurs sacrifices, leurs qualités humaines m'ont permis de vivre ce jour. Les mots me manquent pour exprimer toute la reconnaissance, la fierté et le profond amour que nous vous portons pour les sacrifices qu'ils ont consenti pour ma réussite, qu'ils trouvent ici le témoignage de mon attachement ma reconnaissance, gratitude et respect, que dieu leur préservent bonne santé et longue vie. Tous mes sentiments de reconnaissance pour vous.

وأسأل الله العليّ القدير أن يمدّ أُمّي بالصحة و السعادة و العمر المديد و أن يتغمّد أبي برحمته الواسعة و يجعله من أهل الجنة و يحشره مع المتقين و الصديقين و الشهداء و الصالحين و حسن أولائك رفيقا

A mes frère & mes sœurs

Je vous remercie pour le soutien moral et l'encouragement que vous m'avez accordé .Je vous souhaite tout le bonheur que vous méritez.

A tous mes chères

Que je ne pourrais nommer de peur d'en oublier notre attachement et mes affections les plus Sincères. A mes ami(e)s de l'entreprise **SFM** A tous ceux qui ont su m'apporter aide et soutien aux moments propices.

Les personnes que j'ai passé de bons moments et particulièrement et qui sont toujours là pour moi et que je souhaite tous le bonheur du monde Ainsi que tous mes enseignants durant tous mon cursus. Et a toutes les personnes que j'aime et ceux qui m'aiment

ABDELMALEK

Dédicace :

Je dédie ce modeste travail :

A mes chers parents

Dont leurs mérites leurs sacrifices, leurs qualités humaines m'ont permis de vivre ce jour. Les mots me manquent pour exprimer toute la reconnaissance, la fierté et le profond amour que nous vous portons pour les sacrifices qu'ils ont consenti pour ma réussite, qu'ils trouvent ici le témoignage de mon attachement ma reconnaissance, gratitude et respect, que dieu leur préservent bonne santé et longue vie. Tous mes sentiments de reconnaissance pour vous. Je demande à dieu le tout puissant de vous accorder la santé, le bonheur et une longue vie et faire en sorte que jamais je ne vous déçoive.

A mon frère & mes sœurs

Que ce travail soit l'expression de ma profonde affection. Je vous remercie pour le soutien moral et l'encouragement que vous m'avez accordé. Je vous souhaite tout le bonheur que vous méritez.

A tous mes chères

Que je ne pourrais nommer de peur d'en oublier notre attachement et mes affections les plus Sincères. A mes ami(e)s A tous ceux qui ont su m'apporter aide et soutien aux moments propices.

Les personnes que j'ai passé de bons moments et particulièrement et qui sont toujours là pour moi et que je souhaite tous le bonheur du monde Ainsi que tous mes enseignants durant tous mon cursus. Et a toutes les personnes que j'aime et ceux qui m'aiment

AMINE HMB

SOMMAIRE

Chapitre 01 : Le compostage.....	1
1. Introduction générale :.....	1
1.1 Les déchets en Algérie :	1
1.2 Avenues de valorisation :	2
1.3 Matière résiduelle organique :	2
2 Technologiedecompostage :.....	3
2.1 Le compostage :.....	4
2.2 Le compostage aérobic :.....	4
3 Les facteur influencent le compostage aérobic :.....	5
3.1 Aération :.....	5
3.2 Température :.....	5
3.3 Élément nutritifs :.....	5
3.4 Humidité :.....	6
3.5 Tampon PH :.....	6
4 Les processus de compostage aérobic :.....	6
4.1 Phase mésophile :	6
4.2 phases thermophiles :	7
4.3 Phase de refroidissement :	7
4.3.1 Etape de maturation :.....	7
4.4 Méthode utilisée :	8
4.5 Hygiénisation :.....	8
5 Les propriété physico-chimique de la matière :.....	8
6 Le compost.....	9
Chapitre 02 :Bio composteur	10
1 Cahier des charges :.....	10
1.1 la taille de la machine l'exterieur:.....	11
1.2 la formule de la machine a l'interieur :.....	11
1.3 Température initial et maximal :.....	11
1.4 Nombre de toure par minute du moteur :	11
1.5 Temps de cycle de marche du moteur :	11

1.6	Forme et nombre de pales tournante :	12
2	Les principales caractéristiques de la machine :	12
2.1	Le système d'entraînement de la machine.....	12
2.2	Couple de rotation :	12
3	Choix des moteurs :	14
4	Type de transmission de mouvement moteur vers l'axe :	15
4.1	Un réducteur de vitesse par engrenage :	15
4.1.1	Rapport de réduction (Transmission) :	16
4.1.2	Rendement:	16
4.2	4.2 Poulies et courroies:	16
4.2.1	La poulies et courroies trapézoïdales crantées :	16
5	Choix de type des roulements :	18
5.1	Roulements à billes radiaux :	19
6	Paliers roulements-inserts SKF Gamme UC :	19
6.1	Les caractéristiques et avantages :	20
7	Calcul de transmission :	21
7.1	Moto-reducteur:	21
7.2	Moto-reducteur vers l'axe principale (malaxeur):	21
7.3	Le diamètre de poulie :	22
7.4	La section de courroie :	23
7.5	La vitesse linéaire de courroie :	24
7.6	CHOIX DE LA LARGEUR DES COURROIES :	25
8	la commande du moteur :	27
8.1	La commande scalaire et vectorielle :	27
8.2	Commande vectorielle à flux rotorique orienté :	27
9	Automatisations du système :	28
9.1	Automate programmable industrielle (API) seimense :	28
9.2	Description des différentes parties :	29
9.2.1	La Partie Commande :	29
9.2.2	La partie Relation (PR)	31
10	La maintenance :	32
	Chapitre 03 :Réalisation	33
1	Les étapes de réalisation de la machine :	33
2	Le cylindre :	33

3	L'installation de l'arbre de mélange :	34
4	Installation des roulements et des palier :	35
4.1	Paliers roulements-inserts SKF FY 508 M :	35
4.1.1	Dimensions.....	35
4.1.2	Caractéristiques et avantages.....	35
5	Le moteur a courant continue :	36
6	Type de transmission moteur-axe de mélange :	37
6.1	Les avantages des accouplements élastiques :	38
7	la commande du moteur :	38
7.1	Réglage par la tension d'induit :	38
8	Le système d'automatisation de la machine :	40
8.1	Le système Arduino :	40
8.2	les capteurs :	41
8.2.1	Capteur DHT11.....	41
8.2.2	Les relais :	41
8.3	La mise sous tension et hors tension :	43

Liste des figures

FIGURE 1-1: COMPOSITION DES DECHETS (DMA) EN 2019 [1].....	1
FIGURE 1-2: CLASSIFICATION DE DIFFERENTES AVENUES DE VALORISATION. [2].....	2
FIGURE 1-3: LES DECHETS ORGANIQUES REFERENCE.....	3
FIGURE 1-4: COMPOSTAGE [3]	4
FIGURE 1-5: REPRESENTE L'OPERATION DE COMPOSTAGE AEROBIE RAPIDE.....	8
FIGURE 1-6: PRODUIT FINALE DE COMPOSTAGE (COMPOST).....	9
FIGURE 2-1: LA TAILLE DE LA MACHINE.....	10
FIGURE 2-2: LES PRINCIPALES COMPOSANT DE LA MACHINE A L'INTERIEUR.....	11
Figure 2-3 : système d'entraînement de la machine.....	12
FIGURE 2-4: MOTEUR ASYNCHRONE A CAGE [5].....	14
FIGURE 2-5: MOTEUR ASYNCHRONE ABB 1,5 KW [30].....	14
FIGURE 2-6: LE REDUCTEUR DE VITESSE [7].....	15
FIGURE 2-7: COURROIES TRAPEZOÏDALES CRANTEES [12].....	17
FIGURE 2-8: LES ROULEMENT [13].....	18
FIGURE 2-9: ROULEMENTS A BILLES CONTACTS RADIAUX [14].....	19
FIGURE 2-10: PALIERS ROULEMENTS-INSERTS SKF GAMME UC [16].....	20
FIGURE 2-11: CARACTERISTIQUES DES COURROIES CRANTEES [9].....	21
FIGURE 2-12: SCHEMA DE PRINCIPE DE LA COMMANDE VECTORIELLE INDIRECTE [18].....	27
FIGURE 2-13: VARIATEUR DE VITESSE SCHNIEDER ATV 310 1,5 KW [19].....	28
FIGURE 2-14: STRUCTURE D'UN SYSTEME AUTOMATISE [20].....	29
FIGURE 2-15: AUTOMATE PROGRAMMABLE INDUSTRIELLE SAIMENS SIMATIC S7-1200 [22]...	30
FIGURE 2-16: LES PRE-ACTIONNEURS [23].....	31
FIGURE 3-1: CYLINDRE DU COMPOSTEUR.....	33
FIGURE 3-2: LE PROTOTYPE.....	33
FIGURE 3-3 : L'ARBRE DE MELENGE	34
FIGURE 3-4: LES PALETES DE MELENGE.....	34
FIGURE 3- 5: PALIERS ROULEMENTS-INSERTS FY 508 M.....	36
FIGURE 3- 6: MOTEUR A COURAN CONTINUE [30].....	37
FIGURE 3- 7: ACCOUPLEMENT ELASTIQUE EN TORSION.....	38
FIGURE 3- 8: LA CARTE ARDUINO UNO [33].....	40
FIGURE 3- 9: CAPTEUR DE TEMPERATURE ET D'HUMIDITE DHT11 PINOUT, DATASHEET [34]....	41
FIGURE 10: ARDUINO MODULE RELAIS DC 5V DATASHEET [33].....	42
Figure 3-11: Le système d'automatisation de lamachine.....	42

Liste des tableaux

TABLEAU 1-1 : LE RAPPORT C/N [4].....	5
TABLE 2-1:LA DENSITE DES DECHETS ORGANIQUE [32].....	13
TABLE2- 2:AVANTAGES ET INCONVEIENTS DE COURROIE [11].....	17
TABLE2- 3:DIMENSION DES PRINCIPALES COURROIES CRANTEES [9].....	17
TABLE2- 4:NOMBRE DES DENTS DES POULIES POUR CHAQUE LARGEUR [9].....	18
TABLE 2-5:FACTEUR DE SERVICE S [17].....	23
TABLE2- 6:CHOIX DE LA LARGEUR DE LA COURROIE [9].....	27

Liste des graphes

Graphe 1-1 : Les processus de compostage aérobic.....	7
Graphe2-1:Lorganigramempuissances transmissibles des courroies crantées[9].....	24
Graphe 2-2 : puissance de base des courroies crantées. [9].....	25
Graphe 3-1: Caractéristique de réglage par la tension d'induit [32].....	39

1.1 Les déchets en Algérie :

D'après une étude récente réalisée par le ministère de l'environnement, la quantité des déchets ménagers et assimilés (DMA) en Algérie, estimée à 13 millions de tonnes en 2018, devra dépasser les 20 millions de tonnes en 2035. Les Algériens jettent chaque année 11 millions de tonnes de déchets ménagers et assimilés (DMA), les chiffres publiés par l'agence nationale de gestion des déchets. Seulement 10% de cette énorme quantité est recyclée sachant qu'une tonne de papier recyclée est l'équivalent de 1.41 tonne de bois économie, tandis qu'une tonne de plastique recyclée représente l'économie de 650 kg de pétrole brut.

En Algérie, la gestion des déchets organique a été un défi important ces dernières années. Les déchets organique comprennent les restes de nourriture, les déchets agricoles, les résidus de transformation alimentaire, etc.

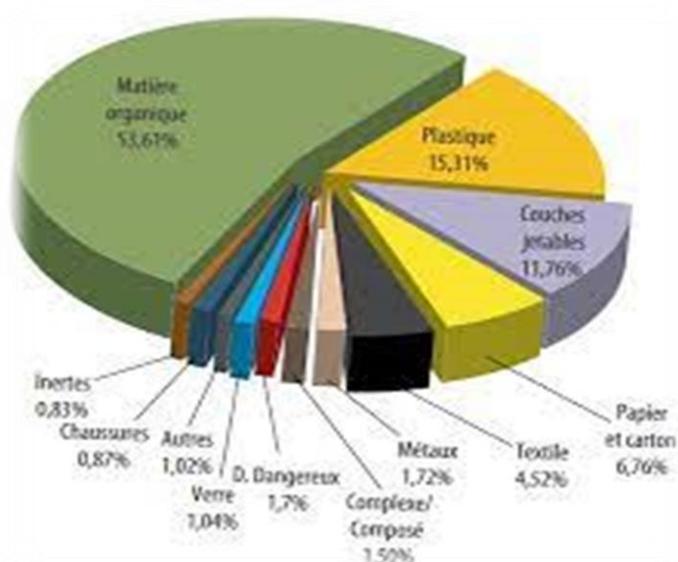


Figure 1-1 : Composition des déchets (DMA) en 2019 [1]

La plupart des déchets organiques en Algérie sont généralement mélangés avec d'autres déchets, ce qui rend leur séparation et leur traitement spécifique plus difficile. Cependant, des efforts ont été déployés pour améliorer la gestion des déchets organique dans le pays.

Dans certaine région d'Algérie, des initiatives de compostage domestique ont été mises en place pour encourager les citoyens à composter leurs déchets organiques à domicile. Le

compostage permet de transformer les déchets organiques en compost riche en nutriment, qui peut être utilisé comme engrais dans les jardins et les cultures. [1]

1.2 Avenues de valorisation :

La valorisation des déchets est une attitude positive plus économique, plus responsable qui œuvre dans le but de la protection de l'environnement et la santé de l'homme. De nos jours les déchets constituent un produit qu'il faut exploiter au mieux afin d'en tirer le meilleur profit. Il existe de nombreuses avenues de valorisation de la matière organique.

Valorisation énergétique : Incinération, captage de biogaz de sites d'enfouissement, gazéification, production de bioéthanol, bio méthanisation.

Valorisation de la matière : bio méthanisation, compostage. [2]

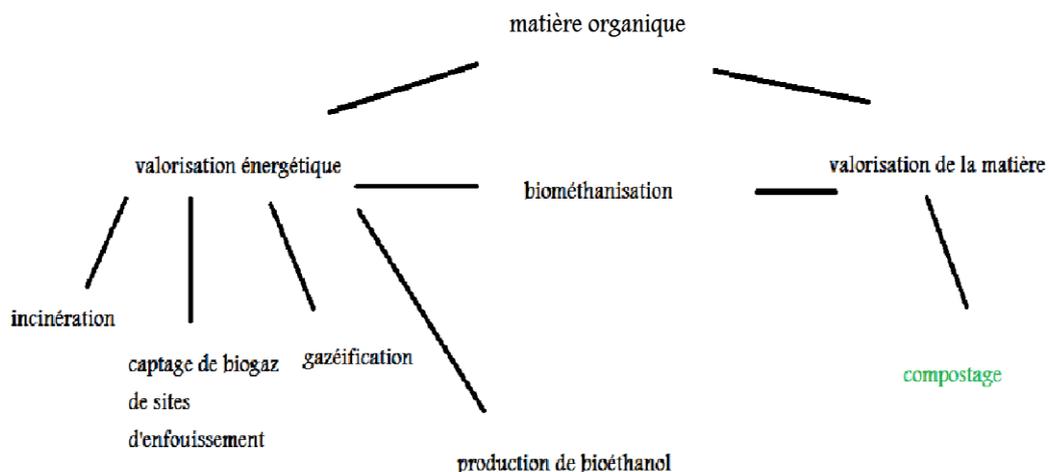


Figure 1-2 : Classification de différentes avenues de valorisation. [2]

1.3 Matière résiduelle organique :

Les matières organiques sont constituées des résidus alimentaires et verts qui comprennent les résidus des activités de jardinage ainsi que les feuilles et les branches, de papier et carton, de bois ainsi que des boues issues du traitement des eaux usées, des eaux de production et des activités de désencrage des usines de pâtes et papiers. La matière organique (abrégée MO) est

la matière fabrique par les être vivants (végétaux, animaux...). La matière organique est composée essentiellement de carbone, hydrogène, oxygène.

A cette date, 16 projets de traitement des matières organique par bio méthanisation ou compostage, présente par des municipalités locales, MRC, régies inter municipales ou entreprise privées de neuf régions, sont soutenus dans le cadre du PTMOBC. ils représentent des investissements de l'ordre de 1 G\$. Onze d'entre eux sont déjà en exploitation. Une vingtaine d'avant-projet déjà reconnus admissible, représente des investissements additionnels de 300 M\$, devraient avoir lieu au cours des prochaines années. Laide financiers offerte sera bonifiée pour tous le nouveau projet qui seront approuves. [2]



Figure 1-3 : Les déchets organiques Référence

2 Technologie de compostage :

Avec l'évolution démographique et l'urbanisation croissante dans les pays en développement (PED), la quantité de déchets urbains produit ne cesse d'augmenter, ce qui préoccupe fortement les responsables locaux et les habitants, de plus en plus conscients des risques associés. Plusieurs initiatives de compostage ont été menées dans les villes des PED car il constitue une voie intéressante pour le traitement de la fraction organique des déchets

ménagers. Il permet en outre la valorisation de ces matières organique en matières fertilisants. Il existe une vaste gamme de technologie, méthode et expérience en compostage dans le PED. L'enjeu est de pouvoir définir la technologie la mieux appropriée a petite, moyenne et grande échelle en permet en prenant en compte les aspects sociaux et économiques locaux. [2]

2.1 Le compostage :

C'est le procédé de transformation, mis en place dans des conditions contrôlées, qui va permettre l'obtention du compost. Le compostage est lune des principales voies de valorisation de la fraction organique.

Comme nous lavons motionne précédemment, il existe de nombreuses technique de compostage mais pour obtenir un compost de bonne qualité, il est nécessaire de vérifie les caractéristique de chaque technique, et c'est ce que nous avons fait. Nous avons choisi une des techniques, et pour y parvenir, nous doit passe par l'étape la plus importante qui est le tri des déchets. [3]



Figure 1-4 : Compostage [3]

2.2 Le compostage aérobie :

Est un processus biologique assurant la décomposition des constituants organique animaux et végétaux en un produit stable riche en compose humique par dégradation de matières organique en présence d'oxygène. Nous préparons un environnement idéal pour le microorganisme. [2]

3 Les facteurs influencent le compostage aérobie :

3.1 Aération :

Le compostage nécessite de grandes quantités d'oxygène, en particulier au début. Aération est la source d'oxygène pour une croissance des micro-organismes aérobie, lorsque l'apport en oxygène pour une croissance de micro-organisme est limitée ce qui conduit à une décomposition lente, son rôle consiste à réduire la chaleur et se débarrasser des gaz indésirables. Par conséquent, une bonne aération est essentielle pour une fertilisation efficace.

3.2 Température :

Lors du mécanisme de compostage, nous constatons que les températures sont séparées en deux phases : mésophile et thermophile. Pendant la première étape la température qui convient le mieux pour ce processus est de 20 à 45, après cela, les organismes thermophiles interviennent dans les étapes ultérieures, et la température entre 50 et 70 est idéale. Les températures élevées sont caractérisées par le compostage aérobie et sont des indications d'un besoin bactérien significatif.

3.3 Éléments nutritifs :

Rapport C/N qui est un facteur capital, interne. Le rapport C/N idéal pour le compostage est de 30/1, si ces éléments sont bio disponibles (ce n'est pas le cas de certains composants du bois par exemple). Les micro-organismes utilisent le carbone pour leur production d'énergie et l'azote est utilisé pour leur production d'acide aminé et des protéines. La consommation microbienne de l'azote et du carbone entraîne une diminution du rapport C/N lors de la décomposition des déchets.

Si le C/N est plus grand que 40, la croissance des micro-organismes est limitée, ce qui signifie un temps de fécondation plus long. Un rapport C/N plus bas que 20 engendre également une diminution de l'utilisation de l'azote [4].

Tableau 1-1 : Le rapport C/N [4].

Matière	C/N
Feuille morte	20 à 50
Ordures ménagères brute	15 à 25
Fanes de pomme de terre	26

- *Equation de rapport C/N du mélange*

$$R_m = (n_1 \times R_1 + n_2 \times R_2) / (n_1 + n_2)$$

- **R_m**=Rapport C/N du mélange
- **R₁**=Rapport C/N de composant 1
- **R₂**=Rapport C/N de composant 2
- **n₁**=Quantité de composant 1
- **n₂**=Quantité de composant 2

3.4 Humidité :

Le teneur en eau des déchets mis à composté conditionne l'activité des micro-organismes, elle est essentiel au métabolisme des ces micro-organisme. Le compost doit contenir une teneur en humidité 40 à 65 pourcent.

Il est recommande de démarrer le substrat avec une teneur en humidité de 50 à 60 pourcent , à la fin du processus, d'atteindre une teneur en humidité de 30 pourcent

3.5 Tampon PH :

Etant donne que l'effet tampon naturel du compostage permet aux matières d'être utilisés dans une large gamme de ph, il ne doit dépasser le 8. Parce que lorsque le PH augmente, plus d'ammoniac est générer qui perdu dans l'atmosphère. [4].

4 Les processus de compostage aérobie :

L'analyse des déchets est l'obtention d'un compost sain et exempt du tout problème exposant l'environnement à des dangers doivent passer par plusieurs étapes délicats. Le processus de compostage ne serait pas qualifié de réussi s'il n'était pas passé par ces étapes important. Un compostage qui ne passe pas par ces étapes ce n'est pas un compostage. [2].

4.1 Phase mésophile :

Dans cette phase la température s'élève progressivement à cause de l'activité et de la croissance du micro-organisme mésophile. Cette phase consiste des températures moyenne à 10 jusqu'à 45 cela consiste à se débarrasser de tout ce qui pathogène (champignon, bactérie) et même grains de mauvaise herbe [2].

4.2 phases thermophiles :

Activité des microorganismes thermophile qui prennent la relève, la température augmente à 60 et 70. Cette étape de compostage actif nécessite des températures plus élevées de 65 jusqu'à 80, et l'élimine totalement les pathogènes. C'est une phase complémentaire de la première phase, ce qui veut dire qu'il élimine totalement la phase mésophile.

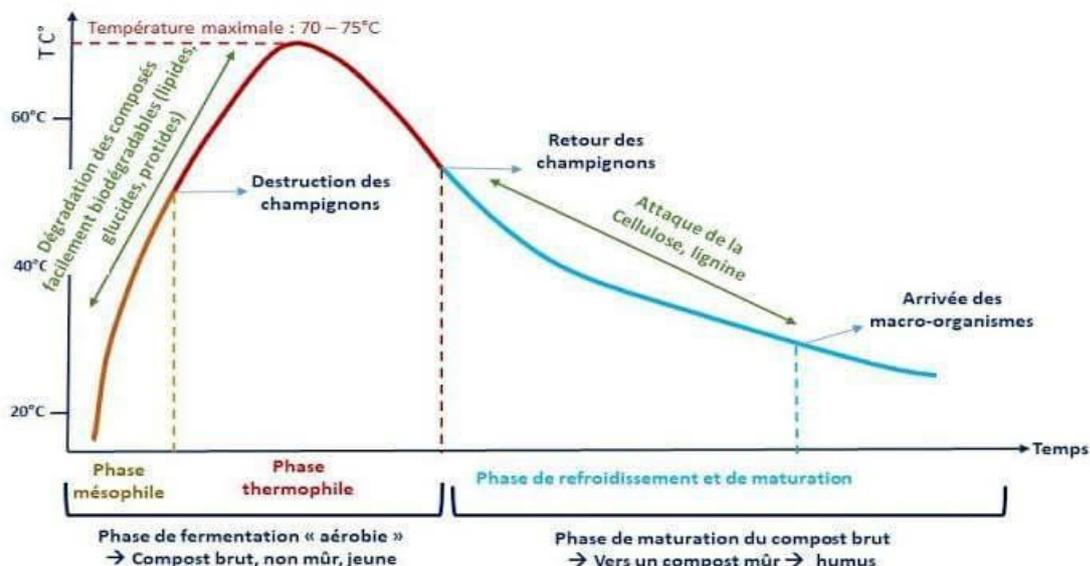
4.3 Phase de refroidissement :

La température diminue et devient favorable au micro-organisme mésophile et aux champignons, c'est une étape de maturation de compost.

4.3.1 Etape de maturation :

Au cours de cette phase, la température est en dessous de 30 et les bactéries laissent majoritairement place aux champignons, qui stabilisent les matières organiques.

C'est l'étape que le processus passe naturellement. Pour accélérer le travail et améliorer la qualité du compost, et pour cela, nous avons décidé dans un premier temps de nous débarrasser des bactéries pathogènes présentes dans les déchets organiques. Méthode de traitement thermique, et ce-ci à travers les deux premières phases mésophile et thermophile, après cela nous laissons cette bactérie terminer son travail naturellement à partir de l'analyse, mais à chaque fois que la température monte à 80, nous la diminuons [2].



Graphique 1-1 : Les processus de compostage aérobie

4.4 Méthode utilisée :

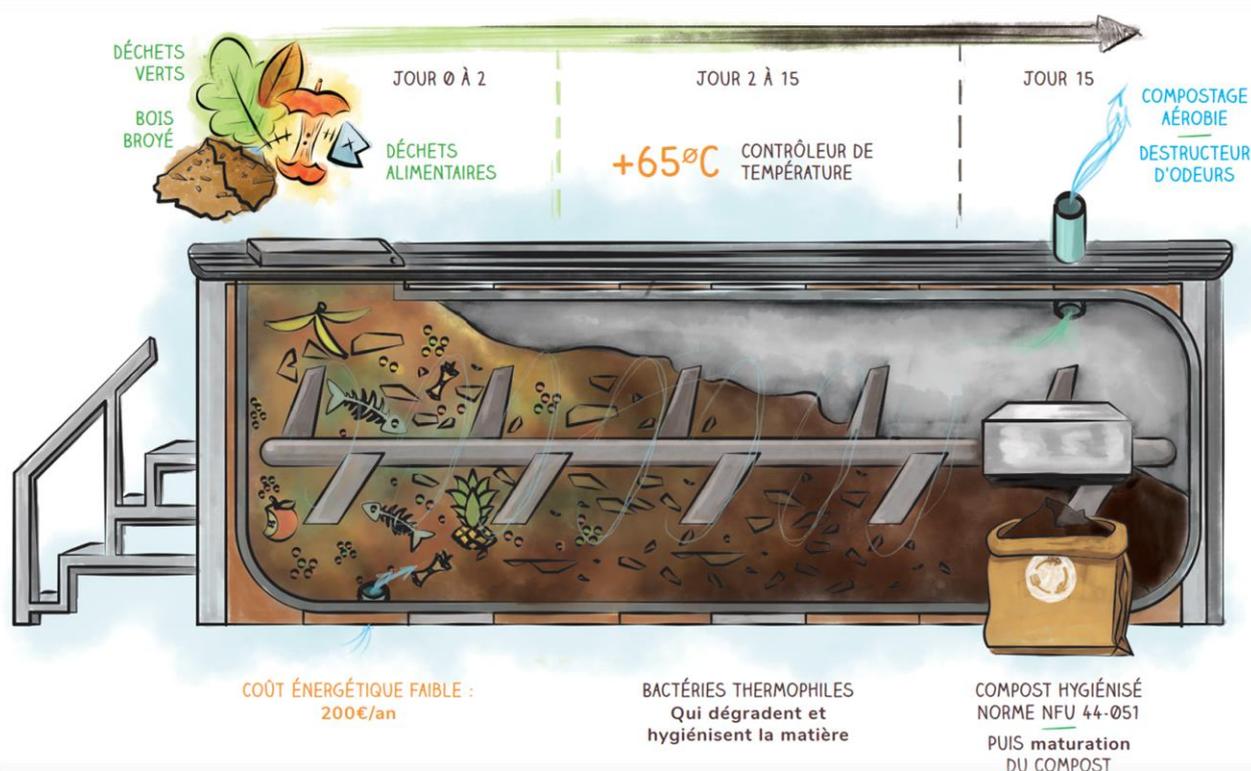


Figure 1-5 : Représente l'opération de compostage aérobie rapide.

4.5 Hygiénisation :

Il existe plusieurs méthodes pour éliminer les micro-organismes pathogènes présents dans le compost, l'hygiénisation par la chaleur demeure la méthode la plus répandue et la plus largement acceptée pour la destruction de ces organismes. La montée de la température et la compétition microbienne permettent l'hygiénisation du produit composté par une destruction des microorganismes pathogènes. Une température de plus de 56 peut être permise d'éliminer 99% des E. coli et coliformes fécaux. Pour l'élimination totale des pathogènes la température représente environ 70 à 80 pour 30 min [2].

5 Les propriétés physico-chimiques de la matière :

Les caractéristiques physico-chimiques de la matière mise en compostage ou de la matière organique traitée peuvent donner des indices sur la maturité du compost ou sa qualité. Les paramètres généralement utilisés sont le carbone et l'azote organique, le pH, la conductivité électrique, la masse volumique, le rapport C/N, le macronutriment (P, K, Na, Fe.), les coliformes fécaux ainsi que le rapport de demande biochimique en oxygène/demande chimique en oxygène.

Il existe aussi plusieurs paramètres qui font varier la qualité du compost que l'on produit. Généralement l'autre s'entend sur l'importance du type de matière première utilisée pour produire un compost de qualité [2].

6 Le compost

Engrais formé par le mélange fermenté de débris organique avec des minéraux. Le compost doit avoir une texture proche de celle du terreau, c'est-à-dire moyennement friable et non compact. Il ne faut plus pouvoir identifier tel ou tel déchet, tout doit être décomposé, sans morceaux apparents.

Le compost a une teneur élevée en matière organique et peut facilement augmenter le niveau de matière organique dans les sols. Il en résulte une meilleure stabilité structurale du sol, une meilleure capacité de rétention d'eau et un taux d'infiltration plus élevé, ainsi qu'une capacité d'échange cationique.



Figure 1-6 : Produit finale de compostage (compost)

Cahier des charges :

Notre machine a compost est conçu pour être montrable est démontable est ceci a fin de permet la maintenance et l'interchangeabilité de ces composent mécanique et électrique

1.1 la taille de la machine l'extérieur:

Le composteur électromécanique est de dimensions 4,8 x 1,5 x 2 m , et d'un volume de 4 m³, et d'une capacité de 55 KG muni d'un écran numérique de contrôle et des capteur de températures et de humidité

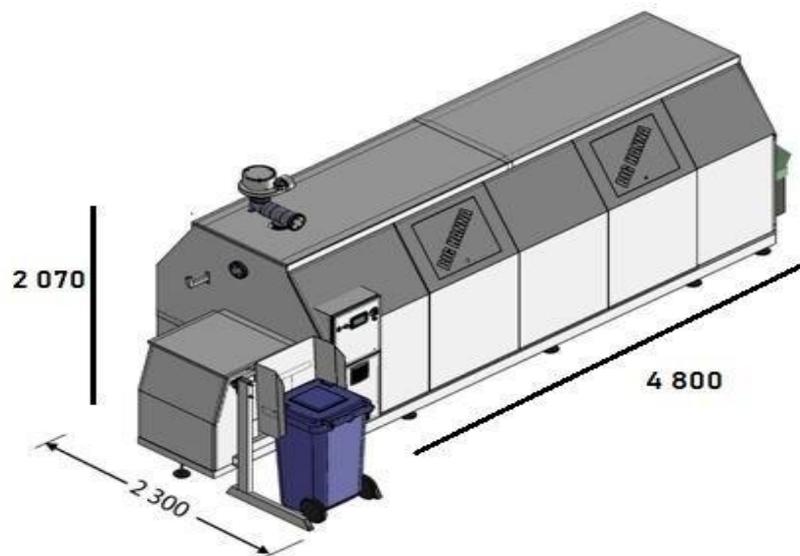


Figure 2-1 : La taille de la machine

1.2 la formule de la machine a l'intérieur :

La formule de la machine a l'intérieur est constituée par des composant principale qui permet de préparer le composte d'une façon automatique et rapide

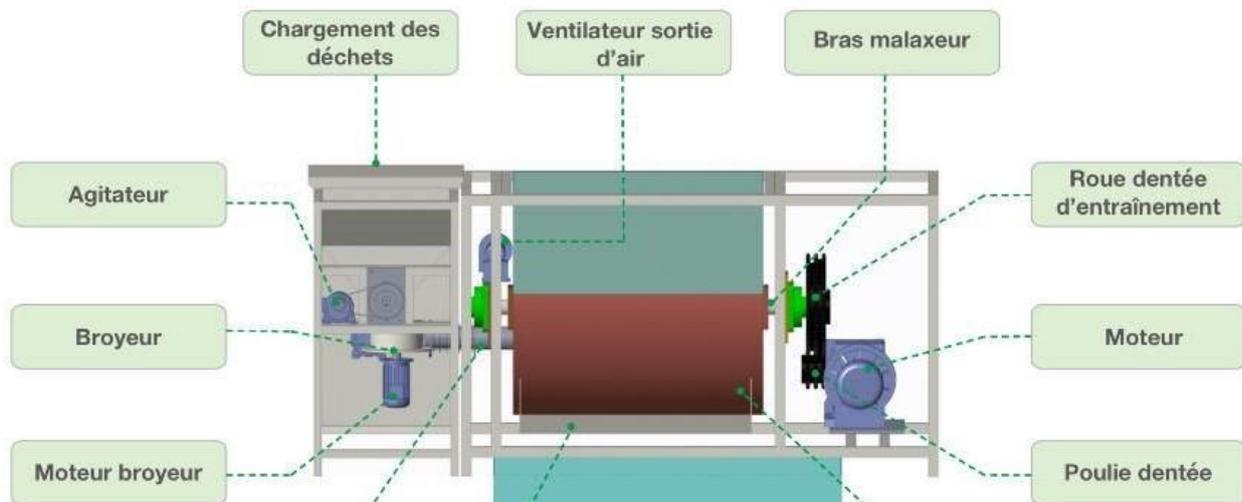


Figure 2-2 : les principales composant de la machine a l'interieur

1.3 Température initial et maximal :

La température entre 50 °C a 70 °C (voire la chapitre 01) est idéal pour un compostage aerobie.les température élevées sont caractérisées par le compostage aérobie et sont des indications d'une besogne bactérienne significative aux temps dans les deux premières phases.

1.4 Nombre de toure par minute du moteur :

Le nombre de toure par minute du moteur est de (25Tr/min) (Voire chapitre 01) qui a pour fonction de brasser lesdéchets alimentaire sur les parois intérieures du cylindre de composteur pour une compostage aérobie.

1.5 Temps de cycle de marche du moteur :

les pales brassent la matière et assurent son oxygénation lorsque la température dépasse 80 °C (Voire chapitre 01) de manière à optimiser le travail des bactéries naturellement présentes dans les biodéchets. De l'air est extraient permanence pour permettre une bonnerespiration des bactéries et une isolation garde le tout bien au chaud.

1.6 Forme et nombre de pales tournantes :

le nombre des pales tournantes est de 8 pales assemblée sur l'arbre tournant

2 Les principales caractéristiques de la machine :

2.1 Le système d'entraînement de la machine

Le système d'entraînement de notre machine de compost est constituée par deux parties (menée et menante) qui assure le traitement durable de la matière organique

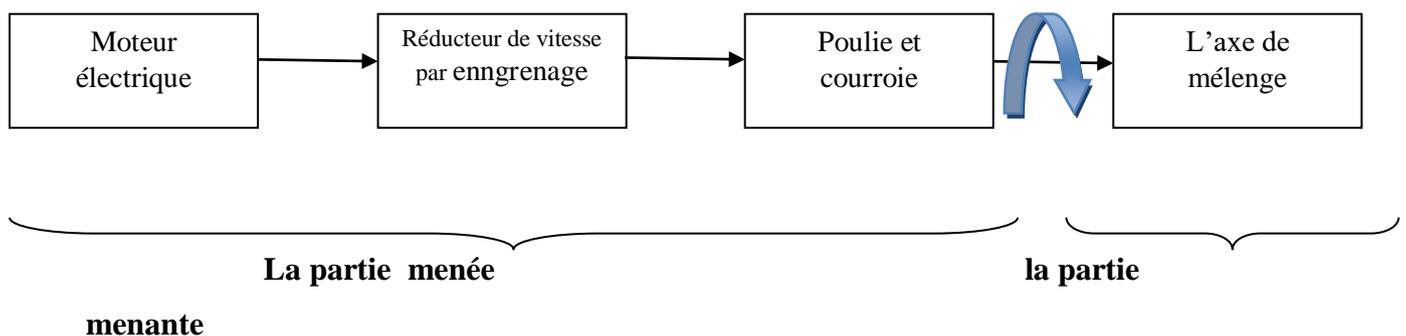


Figure 2-3 : système d'entraînement de la machine

2.2 Couple de rotation :

Pour assurer l'entraînement idéal de la matière organique par le malaxeur sans problème, il est nécessaire de connaître le couple résistant de notre composteur.

La puissance motrice du composteur P_c doit être inférieure ou égale à la puissance de sortie par la transmission P_u .

⇒ le couple résistant du composteur C_r aussi doit être inférieur ou égal au couple fourni par le système de transmission C_D , ce qui implique que [36] $C_r \leq C_D$ (1)

- $P_c = C_r \times W$ (2)
- $C_r = F \times d \Rightarrow F = M_t \times g$ (3)
- $M_t = m_1 + m_2$ (4)

M_t : la masse totale (les déchets organiques m_1 + l'axe de mélange m_2) (Kg)

F : la force (N)

$$\bullet \quad \rho \frac{m_1}{v} \quad \Rightarrow \quad m_1 = \rho \times v \quad (5)$$

- m_1 : La masse des déchet organique (Kg)
- v : Le volume qu'il occupe dans le composteur (m^3)
- ρ : Densité (Kg/m^3)

Tbleau 2-1 : La densité des dechets organique [37]

Types of material	Minimum densities in (kg/m3)	Maximum densities in (kg/m3)
Branches	120	180
Crushed branches	230	330
Fresh lawn	350	500
Fresh mixed waste (branches and grass) not ground	250	300
Fresh mixed waste (branches and grass) ground	350	450
Old grass in a bucket	550	700
Dead leaves	300	400
Fresh green grass	350	450
Hay (dry grass)	120	180
Dry grass	180	250
Dry restaurant waste	500	600
Wet restaurant waste (washing)	850	1000
Horse manure (fresh)	150	220
Horse manure (old)	400	500

- $C_r = M_t \times g \times d \quad (6)$
- Par conséquent, $C_r = (m_2 + \rho.V) \times g \times d \quad (7)$
- M_t : la masse totale (l'axe de mélange + les déchet organique) (Kg)
- g : la gravité (m/s)
- d : la distance (m)

Selon l'équation « (1)et(6) », la puissance du moteur électrique pour entraîner l'axe de mélange est déterminée par l'équation suivante:

$$P_m = \frac{N_D \times C_r}{\eta \times 9550} \quad (8)$$

η : le rendement de transmission

3 Choix des moteurs :

Le moteur asynchrone triphasé est largement utilisé dans l'industrie, sa simplicité de construction, Il est peu coûteux, on le fabrique en grande série. Il est robuste et son entretien est très limité. Il est constitué d'une partie fixe, le stator qui comporte le bobinage, et d'une partie rotative, le rotor qui est bobiné en cage d'écurieil.

Les circuits magnétiques du rotor et du stator sont constitués d'un empilage de fines tôles métalliques pour éviter la circulation de courants de Foucault. [8]

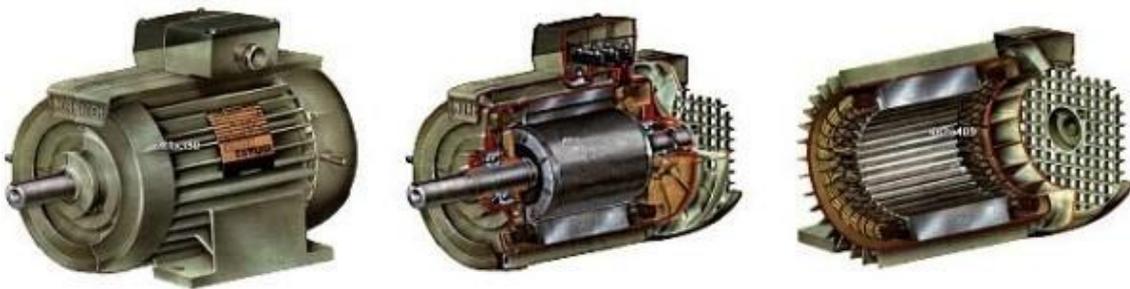


Figure 2-4 : moteur asynchrone a cage[10]

- MOTEUR ÉLECTRIQUE ASYNCHRON TRIPHASÉ :
- tension : 400/690 V IP55 fréquence : 50/60 Hz
- Poids : 25 kg In : 3,65 A Le couple : 9,87 Nm
- Puissance nominale en kW : 1,5 Vitesse : 1500 tr/min , 4 pôles



Figure 2-5 : Moteur asynchrone ABB 1,5 KW [35]

4 Type de transmission de mouvement moteur vers l'axe :

La transmission du moteur vers l'axe de malaxer est effectuée par deux système :

- un réducteur de vitesse par engrenage
- poulies et courroies

4.1 Un réducteur de vitesse par engrenage :

Un réducteur est un dispositif mécanique utilisé pour réduire la vitesse de rotation et élève le couple d'un moteur ou d'une source de puissance. Il est souvent utilisé dans les machines et les équipements industriels pour adapter la vitesse de sortie à une application spécifique.

Le réducteur est composé d'engrenages qui interagissent pour transférer le mouvement de rotation .

C'est la solution la plus répandue dans l'industrie car :

- il assure une sécurité cinématique, car il ne peut pas se produire de glissement ;
- la résistance aux efforts est très importante avec une très bonne fiabilité ;
- la puissance transmise par unité de masse est la plus forte obtenue parmi toutes les solutions : avec plus de précision, en engrenage réalisé avec des aciers de cémentation, trempe et rectification,
- l'est très réduit ;
- le rendement mécanique est très voisin de l'unité dans le cas d'une bonne fabrication ($\eta = 0,96$ à $0,99$) ; [12]

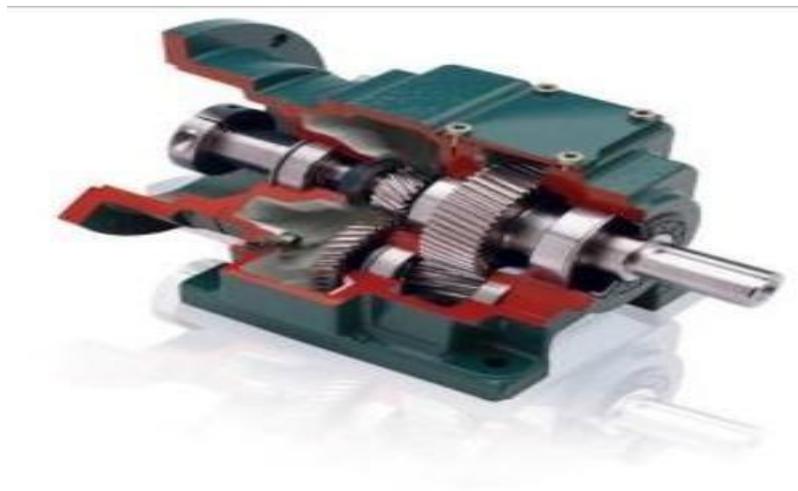


Figure2-6: Le réducteur de vitesse [11].

4.1.1 Rapport de réduction (Transmission) :

L'emploi en réducteur d'un train d'engrenages a le plus souvent comme objectif une augmentation (adaptation) du couple en sortie. [10].

La puissance d'entrée est donnée par :

$$P_e = T_e \times W_e \quad (9)$$

$$R = \frac{N_2(\text{vitesse de sortie})}{N_1(\text{vitesse d'entrée})} = \frac{Z_1(\text{roue d'entrée})}{Z_2(\text{roue de sortie})} \quad (10)$$

4.1.2 Rendement:

$$\eta = \frac{P_s(\text{puissance de sortie})}{P_e(\text{puissance d'entrée})} \quad (11)$$

4.2 Poulies et courroies:

Le système à poulies-courroie permet de transmettre un mouvement de rotation à une distance plus ou moins importante. Silencieuses, elles sont surtout utilisées aux vitesses élevées avec de grands entraxes possibles entre poulies. La tension initiale des courroies est indispensable pour garantir l'adhérence et assurer la transmission du mouvement.

4.2.1 La poulies et courroies trapézoïdales crantées :

Les courroies trapézoïdales crantées sont les plus utilisées qui assure un transfert fiable de la puissance, une vitesse élevée et constante et un rendement d'environ 98% [10], cela sans lubrification (donc sans projection d'huile) sans vibration, sans usure des poulies, sans entretien

Tableau 2-2 : Avantages et inconvénients de courroie [15].

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> • Maintenance basse. • Longue durée de vie. • Propre et pas besoin de lubrification. • Silencieuse. 	<ul style="list-style-type: none"> • Coût élevé. • Introduire des composants normalisés dans la machine. • Système de transmission plus compliqué.

**Figure 2-7** : Courroies trapézoïdales crantées [16]**Tableau 2-3** : dimension des principales courroies crantées [13]

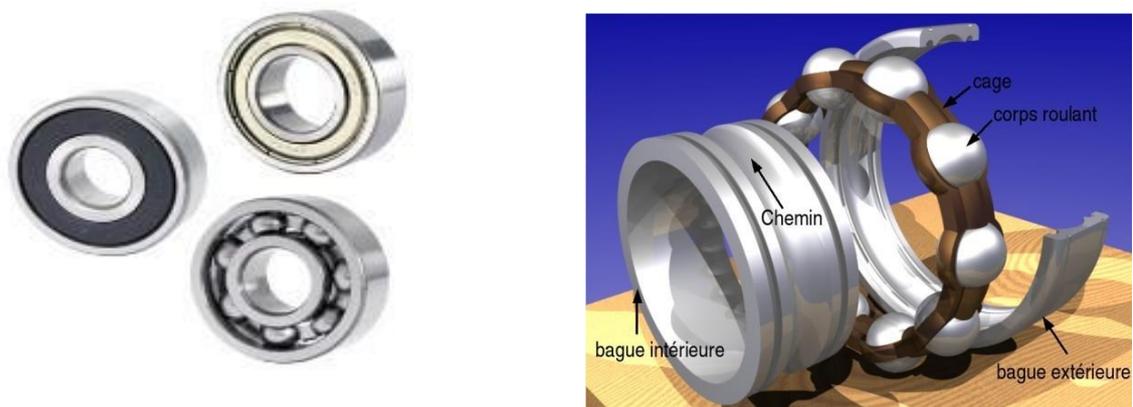
Dimensions des principales courroies crantées (NF ISO 5294 et 5296)						
Type	PAS P		H m	α de g	Nombre de dents Zc Longueur primitive courroie $L_p=p \cdot Z_c$	
	mm	Pouces (")				
XL (extre légère)	5,08	1/5 "	2,3	50	30 ,35,40,45,50,55,60,65,70,75,80,85 ,90, 95,100 ,105,110,115,120,125,130	0,508
L (Légère)	9,525	3/8"	3,6	40	33,40,50,56,60,64,68,72,76,80,86,92,98,1 04 ,112,120,128,136,144,160	0,762
H (Lourde)	12,70	1 / 2"	4,3	40	48, 54, 60, 66, 72, 78 ,84, 90, 96, 102, 108, 114, 120, 126 ,132, 140, 150, 160, 170, 180, 200, 220, 250, 280	1,372
XH (Extra lourde)	22 ,23	7/8"	11,2	40	58,64, 72, 80, 88, 96, 112, 128, 144 ,160, 176, 200	2,794
XXH (Extra extra renforcée)	31,75	1" 1/4	15,7	40	56, 64, 72, 80, 96 ,112, 128 ,144	3,048

Tableau 2-4 : Nombre des dents des poulies pour chaque largeur [13].

Nombre de dents des poulies (Z_d et ZD) pour chaque largeur de courroie (diamètre primitif poulie $D_p = \frac{p \times Z_d}{\pi}$)	
XL	10 à 72 dents (sauf 23 ,25 , 31, 33, 37, 50, 51, 53, 54 ,61 à 67)
L	10 à 57 dents (sauf 31, 37, 38, 39, 43, 46 ,51, 53, 54, 55) et 60 65 72 84 90 96 120
H	14 à 52 dents (sauf 31, 37 ,39, 41, 42, 43, 47, 51) et 58, 60, 70 ,72, 82, 84, 94, 96, 106 ,116, 118, 120, 150
XH	18 à 34 dents (sauf 23, 29, 31, 33 et 38, 40, 46, 58, 60, 70, 72 ,78, 80, 82, 84, 94, 96, 118, 120)
XXH	18, 19, 20, 21, 22, 24, 25, 26, 27, 30, 34, 40, 48, 60, 72, 90

5 Choix de type des roulements :

Les roulements est un dispositif destiné à guider un assemblage en rotation, c'est-à-dire à permettre à une pièce de tourner par rapport à une autre selon un axe de rotation défini.

**Figure2-8** :Les roulement [17] .

5.1 Roulements à billes radiaux :

Dans la gamme roulements à billes, les roulements à billes radiaux sont conçus pour supporter des charges radiales, axiales ou combinées, et ce, jusqu'à des vitesses de rotation élevées. La gamme standard est déclinée sur tout un panel d'options : type de cage, étanchéités, jeux, précisions, graisse... pour répondre à des besoins techniques particuliers :

- haute température.
- haute vitesse.
- isolation électrique.
- compensation de la dilation.
- anti-corrosion. [14].

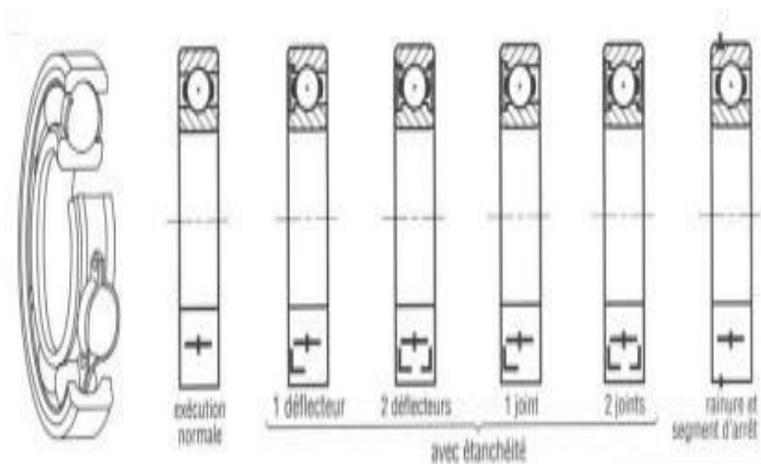


Figure2-9 : Roulements à billes contacts radiaux [18].

6 Paliers roulements-inserts SKF Gamme UC :

Les principales fonctions des roulements et des paliers sont de supporter et de centrer les arbres de machines, de diminuer la friction absorbée, et de transmettre les charges à différentes vitesses et températures de fonctionnement. Il y a avantage à les utiliser, car ils ont un coefficient de friction plus bas au démarrage d'un équipement. Ils sont compacts, extrêmement précis, ils s'usent moins vite que les coussinets et sont faciles à remplacer en vertu de leurs dimensions normalisées et des équipements disponibles [19].

6.1 Les caractéristiques et avantages :

SKF connaît les enjeux de productivité des machines et des usines et la nécessité de disposer d'équipements tournants performants. La gamme UC a été conçue pour fournir des performances fiables et réduire les arrêts-machines. Ses caractéristiques spécifiques peuvent faire la différence dans votre équipement :

- Interchangeable avec les paliers JIS
- Gamme complète
- Délais rapides avec stock local disponible
- Angle des vis de blocage de 120° pour un meilleur équilibrage à des vitesses élevées et une déformation moindre pendant le blocage
- Conception robuste pour réduire la pénétration de contaminants et les vibrations
- Meilleure résistance au lavage [20]

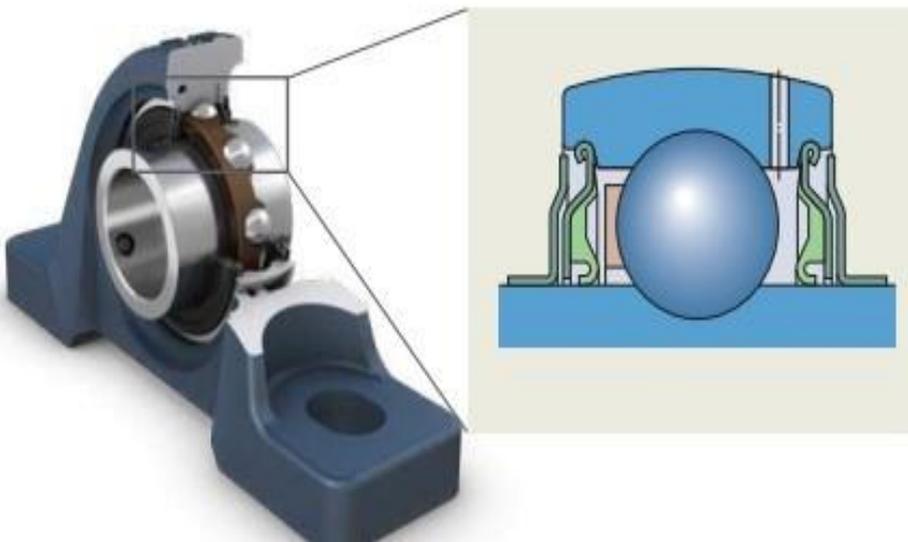


Figure 2-10 : Paliers roulements-inserts SKF Gamme UC [20]

7 Calcul de transmission :

7.1 Moto-reducteur:

$N_m = 1500$ (tr/min)

$$R = \frac{N_d}{N_m} = \frac{C_m}{C_d} \quad (12)$$

- $R = \frac{30}{1500} = 0,02$
- $C_d = \frac{C_m}{R} = \frac{9,87}{0,02}$
- $C_d = 493,5 \text{ Nm}$
- Un Reducteur de rapport = 0,02 qui fournier un couple de $C_d = 493,5 \text{ Nm}$

7.2 Moto-reducteur vers l'axe principale (malaxeur) :

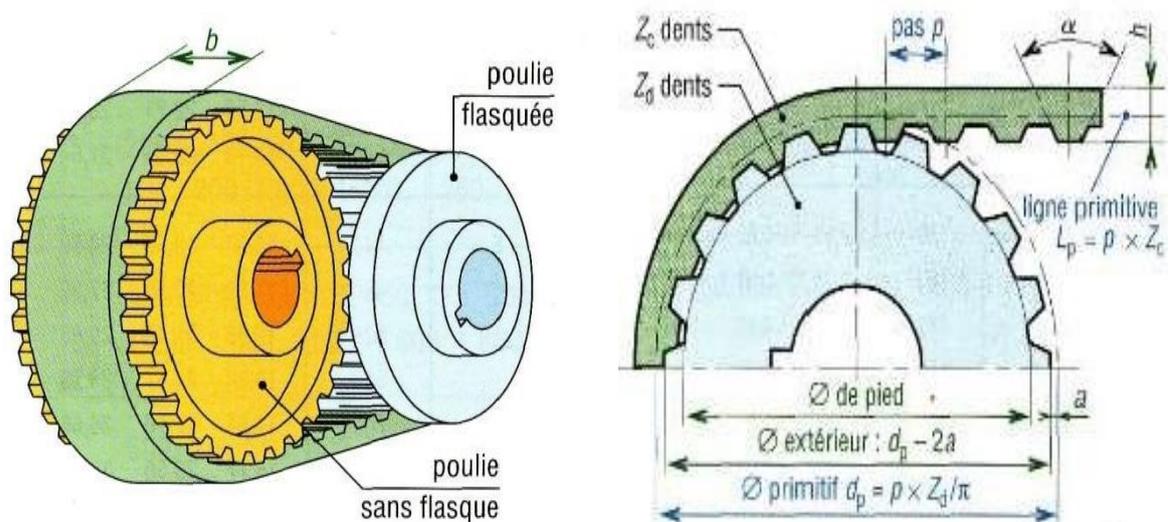


Figure 2-11 : Caractéristiques des courroies crantées[13].

D_p Diamètre primitif de la grande poulie (mm)	P_{nom} Puissance absorbée par lamachine(kW)
N_D Vitesse de la grande poulie (tr/min)	S Facteur de service
Z_d le nombre des dents la petit poulie (tr/min)	
Z_D le nombre des dents la grande poulie (tr/min)	
d_p Diamètre primitif de petite poulie (mm)	P_s Puissance de calcul (kW)
N_d Vitesse de la petite poulie (tr/min)	P_O Puissance transmissible
R Rapport de transmission	
V Vitesse linéaire des courroies (m/s)	θ_a Arc de contact des courroies
Entraxe réel (mm)	C_L Facteur de correction de longueur de courroie
a Entraxe souhaité (mm)	a' Facteur de correction
L_{th} Longueur primitive théorique de la courroie(mm)	ω_d et ω_D : vitesses en rad/s

7.3 Le diamètre de poulie :

- Calculer le rapport de transmission:

$$\frac{N_D}{N_d} = \frac{d_p}{D_p} = \frac{Z_d}{Z_D} = \frac{C_d}{C_D} \quad (13)$$

- **N_D** = 25 (tr/min) **C_d** = 493,5 Nm **N_d** = 30 (tr/min) **D** = 200 (mm)
- $R = \frac{25}{30} = 0,833$
- $d = \frac{200}{0,833} = 250$ (mm)
- $C_D = \frac{C_d}{R} = \frac{493,5}{0,833}$
- **C_D** = 592,43 Nm

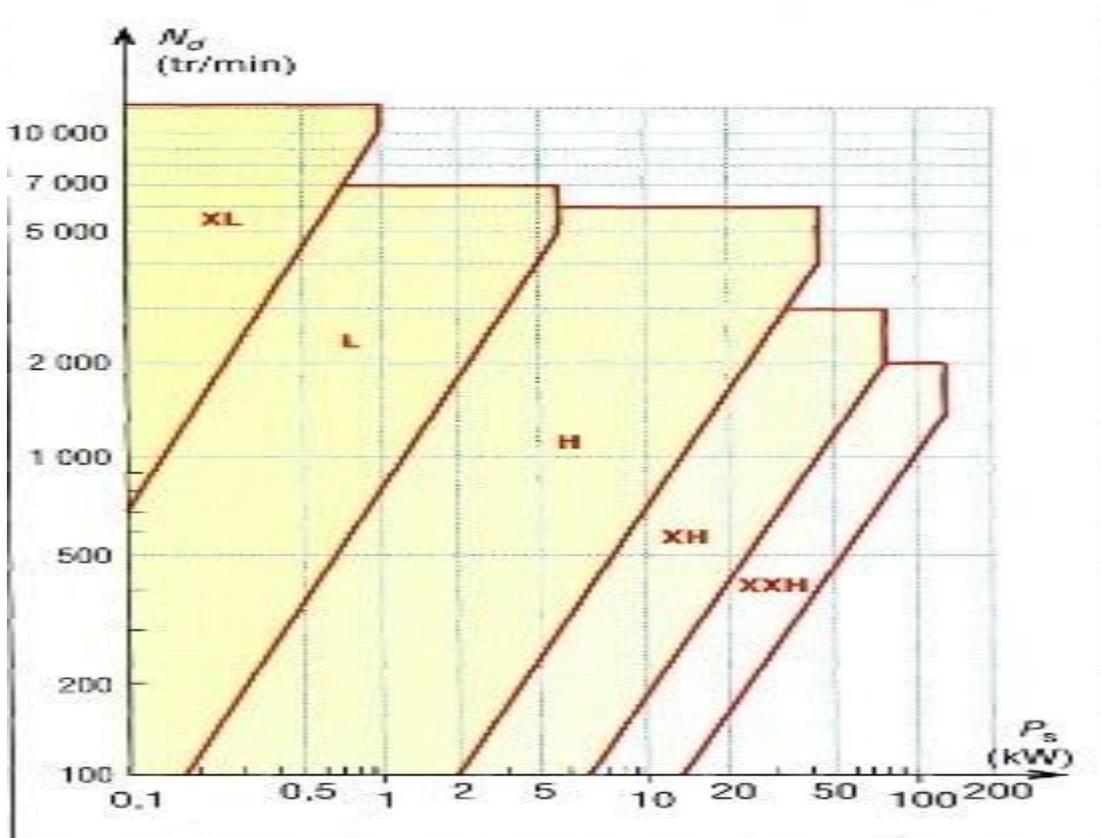
7.4 La section de courroie :

- Déterminer le facteur de service S par le tableau 2-4
- Calculer la puissance de calcul
- $P_s = P_{nom} \times S$

Tableau 2-5 : facteur de service S [21].

Facteurs de service S	8 heures/jour			16 heures/jour			24 heures/jour		
	Couple uniforme U	Couple variable V	Couple trèsvariable TV	Couple uniforme U	Couple variable V	Couple trèsvariable TV	Couple uniforme U	Couple variable V	Couple trèsvariable TV
Moteur électrique usuel couple de démarrage normal	1	1,12	1,25	1,12	1,25	1,40	1,18	1,30	1,50
Démarrages fréquents ou inversions de sens fréquentes	1,12	1,25	1,40	1,25	1,40	1,60	1,32	1,40	1,70
Moteur électrique à couple de démarrage élevé ou moteur synchrone. Moteur diesel à 1 ou 2 cylindres	1,18	1,32	1,50	1,32	1,50	1,70	1,40	1,60	1,80
Inversions de sens ou démarrages fréquents avec moteur à fort couple de démarrage	1,32	1,50	1,70	1,50	1,70	1,90	1,60	1,80	2

- On choisit la section de courroie en fonction de la puissance de calcul P_s et de la vitesse de la petite poulie



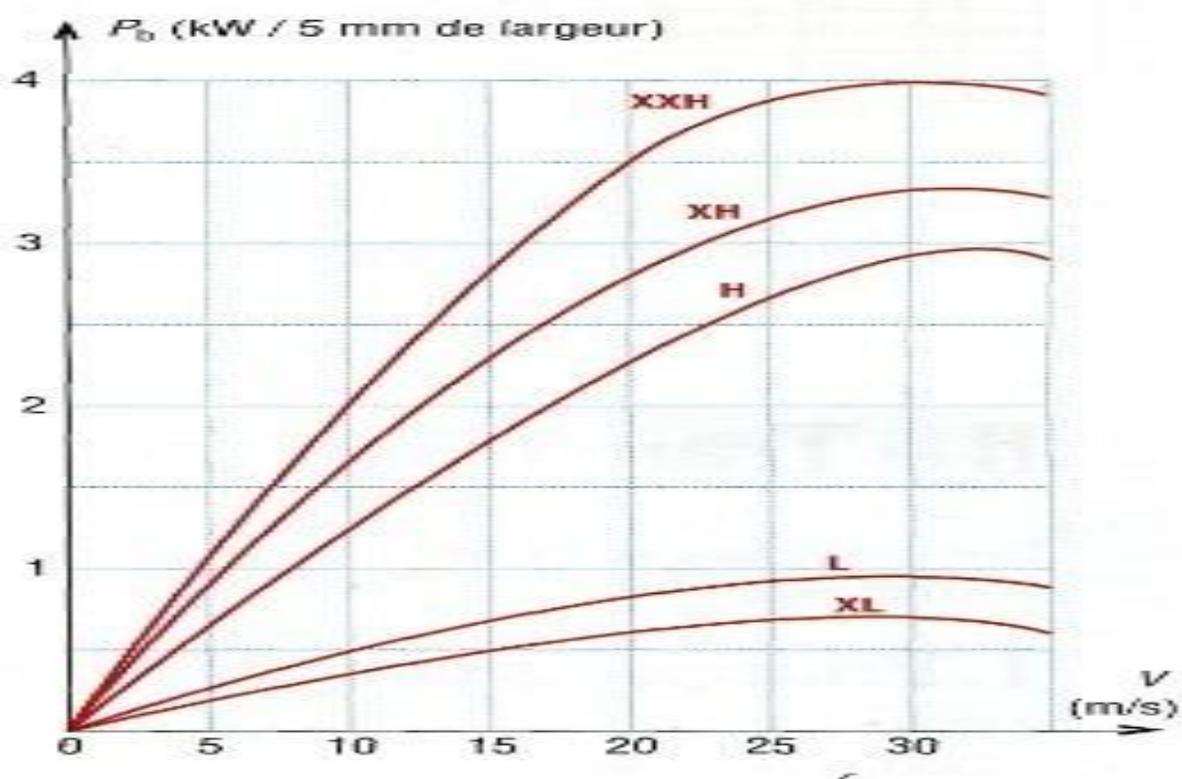
Graph 2-1 : Lorganigramme puissances transmissibles des courroies crantées. [13].

7.5 La vitesse linéaire de courroie :

$$\frac{N_d \times \pi \times Z_d}{60} \quad (13)$$

7.6 CHOIX DE LA LARGEUR DES COURROIES :

On trouve la Puissance de base (P_b) de la courroie par l'intermédiaire du graphe suivant :



Graphe 2-2 : puissance de base des courroies crantées. [13].

- Choix de la largeur de la courroie sachant que $P_b \cdot K_b \geq P_s$
- K_b coefficient correcteur fonction de la largeur des courroies (tableau ci-dessous):

Tableau 2-6 : Choix de la largeur de la courroie [13].

coefficient correcteur fonction de la largeur des courroies												
K_b	0,84	1,10	1,45	2,20	3,6	5,1	7,9	10,9	17,1	24,2	31,2	
b (mm)	6,4	7,9	9,5	12,7	19,1	25,4	38,1	50,8	76,2	101,6	127,0	
Type de courroie	XL	XL	XL	L	LetH	LetH	H	H,XH et XXH	H,XH et XXH	H,XH et XXH	XXH	
coefficient correcteur K_z												
Nombre de dent en prise (Z_p)					6	5	4	3	2			
K_z					1,0	0,8	0,6	0,4	0,2			

$$Z_{pr} = Z_d \times \left[0,5 - \frac{p(Z_D - Z_d)}{2\pi^2 \times d} \right]$$

Z_D : nombre de dents grand roue Z_d : nombre de dents petite roue a : entraxe et p : pas

- Les formules de calcul est tirée de Référence ‘‘ Transmissions par poulies et courroies - Sciences et Technologies ‘‘ [13].

- La commande de moteur ce fait par un variateur de vitesse schnieder ATV 310 1,5 KW



Figure 2-13 : variateur de vitesse schnieder ATV 310 1,5 KW
[23].

9 Automatisations du système :

Elle se compose de :

9.1 Automate programmable industrielle (API) seimense :

Un Système Automatisé est toujours composé d'une Partie Commande et d'une Partie Opérative. Pour faire fonctionner ce système, l'Opérateur (personne qui va faire fonctionner le système) va donner des consignes à la Partie Commande. Celle-ci va traduire ces consignes en ordres qui vont être exécutés par la Partie Opérative. Une fois les ordres accomplis, la Partie Opérative va le signaler à la Partie Commande (elle fait un compte-rendu) qui va à son tour le signaler à l'Opérateur. Ce dernier pourra donc dire que le travail a bien été réalisé. [24].

- Ils sont constitués de plusieurs parties plus ou moins complexes reliées entre elles que

l'opérateur

- Partie opérative (PO);
- Partie commande (PC);
- partie relation (pupitre de dialogue) [PR] [25].

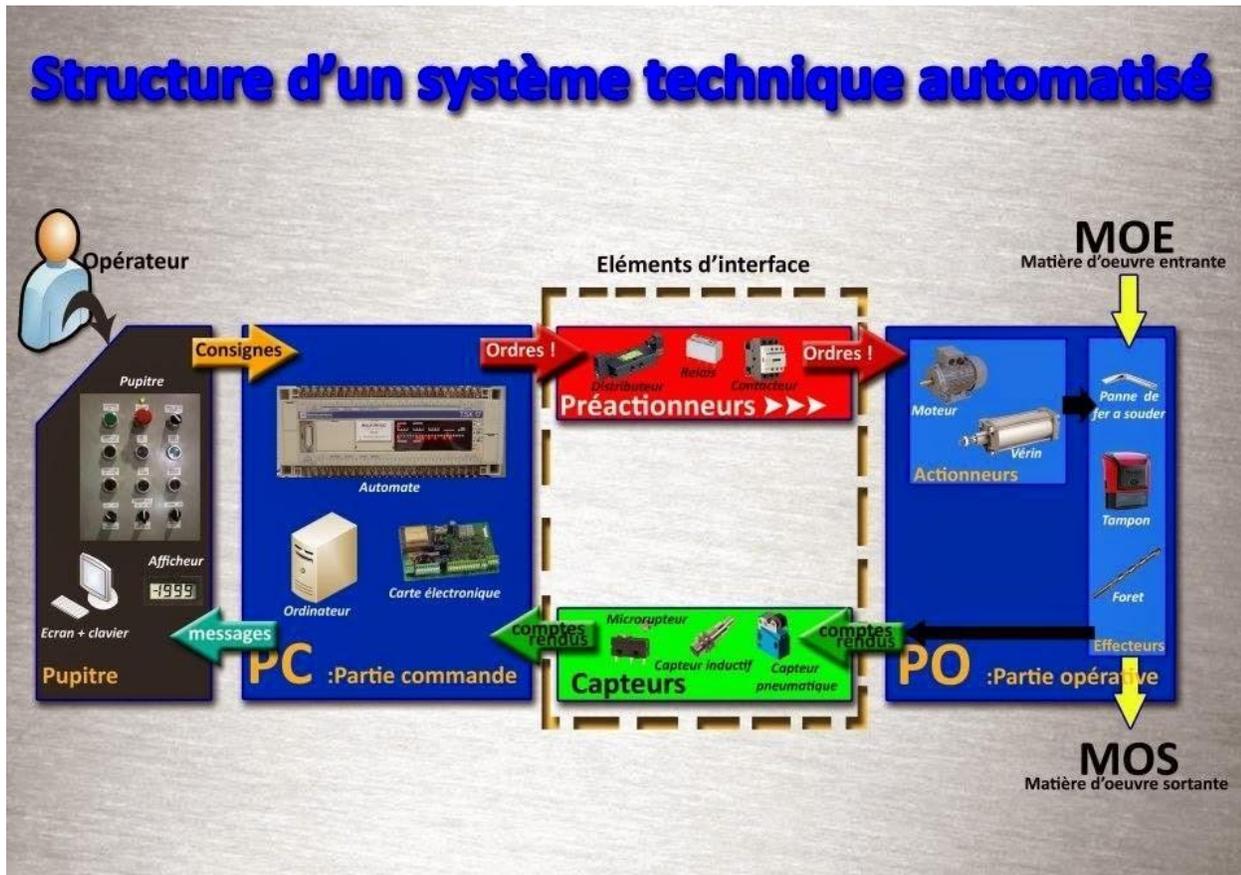


Figure 2-14 : structure d'un système Automatisé [24].

9.2 Description des différentes parties :

9.2.1 La Partie Commande :

C'est la partie qui gère le fonctionnement du Système Automatisé. Elle est en général composée d'un ordinateur qui contient dans ses mémoires un programme. Elle transmet les ordres aux actionneurs de la partie opérative à partir :

- du programme qu'elle contient (ladder)
- des informations reçues par les capteurs
- des consignes données par l'utilisateur ou par l'opérateur [25].

L'automate programmable saimens SIMATIC S7-1200 : c'est un ordinateur spécialisé de pilotage desystème automatisé de la machine



Figure 2-15 : Automate programmable industriellesaimens SIMATIC S7-1200 [27].

Elle comporte les éléments mécaniques du mécanisme avec :

- **des pré-actionneurs** sont des constituants qui assurent la distribution de l'énergie de puissance auxactionneurs à partir d'ordre de la partie commande , c'est l'interface entre la partie commande et la partie opérative [24].
- Un contacteur
- Un relais schneider
- Un variateur de vitesse Omron V1000
-



Figure 2-16 : les pré-actionneurs [27].

- **des actionneurs (moteurs)** qui ont pour rôle d'exécuter ces ordres. Ils transforment l'énergie Transforment l'énergie reçue en énergie utile (moteur) [25].

- **des capteurs :**

Transforment la variation des grandeurs physiques liée au fonctionnement de l'automatisme en signaux électriques [24]

Les capteurs utilisée est les suivant :

- Capteur d'humidité
- Capteur de température

Dans ce système automatisé de production, ce secteur de détection représente le service de surveillance et renseignement du machine Il contrôle, mesure, surveille et informe la PC sur l'évolution du système [25].

9.2.2 La partie Relation (PR)

Sa complexité et sa taille dépendent de l'importance du système. Il regroupe les différentes commandes nécessaires au bon fonctionnement du procédé [25] :

- Un écran numérique peut être connecter a l'automate programmable (API) Ce qui nous montre la température et l'humidité
- Comutateur Marche arrêt de la machine(mise en service)
- Bouton d'urgence
- Comutateur MAN/AUT

10 La maintenance :

La maintenance de la machine de compost est essentielle pour assurer son bon fonctionnement et sa durabilité. Voici quelques points importants à considérer dans la maintenance :

- **Nettoyage régulier** : Il est important de nettoyer la machine de compostage régulièrement pour éliminer

les résidus, les débris et les matières organiques accumulés. Cela évite les obstructions et assure une circulation d'air et d'humidité optimale.

- **Lubrification** : Certains éléments mécaniques de la machine peuvent nécessiter une lubrification régulière pour réduire l'usure et faciliter le mouvement des pièces en mouvement.

- **Inspection des pièces** : Effectuez des inspections régulières des différentes pièces de la machine pour repérer les signes d'usure, de corrosion ou de dommages.

- Vérifiez :

- les courroies,

- les poulies,

- les roulements, les moteursetc.

- Remplacez les pièces défectueuses ou endommagées dès que possible.

Ce chapitre est consacré à la présentation des techniques et procédures utilisées lors de la réalisation de notre prototype de machine à composte.

1 Les étapes de réalisation de la machine :



Figure 3-1 : Le prototype

2 Le cylindre :

- Le cylindre est de 640 mm de longueur et 300 mm de diamètre en acier inox qui comporte un volume de 45,216 m³ pour le prototype



Figure 3-2 : Cylindre du composteur

3 L'installation de l'arbre de mélange :

- A l'intérieur du cylindre au centre il y a un arbre de mélange est de 25 mm de diamètre traversé horizontalement et parcourt tout la longueur du cylindre de notre composteur voire la figure 3.2

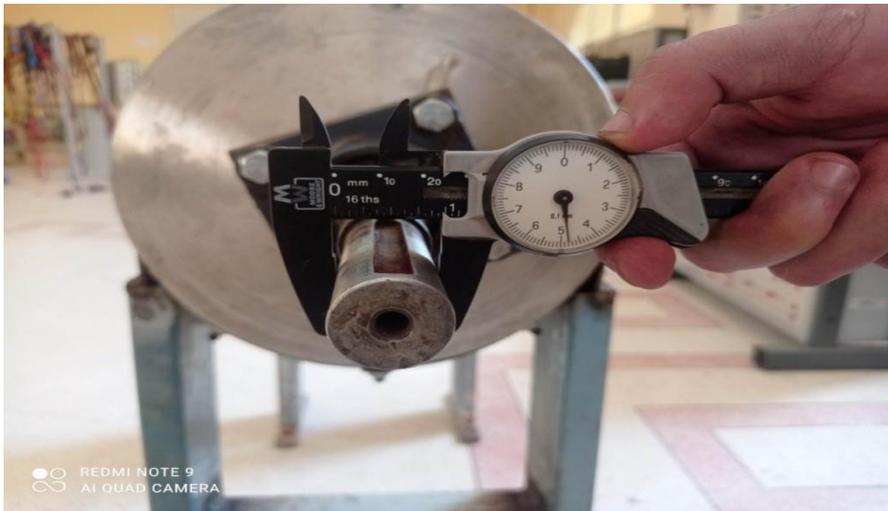


Figure 3.3 : L'arbre de mélange

- Cette arbre est constituée par 16 lames pour la fonction de brasser les déchets alimentaire sur les parois intérieures du cylindre de compostage Avec un vitesse de (25 Tr/min) et entraîné par un moteur électrique a courant continue (voire la figure 3.3



Figure 3.4 : les palettes de mélange

4 Installation des roulements et des palier :

4.1 Paliers roulements-inserts SKF FY 508 M :

Nous utilisons les paliers et roulements SKF Grâce à leur polyvalence et à leur excellent rapport qualité prix, Ces paliers à applique carrée pour roulements-inserts sont en fonte grise et peuvent être boulonnés avec quatre boulons à la paroi ou au châssis d'une machine. Ils ont été conçus pour des montages de roulements qui doivent fonctionner de façon fiable dans des environnements difficiles, pendant de longues périodes sans maintenance.

- Résistent à de hauts niveaux de contamination
- Conçus pour des températures et vitesses élevées
- Supportent des charges relativement lourdes [28]

4.1.1 Dimensions

Diamètre de la portée sphérique 80 mm

Largeur globale du palier 38.5 mm

Entraxe des trous de boulon 101.5 mm [28]

4.1.2 Caractéristiques et avantages

- Prêt à monter
- Roulements lubrifiés et étanches
- Blocage rapide sur l'arbre
- Grande variété de formes et de matériaux de paliers et de méthodes de blocage
- Options de blocage concentrique pour vitesses élevées et faibles niveaux de vibrations [28]

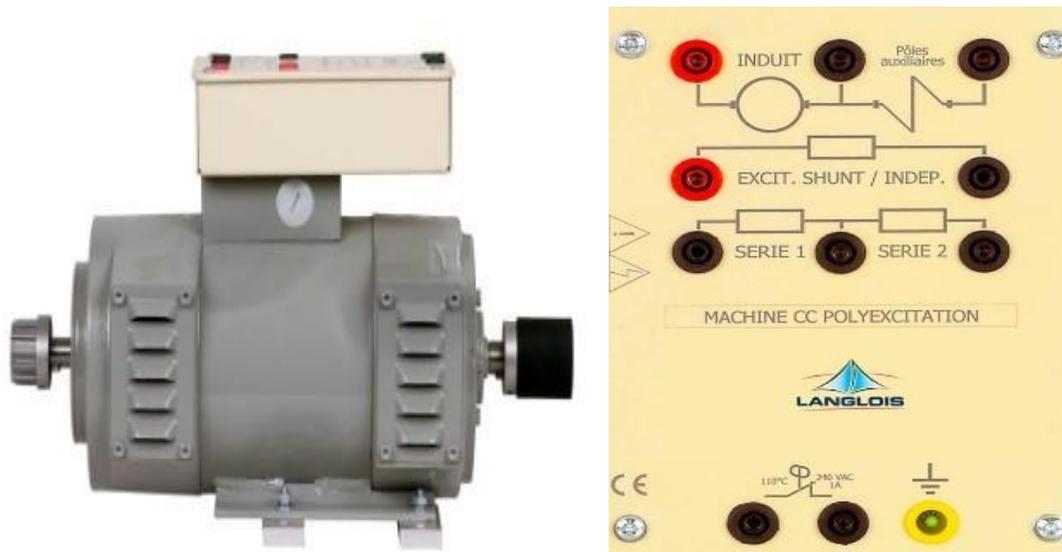


Figure 3-6 : Moteur a courant continue [30].

6 Type de transmission moteur-axe de mélange :

- La rotation de l'arbre de mélange est effectuée par un moteur a courant continue avec un accouplement élastique en torsion pour transmettre la vitesse et le couple, ou la puissance, entre deux arbres de transmission en prolongement l'un de l'autre comportant éventuellement des défauts d'alignement.
- L'alignement d'arbre est l'opération par deux machines (moteur et cylindre) sont positionnées au même axe de rotation des deux arbres ; axe de colinéaires, quand lamachine fonctionne dans des conditions normales.
- L'industrie actuelle, très automatisée, demande une production accélérée et exige un alignement d'arbres précis qui se fait par l'accouplement. Si l'alignement des arbres de machines est bien précis rendre compte [31] ;
 - * La vitesse de rotation très élevée,
 - * Un temps de fonctionnement prolongé,
 - * Une meilleure productivité,
 - * Une qualité de production accrue.

6.1 Les avantages des accouplements élastiques :

- absorbe et amortit les irrégularités de couple,
- déplace les régimes critiques,
- accepte désalignements et décalages entre les arbres,
- permettent de construire plus léger, avec des tolérances plus larges
- ils sont sans jeu, silencieux, sans frottement sans graissage [31].

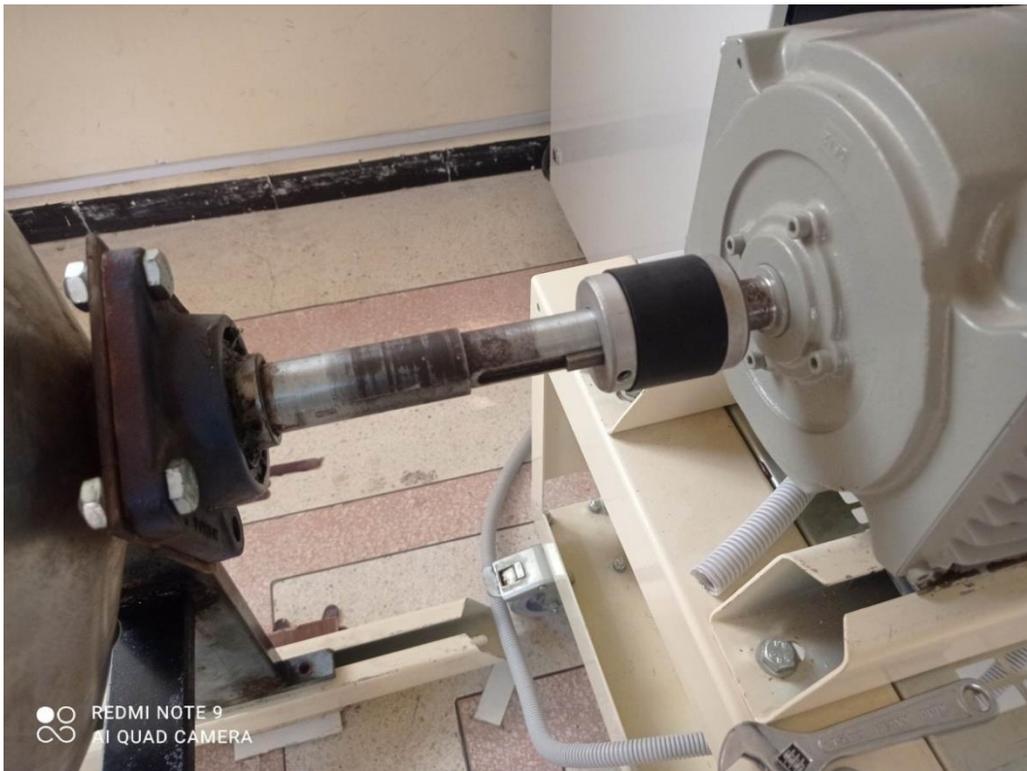


Figure 3-7 : Accouplement élastique en torsion

7 La commande du moteur :

Le réglage de la vitesse du moteur à courant continu (à excitation shunt ou séparée) est donné par la relation suivante :

$$\Omega = \frac{U_a - R_a \times I_a}{k \times \phi} \quad [32]$$

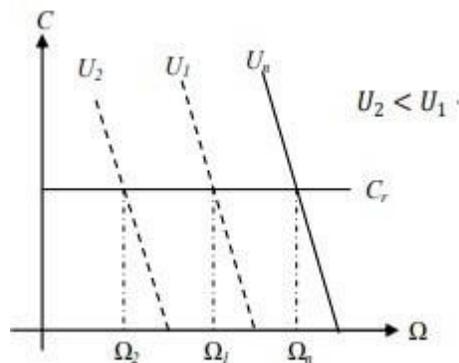
- Grace a cette relation en peut le controlé la vitesse de notre moteur par :
- Action sur R_a (réglage rhéostatique) ;
- Action sur θ (réglage par le flux) ;
- Action sur U_a (réglage par la tension). [32]

Dans notre prototype nous avons utilisée la méthode de contrôle du moteur a courant continue par action sur la tension d'induit U_a

7.1 Réglage par la tension d'induit :

Le flux d'excitation étant fixé à sa valeur nominale, le réglage est obtenu par réduction de la vitesse par rapport à la vitesse nominale en réduisant la valeur de la tension d'alimentation. En vertu des relations. Lorsqu'on réduit la valeur de la tension, le couple diminue

Les caractéristiques se déplacent parallèlement par rapport à la caractéristique d'origine comme le montre la figure suivante : [32]



Graphe 3-1 : Caractéristique de réglage par la tension d'induit [32]

Ce mode de réglage est excellent du point de vue technique car les caractéristique ne sont pas déformées (l'allure shunt est conservée), d'autre part du point de vue économique, aucune énergie n'est gaspillée et le rendement demeure élevé [32].

Le générateur ce lui ci qui permet de régler la vitesse de moteur MCC de notre prototype

8 Le système d'automatisation de la machine :

8.1 Le système Arduino :

Le système Arduino donne la possibilité d'allier les performances de la programmation à celles de l'électronique. Plus précisément, pour programmer des systèmes électroniques. Le gros avantage de l'électronique programmée c'est qu'elle simplifie grandement les schémas électroniques et par conséquent, le coût de la réalisation, mais aussi la charge de travail à la conception d'une carte électronique. Le système Arduino permet de :

- contrôler les appareils domestiques
- fabriquer votre propre robot
- faire un jeu de lumières
- communiquer avec l'ordinateur
- télécommander un appareil mobile (modélisme)
- etc. [33].

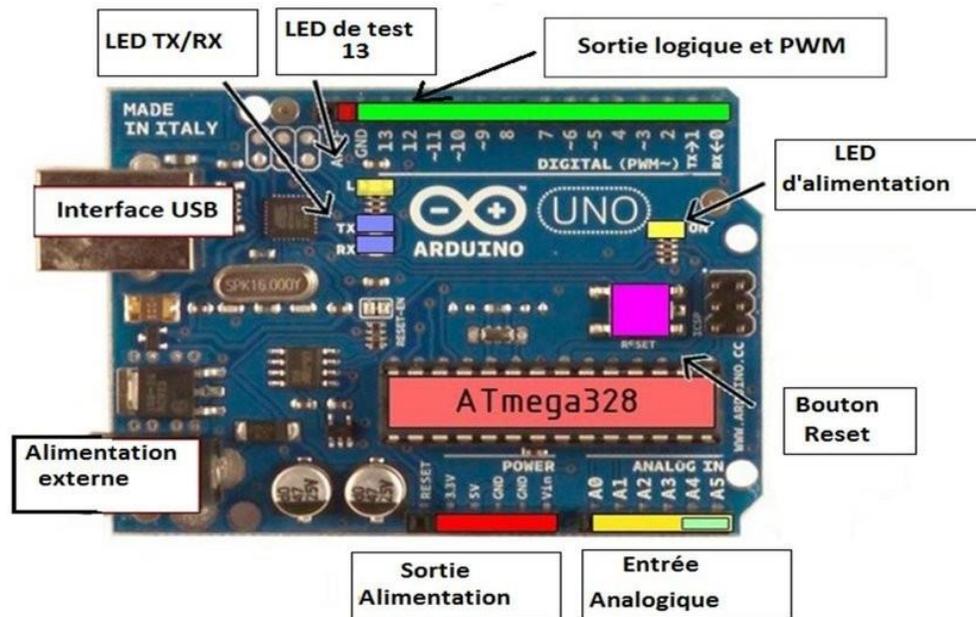


Figure 3-8 : La carte arduino UNO [33].

8.2 les capteurs :

8.2.1 Capteur DHT11

Le capteur de température DHT11 est monté sur la carte à l'intérieur du cylindre et possède un connecteur à trois broches. Le DHT11 est un capteur numérique composé d'une thermistance et d'un capteur d'humidité capacitif. Outre son faible coût, le DHT11 présente les caractéristiques suivantes : alimentation de 3,5 à 5 V, détection de la température de 0 à 80 degrés avec une précision de 2 degrés, détection de l'humidité de 20 à 95 % avec une précision de 5 % [34].

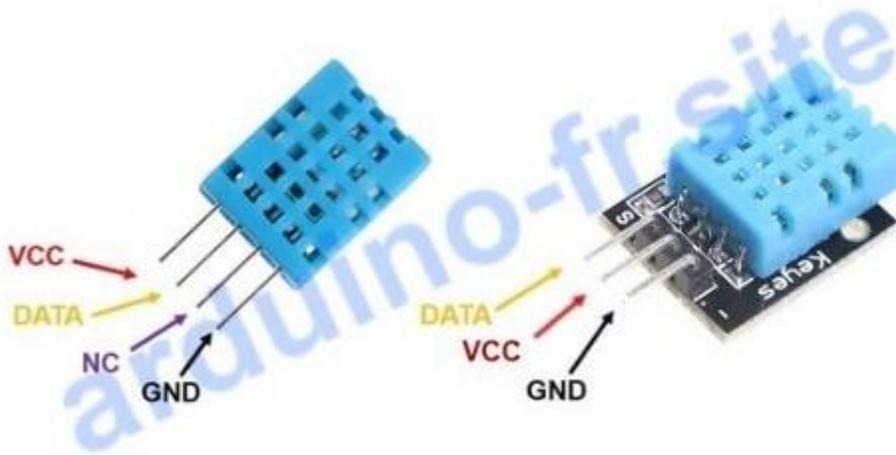


Figure 3.9 : Capteur de température et d'humidité DHT11 pinout,datasheet [34].

8.2.2 Les relais :

Le module relais Arduino est un dispositif électromécanique qui sert à fermer et à ouvrir le circuit électrique au moyen d'un électroaimant.

Le principe de fonctionnement du relais de puissance srd-05vdc est très simple. Lorsque la tension de commande est appliquée à la bobine électromagnétique, un champ électromagnétique est généré dans la bobine, qui attire le pied métallique et le contact sont fermés pour exciter la bobine du contacteur 220 pour démarrer le moteur [34].

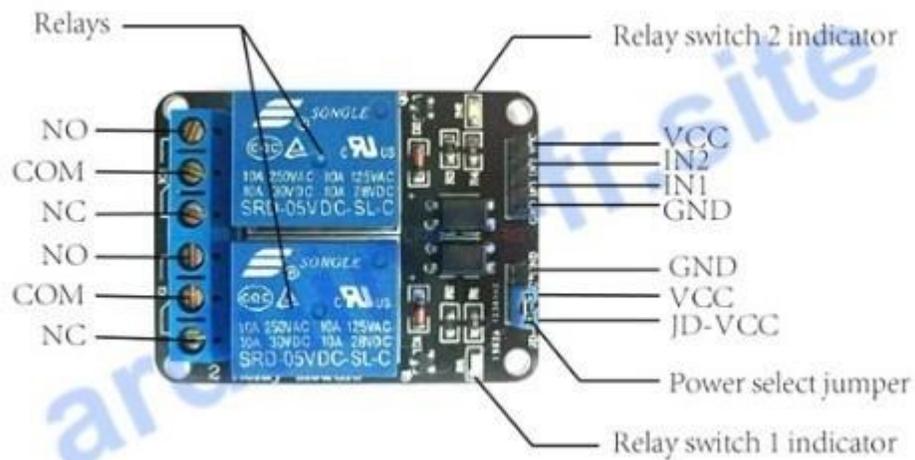


Figure3.10 :Arduino module relais DC 5V datasheet [33].

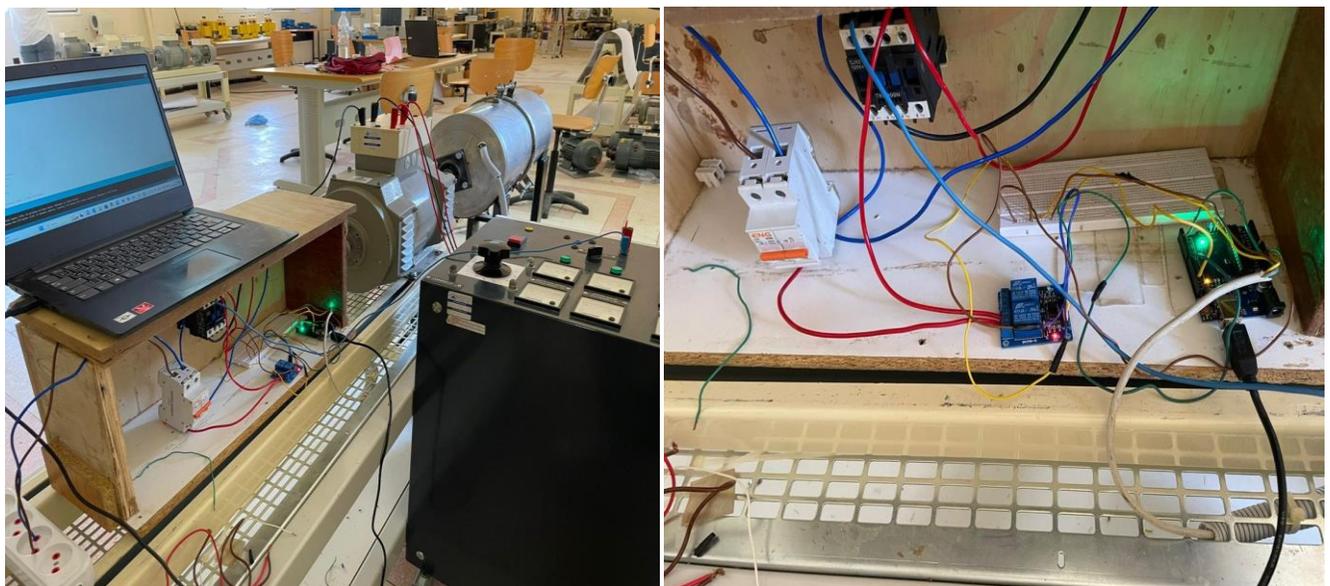


Figure 3-11 : Le système d’automatisation de la machine

8.3 La mise sous tension et hors tension :

Pour commander la mise sous tension et hors tension de moteurs à courant continue on a utiliser Les composant Suivant :

- **Contacteur**
- **disjoncteur bibolaire**
- **voyent**

Cette étude de réalisation d'une machine automatique de compostage a ouvert de nouvelles perspectives passionnantes dans le domaine de la gestion durable des déchets organiques. Tout au long de cette mémoire, nous avons exploré les différents aspects de conception, de développement et de fonctionnement d'une machine de compostage entièrement automatisée.

En combinant les principes du compostage avec les avancées technologiques, nous avons réussi à concevoir une machine capable de gérer efficacement le processus de compostage de manière autonome. Cette machine automatique intègre des capteurs avancés pour surveiller les paramètres clés tels que la température, l'humidité, l'aération et d'autres facteurs essentiels à la décomposition des déchets organiques. Pour une meilleure régulation des conditions environnementales, une réduction des erreurs humaines, une optimisation des temps de compostage et une production de compost de haute qualité de manière plus efficace. De plus, Fournié une solution pratique pour les utilisateurs, en simplifiant le processus de compostage et en réduisant les contraintes de temps et d'effort.

Il est important de souligner que cette étude ne se limite pas à la réalisation d'une machine automatique de compostage, mais qu'elle représente également une contribution à la promotion de pratiques durables de gestion des déchets. En valorisant les déchets organiques par le compostage, nous contribuons à la réduction des déchets envoyés en décharge, à l'amélioration de la santé des sols, à la réduction des émissions de gaz à effet de serre et à la préservation des ressources naturelles .

Bibliographie

- [1] AND, la quantité des déchets ménagers et assimilés (DMA) en Algérie 2019 (<https://www.asjp.cerist.dz/en/downArticle/499/7/1/183146>)
- [2] Guillaume CHEVRIER TURBIDE, MÉMOIRE PRÉSENTÉ À L'ÉCOLE DE TECHNOLOGIE SUPÉRIEURE, OPTIMISATION DES PARAMÈTRES DE FONCTIONNEMENT D'UN BIORÉACTEUR DANS UN PROCÉDÉ DE TRI-COMPOSTAGE. MONTRÉAL, LE 6 MAI 2011
- [3] <https://www.sytom36.fr/la-valorisation-des-dechets-humides/>
- [4] Melle ABDELLAOUI Chaimaa, Mémoire master Etude de la faisabilité de création d'une unité de compostage des déchets organiques dans la wilaya de Tlemcen, Université Abou Baker Belkaid – Tlemcen le 08 /07 /2021
- [5]. Analyse des vulnérabilités du procédé de compostage et des causes des accidents Mai 2018: MINISTÈRE DE TRANSITION ECOLOGIQUE ET SOLIDAIRE .
- [6].Naveen Kumar¹, Jino Lal², Ganesh Babu³, Jayasurya Prakash, DESIGN OF COMPOST MAKING MACHINE, Department of Mechanical Engineering, Loyola Institute of Technology, Palanchur, Chennai-123, Mar 2021.
- [7].UPCYCLE, composteur électromécanique , un procédé naturel de compostage performant et simple à installer.
- [8].Dr. ATTOU, Synthèse du cours : Modélisation des machines électriques ELM , université belhadj bouchaib , ain temouchent .
- [9].Le moteur asynchrone triphasé , [Le_moteur_asynchrone_triphasé.pdf](#) (ac- caen.fr) L'académie de cean , 27/11/2017
- [10].Mr. Tayeb KEBIR, Cours 03 : Transmission de puissance , université belhadj bouchaib , aintemouchent .
- [11]. Réducteurs de vitesse réversible QUANTIS - Réducteur puissance de 0,18 à 55kW et de ratio allant de 1,41 à 359. (zoneindustrie.com)
- [12].Robert LE BORZEC Professeur de Construction mécanique , Réducteurs de vitesse à engrenages, l'École Nationale Supérieure des Arts et Métiers , Lill .
- [13]. Transmissions par poulies et courroies, I - Transmissions par poulies et courroies (zpag.net)

- [14]. PRUD'HOMME TRANSMISSIONS, -2-courroies et poulies 93203 Saint-Denis Cedex -France .
- [15].Zemouchi oualid benyoucef , bougaila ali , mémoire fin d'étude , conception et réalisation d'une machine CNC a 3 axes , université de blida
- [16]. La poulies et courroies trapézoïdales crantées - Bing images
- [17]. Roulement mécanique — Wikipédia (wikipedia.org)
- [18]. NTN , fiches techniques,5387 résultats pour Roulements à billes radiaux
Roulements à billes radiaux - NTN-SNR
- [19]. Fonctions et caractéristiques des roulements et des paliers, Fonctions et caractéristiques des roulements et des paliers (1) - Maxicours
- [20]. La société SKF, Paliers roulements-inserts SKF Gamme UC ,Paliers roulements-inserts | SKF , fournisseur des palier et roulement, Mars 2019.
- [21]. Motralec , courroies trapézoïdale , méthode de calcul TEXEROPE ,
Texrope_Methode_de_calcul_des_courroies_trapezoidales.pdf
- [22].TROUDI ZAKARIA, MAAROUF HOUSSEM EDDINE2010/2011 , mémoire de master
02 ETUDE COMPARATIVE ENTRE LA COMMANDE SCALAIRE ET LA COMMANDE VECTORIELLE POUR UNE MACHINE À INDUCTION UNIVERSITE LARBI BEN M'HIDI - OUM EL BOUAGHI
- [23]. Eentreprise schnieder , Fiche Produit, Variateur de vitesse ATV310 - 5.5 kW - 7.5 hp - 380...460 V - 3 phase
- [24]. Mr.lakhdari,cours Partie 2 , Automate programmable inmédustral (API), université belhadj bouchaib , aintemouchent .
- [25]. Tahar Askri, Cours Automatisme Industriels université batna 2 , Mai 2016
- [26]. Société seimens , Product overview for SIMATIC S7-1200.
<https://www.siemens.com/s7-1200>.
- [27]. un contacteur et relais magnétique - Bing images
- [28]. La société SKF, Paliers roulements-inserts SKF FY 508 M ,Paliers roulements-inserts | SKF, fournisseur des palier et roulement
- [29]. projet.eu.org LA MACHINE À COURANT CONTINU, Classe de première SI.
- [30]. Langlois, Recherche (langlois-france.com)
- [31]. Mr. Tayeb KEBIR, Cours 04: Accouplements et freins, Construction Mécanique, universitébelhadj bouchaib , aintemouchent.
- [32]. Mr. BOUDRIES Zoubir, Maître de Conférences B , LICENCE ACADEMIQUE EN

GENIE ELECTRIQUE COURS COMMANDE DES MACHINES ELECTRIQUES,
UNIVERSITE ABDERRAHMANE MIRA – BEJAÏA .

[33]. ARDIUNO, Classes de 2nde SI-CIT et de première SI, arduino.pdf (projet.eu.org)

[34]. Tutoriels et Projets avec l'Arduino, mai 8, 2021, Capteur de température et d'humidité DHT11 Arduino , Branchement 5V module relais 220V, arduino France .

[35]. EM Distribution. Spécialiste français en moteur électrique et pompe à eau Moteur triphasé 1,5 KW, 1500 tr/min, B3, 400/690V - ABB- M2BAX 132 SMA 4 (em-distribution.fr)

[36]. FATIMA ZAHRA SITI #1 , MUSTAFA ELALAMI*2 , FATIMA ZAHRA BERAICH3 , MOHA AROUCH*4 , SALAH DINE QANADLI*5 . Design and Production of an Autonomous Rotary Composter Powered by Photovoltaic Energy, Faculty of Science and Technics (FST), Hassan 1st University of Settat, Morocco. October 2020.

[37]. Mohamed Taouzari , Design and Test Of the Smart Composter Controlled by Sensors. Laboratory LISA, high School of technology Berrechid Hassan 1 University Settat, Morocco ,2019.

1 Fiche technique du projet :

prénom et nom	HadjMohamedBouchekaraAmine ABDELHAKEM KORIDAK Abdelmalek
Intitulé de votre projet	compoboost
numéro de téléphone	0782383510
Votre adresse e-mail	compoboost@gmail.com
ville ou commune d'activité	Ain temouchent

2 L'étudeEconomie :

Apparu sur le marché européen et international au cours des années 80' à 90', la pratique du compostage électromécanique se situe entre le compostage statique en bacs et les installations de traitement de biodéchets centralisées, du fait de sa capacité de traitement et de ses modes de fonctionnement.



Caractérisé par un processus biologique optimisé, une conduite facilitée du compostage et un confinement des nuisances éventuelles, le compostage électromécanique est principalement freiné par un coût d'investissement important en comparaison des techniques de compostage statique courantes. Présenté par les acteurs du marché comme une solution innovante, alternative au compostage statique en bacs, le compostage électromécanique est de plus en plus fréquemment un sujet de sollicitation pour les collectivités, les établissements scolaires, et de façon plus générale.

les producteurs de bio déchets. Les électro composteurs produisent selon les fournisseurs, un compost de façon accélérée.

Des questions se posent donc au sujet des performances et des conditions d'exploitations qui justifieraient d'investir dans de tels équipements. De manière à disposer d'éléments d'aide à la décision dans le choix des solutions de traitement des bio déchets, des sites de compostage électromécanique ont été étudiés.

Le compost et le digeste ayant pour vocation un retour au sol, des conditions d'hygiène sont à respecter. Suite aux crises sanitaires de l'Encéphalopathie Spongiforme Bovine (ESB) notamment, dans les années 80' à 2000, une réglementation européenne a été créée dans le but de protéger les élevages.



De manière générale, l'objectif est de limiter les risques de transmissions de pathogènes chez l'Homme comme chez l'animal.

Le règlement européen (CE) n°1069/2009 classe les sous-produits animaux en trois catégories sur la base de leur risque potentiel pour la santé humaine et animale et l'environnement.

Il définit la manière dont les matières de chaque catégorie doivent ou peuvent être éliminées ou valorisées pour certains usages dans le souci de maintenir un niveau élevé de protection de la santé publique et animale. Toutes les matières animales ou d'origine animale (terrestres ou aquatiques), dès lors qu'elles ne sont pas ou plus destinées à l'alimentation humaine, sont par définition concernées par cette réglementation.

3 Commercialisation du compost produit:

Commercialisation du compost produit Dans le cas d'une mise sur le marché du compost produit, celui-ci doit être conforme à la norme NFU 44-051 qui fixe notamment les valeurs



limites pour la valeur agronomique, les micropolluants chimiques et les agents pathogènes. Dans ce cas, les exigences en terme de quantités

d'analyses réalisées sont présentées dans le Tableau suivant :

Nombres d'analyses par ans :

Type d'analyses	0 à 350 t/an	350 à 3500t/an
Valeur agronomique	2	3
Éléments traces métalliques (ETM)	1	2
Impuretés et inertes	1	2
Indice de stabilité biochimique	0	0
Minéralisation du carbone et de l'azote	0	0
Microbiologie et pathogènes	1	1



Tableau: Nombre d'analyses à réaliser en fonction du tonnage de compost produitselon la NFU 44-051

Une autre solution de commercialisation est l'autorisation de mise sur le marché (AMM). L'AMM des matières fertilisantes et supports de cultures est normalement la règle de mise sur le marché. Sa dispense est possible si la matière fertilisante est un déchet (un plan d'épandage s'applique), ou répond à un règlement européen, une norme française ou un cahier des charges.

Aujourd'hui la majorité des matières fertilisantes sont mises sur le marché en dehors d'une procédure d'autorisation (95%). Cette dernière est une démarche volontaire de l'exploitant. Cette démarche est destinée à la mise sur le marché de produits

innovants. L'AMM est une démarche longue et relativement coûteuse, qui nécessite le dépôt d'un dossier technique auprès de l'Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail (ANSES).

Ce dossier comprend divers éléments concernant la sécurité nécessaire à l'utilisation du produit, les informations agronomiques sur les effets principaux et secondaires du produit en question, ainsi que sur son efficacité, Il vient à l'esprit le nombre d'agriculteurs en Algérie. Les chiffres officiels publiés par le ministère algérien de l'Agriculture (Agriculture) en décembre 2021 indiquent le nombre de travailleurs du secteur agricole dans le pays, atteignant 2 millions et 600 000 travailleurs, travaillant dans 1,26 millions de projets d'investissement.

En Algérie il n'y a aucune usine ou société qui produise ce produit, Même l'agriculteur a du mal à en trouver car il est rare, Ce qui est disponible sur le marché est importé des pays européens et son coût est élevé.

Même si l'agriculteur souhaite utiliser lui-même les restes, il n'obtiendra pas de résultats satisfaisants car ils sont dangereux pour le consommateur et peuvent entraîner des maladies chroniques.

Notre objectif est d'accélérer la production et d'aider l'agriculteur à obtenir les meilleurs résultats en un temps record.



Figure 01 :firmicomposte La meilleure usine d'engrais

organique dans les pays arabe

4 Le prix de l'engrais biocompost dans les pays arabes:

Le prix de cet engrais varie de 60 riyals pour 1 kg en Arabie Saoudite , En monnaie algérienne, il est d'environ 1800 DZD le kilogramme au prix d'usine, atteignant les agriculteurs de 3500 DZD à 4500 DZD le kilogramme.



5 Notre méthode de commercialisation:

- Prix compétitif: En raison de notre fabrication du produit en tant que matière première, nous pouvons fixer un prix imaginaire qui atteint la moitié du prix offert sur le marché, ce qui pousse l'agriculteur ou l'investisseur à se précipiter pour acquérir le produit.

- Offrir des quantités gratuites aux clients les plus importants du secteur agricole: Ceci est fait dans

le but d'expérimenter et de faire pleinement confiance au produit local, avec lequel nous rivaliserons avec les établissements industriels les plus anciens.

Animation d'ateliers de présentation du produit et d'une équipe dédiée au marketing local et électronique , Cela se fait en essayant de diffuser le produit à l'échelle la plus large pour élargir le marché et la productivité, en particulier du côté électronique en ouvrant un programme spécial à partir duquel l'agriculteur peut demander la quantité qui est besoin à tout moment.



Ils peuvent également exprimer librement leur avis sur l'efficacité ou les défauts du produit , pour Souligner les défaut et essayer de les corriger le plus possible .

6 Plan de production et organisation:

-Le processus de fabrication:

6.1 Matières premières:

C'est le composant le plus important représenté dans les déchets alimentaires Et c'est ce dont l'État s'emploie à se débarrasser, et à votre placeil servira l'intérêt public en transformant les déchets alimentaires en engrais naturel utile pour tous les types de cultures agricoles.



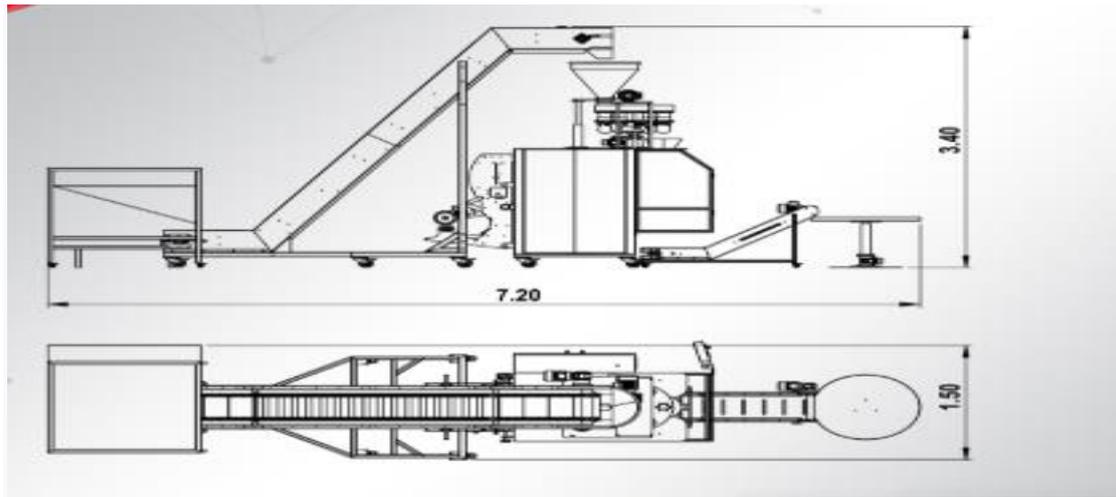
6.2 Emballage de produit :

Après l'étape de production ou l'achèvement de la fabrication d'un produit spécifique vient une étape non moins importante que l'étape précédente, qui est l'étape de conditionnement, qui va préserver le produit et assurer sa sécurité pendant la période de stockage jusqu'à l'utilisation .

L'emballage vous garantit la sécurité et la qualité des produits et la capacité de les commercialiser, car la meilleure façon de commercialiser est de fournir un bon produit de haute qualité.

Nous pouvons inclure un partenaire qui se chargera de l'emballage du produit comme point de départ du projet.

Un modele de machine d'emballage :



Voici quelque modèle de notre l’emballage :



7 les étape d'achat :

matières premières:ce seront des restes qu'il faudra éliminer ,Qui à son tour est considéré comme un service à la communauté Entente avec les employés municipaux, les ingénieurs de nettoyage, afin de remplacer les restes dans les poubelles, nous les apporter afin de les recycler et de les utiliser pleinement .

des autre prouduit:

Nous n'avons besoin d'aucun autre matériau à ajouter pour obtenir le produit sans restes, et ce n'est absolument pas cher, mais plutôt gratuit, car c'est un service à l'autre partie.

En plus de fournir un service à la communauté, nous pouvons fournir un service aux nettoyeurs , direction de l’environnement et à toutes les institutions qui cherchent à se débarrasser des restes, des feuilles d'arbres et des déchets, en les apportant à l'usine, ou nous les collectons pour les recycler et les transformer. les transformer en engrais organique.

8 Equipement :

Nous avons fabriqué une machine primaire qui peut produire le produit souhaité avec un bon résultat, qui est une transformation des résidus alimentaires en engrais 100% pur.

Nous pouvons vendre l'engrais et la machine en même temps, mais cela peut nous créer des problèmes dans le prix du produit, et à partir de là, nous ne vendrons que le produit, et la machine nous ne la vendrons à l'international que dans les deux premiers années.

9 Les concurrents indirects:

1/ Provert: est une société algérienne dont l'activité principale est la fourniture d'intrants agricoles. Fondée en février 1996. Son siège social est situé à Béjaïa, Ses unités de production sont à Bejaia et Mostaganem.

Provert



2/ Agrisha Company: créée en 2002 située à Lot no. 23, Ain Bénian - Alger, Algérie, son activité est l'introduction et commercialisation de facteurs de production agricole de bonne qualité (Europe, Amérique).



Ces deux sociétés sont les pionnières dans l'importation d'engrais organiques.

Et ce que l'on remarque c'est le manque de production agricole. Il n'y a personne en Algérie qui produit de l'engrais naturel, et c'est une belle opportunité pour l'épanouissement de l'activité, et même les deux sociétés qui importent le produit sont actives dans le centre et l'est du pays.

Nous concluons qu'il n'y a pas de concurrence et la capacité de contrôler le marché, en particulier avec la fourniture d'une politique de paiement à la réception, et cela se fait

en créant un programme spécial qui facilite la demande du produit par l'agriculteur et l'atteint à son emplacement, mais même pour qu'il puisse payer dès réception.

10 Ouvriers:

Notre projet a besoin de **05** travailleurs de base pour un démarrage préliminaire (Ingénieurs, agent de marketing et autres travailleurs) :



Les travailleurs :	Le rôle :
01	nous apporte de la matière première
02	le met sur la machine pour le faire tourner
03	technicien spécialisé dans la maintenance et le suivi
04	responsable de l'emballage
05	responsable de la distribution et de la commercialisation de la marchandise

Et si nous voulons que la récolte soit fructueuse, nous doublons le nombre de travailleurs deux fois et suivons le système 24/08. L'équipe est divisée en trois équipes dans le but de perdre de la productivité et des revenus.

11 Partenariats principale :

La règle principale est que les paysans sont les premiers consommateurs du produit obtenu.

Il existe également plusieurs magasins dans l'ouest de l'Algérie que notre producteur aide à fournir à leurs clients autorisés, en particulier des prix compétitifs et une qualité internationale.

12 Structure Costs:

Frais d'établissement	10 million
Frais d'ouverture de compteurs (eaux-gaz)	25 million
Logiciels, formations	40 million
Dépôt marque, brevet, modèle	///
Droits d'entrée	30 million
Achat fonds de commerce ou parts	///
Droit au bail	36million
Caution ou dépôt de garantie	10 million
Frais de dossier	3 million
avocat'Frais de notaire ou d	2 million
Enseigne et éléments de communication	40 million
Travaux et aménagements	10 million
Matériel	200 million
Matériel de bureau	15 million
Stock de matières et produits	//
Réserve (en cas d'empanne)	40 million
trésorerie de départ	460million
التدفق النقدي (الصندوق) الذي تحتاجه في بداية المشروع.	

13 Frais fixes pour le projet:

Assurances	40 million
Téléphone, internet	1 million
Autres abonnements	//
Carburant, transports	6 million
Frais de déplacement et hébergement	10 million
Mutuelle	///
Eau, électricité, gaz	30 million
Entretien matériel et vêtements	10 million
Nettoyage des locaux	10 million
Total	107 million

14 Salaires employés et dirigeant :

Salaires employés	Apartir de 6 million par mois
Rémunération nette dirigeant	A partir de 8 million par mois

15 Revenus total :

////	la valeur
unités de production MOIS	1800 1MACHINE
Prix de vente	400 (Da/Kg)
Revenu total = unités produites, nombre de ventes, prix	720000 Da

16 Revenus et bénéfice générale du projet :

///	La valeur en DA (par 1 ans)
Structure Costs	462 million
Frais fixes pour le projet	107 million
Fraie de travailleur et dirigeant	288 million
Revenus de la machine (en peut constitué jusqu'à 2 machine pour un début)	864 million * le nombre de machine On suppose 2 machine = 1728 million par 1 ans



Programme Arduino :

Le programme qui permet de gérer la machine est comme suivant :

```
#include <DHT.h>
#define DHT11_PIN 2
#define DHTTYPE
DHT11#define relais 8
DHT dht(DHT11_PIN, DHTTYPE);
float temp,
hum; void
setup() {
Serial.begin
(9600);
dht.begin();
pinMode(relais , OUTPUT);
}
void loop() {
temp =
dht.readTemperature();
hum =
dht.readHumidity();
Serial.print(temp);
Serial.println(" °C");
Serial.print(hum);
Serial.println(" %");
delay(1000);
if (temp <= 30) {
    digitalWrite(relais, HIGH); //Turn
off relaydelay(5000);
}
else { digitalWrite(relais, LOW); //Turn on
```

ANNEX B

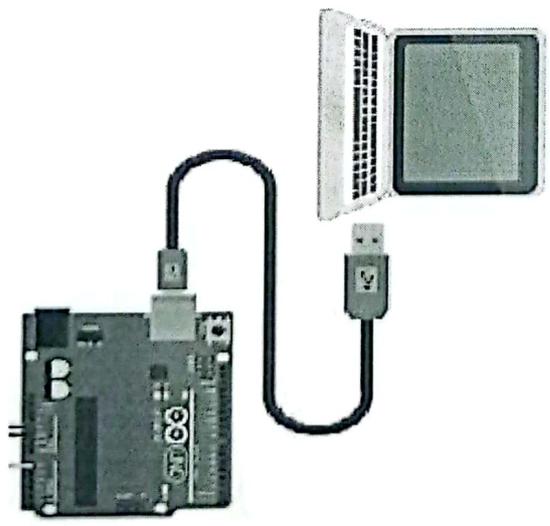
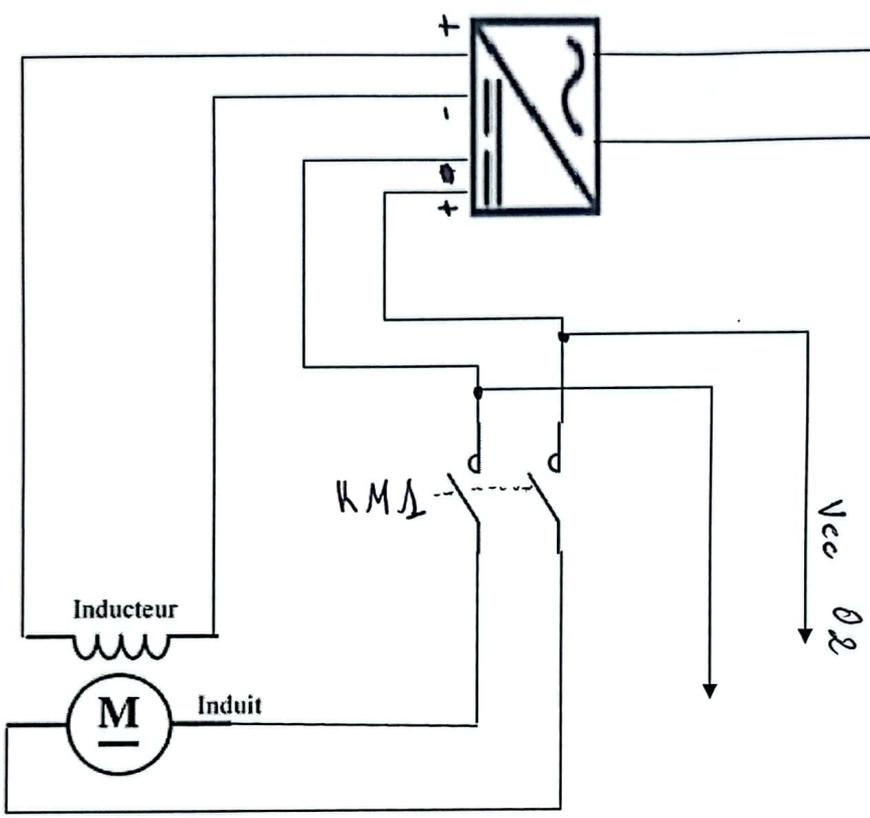
```
relaydelay(5000);
```

```
}
```

```
}
```

Schéma électrique

L1
L2
L3
N

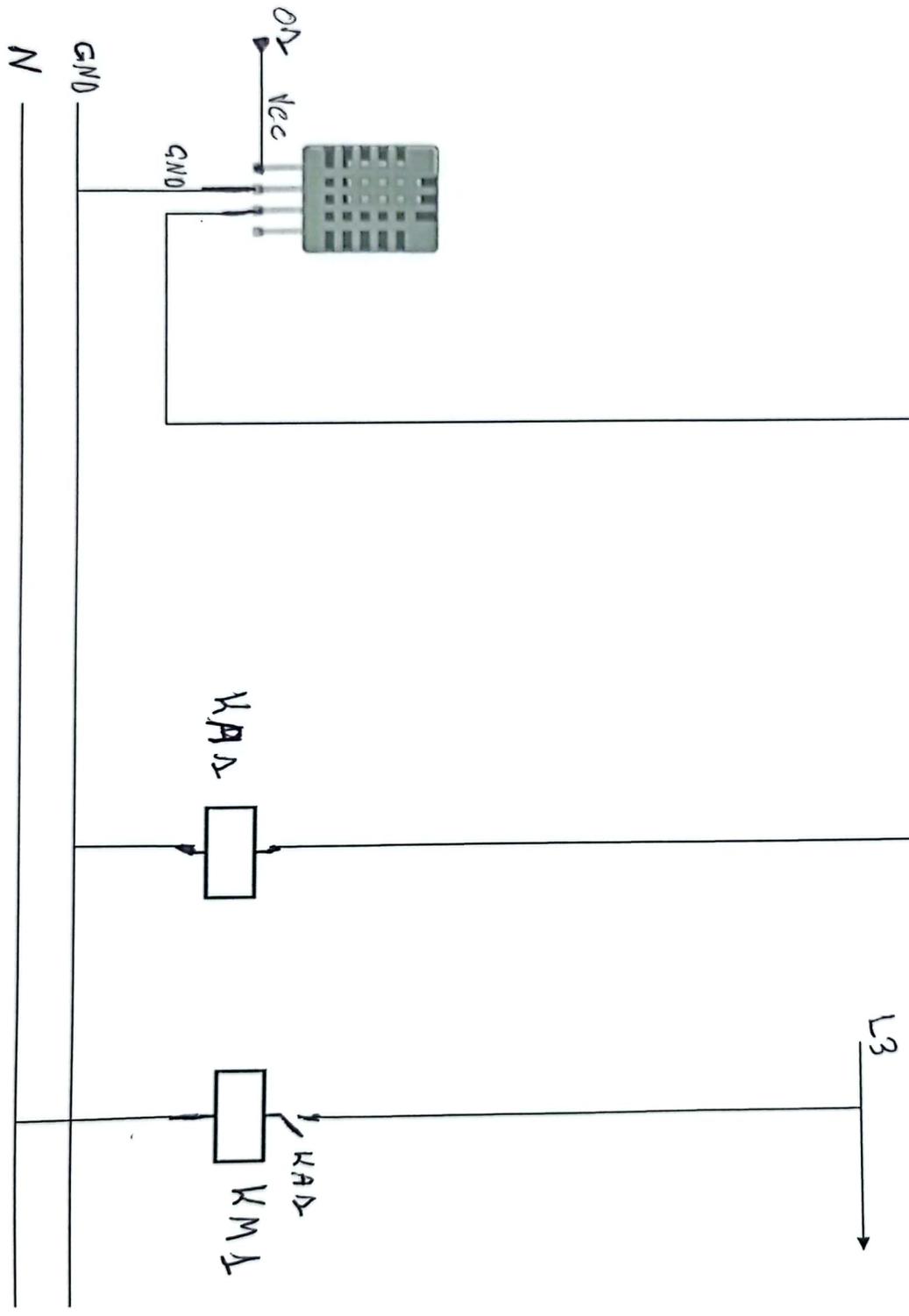


To

ARDUINO Uno

INPUT	INPUT	INPUT	INPUT	INPUT
01	02	03	04	05

OUTPUT	OUTPUT	OUTPUT	OUTPUT	OUTPUT
01	02	03	04	05



02