

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

BADJI MOKHTAR ANNABA-UNIVERSITY
UNIVERSITE BADJI MOKHTAR ANNABA



FACULTE DES SCIENCES DE L'INGENIORAT
DEPARTEMENT DE GENIE MECANIQUE

MEMOIRE

PRESENTE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER

INTITULÉ

L'automatisation et la contribution
d'amélioration d'un système d'irrigation

DOMAINE : SCIENCES ET TECHNOLOGIE

FILIERE : GENIE MECANIQUE

SPECIALITE : MECATRONIQUE

PRESENTE PAR : MARTANI MOUHAMED ELHADI

DIRECTEUR DU MEMOIRE : KALLOUCH. A UNIVERSITÉ D'ANNABA

DEVANT LE JURY

PRESIDENT : Mr : LAOUAR. L

PR. À UNIVERSITÉ D'ANNABA

EXAMINATEUR : Mr : BOUSSAID.O

MCA . À UNIVERSITÉ D'ANNABA

Mr : YOUNES.R

DR. À UNIVERSITÉ D'ANNABA

Mr : KHADRI.Y

MCA. À UNIVERSITÉ D'ANNABA

Année: 2016/2017

Résumé

Lors d'une visite des serres de germination au sein de la société **Amor Ben-Amor**, nous avons découvert un système d'irrigation semi-automatique ou il nécessitait l'intervention d'un opérateur. Dans ce projet, nous allons proposer des solutions technologiques adéquates pour non seulement réaliser l'automatisation et atteindre une autonomie complète de ce système mais aussi améliorer son rendement, son efficacité de travail et sa rentabilité. Pour cela un automate programmable, des capteurs de position et d'humidité, un variateur de vitesse, des électrovannes et d'autres changements sur le moteur, les guidages en translation et la transmission de puissance ont été proposés afin d'atteindre notre objectif.

Mots clés : Système d'irrigation, guidage, transmission de puissance, moteurs électriques, variateurs, capteur, API, Grafcet, Arduino.

Abstract

During a visit to the germinating greenhouses at the company **Amor Ben-Amor**, we discovered a semi-automatic irrigation system or it required the intervention of an operator. In this project, we will propose an appropriate technological solutions to not only achieve automation and achieve complete autonomy of this system but also increase its efficiency, Effectiveness of work and profitability. For this purpose, a PLC, controller position and humidity sensors, a variable speed drive, solenoid valves and other changes to the motor, travel guides and power transmission have been proposed in order to achieve our objective

ملخص

خلال زيارة لبيوت بلاستيكية معاصرة في مجمع عمر بن عمر اكتشفنا نظاما للري يشبهها وتوماتيكيا يانهيحتاجا لعمال لتشغيلها ستخدمه في كل مرة. في هذا المشروع وعسوفنقتراح حلول وتقنية مناسبة لتحقيق اتمتة والتحكم الذاتي الكامل للنظام بالإضافة التحسينات وكفاءة العمل واستطاعته والربحية لهذا سنقوم بتزويد هذا النظام ب، اجهزة استشعار نسبة الرطوبة، تحديد المكان، وحدة التحكم بسرعة المحرك وصمامات كهربومغناطيسية. PLC. قمنا ايضا ببعض التغييرات: نوالمحرك، نظام نقل للطاقة الميكانيكية؛ وذلك لمساعدتنا لتحقيق هدفنا

Table des matières

I.	Introduction :	6
II.	Pourquoi cultiver sous serres ? :	9
III.	Pourquoi surveiller l'humidité du sol ? :	9
IV.	L'intérêt de la mécatronique dans l'automatisation des systèmes :	10
I.	Liaison mécanique et transmission de puissance	12
II.	Le guidage linéaire :	12
III.	Les différents types de guidages :	18
	Guidages par contact direct	18
	Guidages de type prismatique	18
	Guidages par interposition d'éléments antifriction	19
	Guidages par interposition d'éléments roulants	19
	Guidages par douilles à billes	20
	Guidages par patins	21
	Guidages par systèmes complets	21
	Guidages par galets	21
IV.	Transmission des Puissances :	22
V.	Transmission par courroies	23
I.	Les moteurs électriques :	26
A.	Le moteur synchrone	27
B.	Les moteurs à courant continu	27
C.	Les moteurs universels	28
D.	Les moteurs pas à pas	29
E.	Les moteurs asynchrones :	29
	1. Principe de fonctionnement	30
	2. Détermination du couplage	31
	3. Démarrage direct	32
	4. Démarrage direct deux sens de rotation:	32
II.	Variateur de vitesse :	34
A.	Principe de la variation de vitesse :	34
B.	Principe de la variation de fréquence :	34
C.	Synoptique d'un variateur de vitesse pour moteur asynchrone :	35
D.	Fonctionnalités des variateurs :	35
E.	Choix d'un variateur :	35
F.	Mise en œuvre d'un variateur :	36
III.	Capteurs (détecteur de position) :	37
A.	Introduction :	37

B.	Principales fonctions des détecteurs :	37
C.	Principales familles de détecteurs	37
D.	Détecteurs à action mécanique :	37
E.	Détecteur magnétique :	39
F.	Détecteur inductif :	39
G.	Détecteurs capacitif :	40
H.	Détecteurs photoélectrique :	40
I.	Détecteurs photoélectriques à fibre optique :	41
IV.	Électrovannes :	43
A.	Électrovannes proportionnelles	43
B.	Électrovannes tout ou rien	44
C.	<i>Utilisation des vannes de régulation en tout ou rien</i>	44
I.	Systèmes automatisés :	45
A.	Définition	45
B.	Classification d'un système automatisé	45
C.	Structure standard d'un système automatisé :	46
D.	Exemple : Portail automatique	46
II.	Les Automates Programmables Industriels	47
A.	Introduction	47
B.	Aspect extérieur des API	47
C.	Structure interne d'un API	47
D.	Fonctionnement	48
E.	Description des éléments d'un API	48
F.	Opérations logiques de base :	49
G.	Instructions complémentaires :	49
H.	Langages d'automates :	49
III.	LE GRAFCET :	49
A.	Introduction	49
B.	Définition	50
C.	Cahier des charges	50
D.	Les concepts de base d'un GRAFCET	50
E.	Classification des actions associées aux étapes	51
F.	Nature et classification actions ou des ordres	51
G.	Grafcet du système d'irrigation automatisé proposé :	51
I.	Partie mécanique :	54

II. Partie électrique :	55
A. Actionneur : moteur asynchrone :	55
B. Variateur de vitesse.....	56
C. Capteur de proximité :	57
D. Capteur d'humidité du sol :	58
E. Électrovanne :	58
F. Automate programmable industriel :	59
G. Optimisation de la surveillance du taux d'humidité :	60

Table des figures

Figure 1: Serre de germination, Guelma, Ben-Amor	6
Figure 2 : Photo réel serres, Guelma, Ben-Amor	7
Figure 3 : Transport des plateaux des plants vers les champs de plantation.	8
Figure 4 : Chariot d'arrosage en action - Photo réel	9
Figure 5 : Dessin cinématique du chariot arroseuse.....	12
Figure 6 : Schématisation cinématique normalisée de la liaison glissière.....	13
Figure 7 : Mouvements relatifs.....	13
Figure 8 : Exemple de système de réglage.	19
Figure 9: Transmission par polie-courroie	25
Figure 10 : Principe de fonctionnement d'un moteur asynchrone	31
Figure 11: Rotor d'un moteur asynchrone	31
Figure 12 : Rotor d'un moteur synchrone	31
Figure 13 : Plaque signalétique d'un moteur triphasé asynchrone.....	31
Figure 14 : Couplage étoile, couplage triangle.....	32
Figure 15 : Circuit puissance de démarrage d'un moteur deux sens de rotations	33
Figure 16 : Circuit commande de démarrage d'un moteur deux sens de rotations	33
Figure 17 : un variateur de fréquence électronique	34
Figure 18 : Principe de la variation de fréquence.....	34
Figure 19 : Synoptique d'un variateur de vitesse pour moteur asynchrone.	35
Figure 20 : Tableau de choix d'un variateur.	36
Figure 21 : Circuit de mise en marche d'un variateur.....	36
Figure 22 : Interrupteur de position	37
Figure 23 : Principe de fonctionnement d'un capteur de position.	38
Figure 24 : principe de fonctionnement d'une electrovanne	43
Figure 25: Electrovanne.....	45
Figure 26 : Schéma d'un système automatisé.	45
Figure 27 : Portail automatique.	46
Figure 28 : les différents types d'étapes	51
Figure 29:Grafcet du système d'irrigation.....	53
Figure 30 : Schéma cinématique du système d'irrigation.....	54
Figure 31 : Guidage par galet.	55
Figure 32 : Moteur asynchrone triphasé.	56
Figure 33 : Variateur de vitesse ATV 12.....	57
Figure 34 : Capteur d'humidité du sol.	58
Figure 35 : Automate Siemens logo.	60
Figure 36: La décomposition de la surface.....	60
Figure 37 : Carte arduino Uno R3.	62
Figure 38: l298N dual H-bridge.	62
Figure 39: Relai.	64
Figure 40:câblage des composants de la maquette.	65

Table des tableaux :

Tableau 1 : caractéristiques de capteurs passifs.	42
--	----

Tableau 2 : Caractéristiques des capteurs actifs.	42
Tableau 3 : entrées, sorties.....	52

Chapitre 1 :

I. Introduction :

Afin de simplifier la lecture et la compréhension de ce document, ce premier chapitre résume le travail réalisé lors du projet, ayant servi de base à l'étude du projet de fin d'études et présente dans les grandes lignes l'automatisation du système d'irrigation.

Les chapitres suivants détailleront un à un les différents domaines de l'étude, et présenteront également de façon concise les solutions technologiques qui ont été envisagées.

L'été 2016 j'ai eu la chance de visiter les serres de germination de la société AMOR BEN AMORE installées dans le cadre du développement agricole qui a été entamé en septembre 2003, suite à un constat de la situation sur le terrain ; A savoir :

- Dégradation de la qualité de la matière première (tomate fraîche et piment),
- Prolifération de produits importés et de meilleures qualités,
- Mévente de la production locale,
- Absence d'une organisation de la filière.

Un échantillon de 15 agriculteurs de la région a été choisi pour être suivi par un ingénieur agronome d'une expérience reconnue, (recruté par la conserverie).

Le constat était attendu :



Figure 1: Serre de germination, Guelma, Ben-Amor

- Faiblesse des rendements (15 t/h au lieu de 60 t/h en Tunisie et Turquie, 70 t/h en Espagne, 80 t/h en Italie et 95 t/h aux Etats Unis).
- Choix variétal inapproprié
- Pépinières traditionnelles

Le groupe a procédé à la création d'une cellule agronomique, composée de 5 ingénieurs, qui ont pour objectifs de :

- Assister, Vulgariser, Former et Informer les agriculteurs.
- Construire une multi-chapelle et introduire le plant en motte.
- Introduire la mécanisation de la plantation et de la collecte.

Pratiquement, le suivi a touché l'ensemble des agriculteurs cocontractants de la CAB, à savoir 1800 agriculteurs, pour une surface cultivée de 4 600 hectares. Soit :

- Guelma 2 600 Ha
- Annaba 400 Ha



- Skikda 1 700 Ha

Figure 2 : Photo réel serres, Guelma, Ben-Amor

Les rendements moyens passés de 15 tonnes à l'hectare à 60 tonnes à l'hectare. La production du plant en motte en 2010 est de 25 millions entre tomate et piment, sera ramenée à 90 millions de plants avec la mise en exploitation d'une nouvelle multi chapelle.



Figure 3 : Transport des plateaux des plants vers les champs de plantation.

L'irrigation des plateaux des plants était assurée par un chariot arroseur : un système semi-automatique qui assure l'arrosage complet de la surface de la chapelle en pulvérisant une brume d'eau très dense qui à son tour délicatement irriguer le terreau sans déterrer les plants :

Un opérateur se présentait à chaque fois devant une interface (HMI) pour régler :

- Le nombre des cycles du chariot (un cycle= un aller-retour).
- La vitesse du chariot.
- Le débit de la diffusion de l'eau (manuelle).



Figure 4 : Chariot d'arrosage en action - Photo réel

II. Pourquoi cultiver sous serres ? :

Evidemment pour se protéger des aléas climatiques, le vent, la grêle qui peuvent en effet dévaster en quelques minutes des hectares de cultures. Mais aussi, parce que chaque plant est adapté à un type de climat.

Les tomates par exemple : elles sont originaires d'Amérique du sud .elles ont débarqué en Europe au XVIe siècle dans les valises de Christophe Colomb.

Le concombre quant à lui est originaire d'Asie du sud-est et c'est encore Christophe Colomb qui l'a introduit sur les tables européennes.

Les deux sont apparus sous des climats tropicaux, là où les températures et l'humidité sont beaucoup plus élevées que dans les régions tempérées.

Ce sont ces conditions de température et d'humidité qui sont reproduites dans une serre.

On utilise des serres depuis des siècles. Le principe est assez simple.la lumière du soleil traverse le vitrage et chauffe l'air ambiant et comme cet air ambiant est prisonnier de la structure, au fil de la journée l'air emmagasine de la chaleur. Une partie des rayons du soleil est absorbée par le sol et remise sous forme de rayonnement infra-rouge.

Ce rayonnement est lui aussi prisonnier de la structure. A son tour il va donc réchauffer l'air ambiant.

Résultat : la température augmente considérablement.Très rapidement, elle peut être deux fois plus élevée à l'intérieur qu'à l'extérieur de la serre et cela, malgré la vapeur d'eau rejetée par les plantes, ce qu'on appelle l'évapotranspiration, qui a tendance à rafraichir l'atmosphère.

Parfois ce n'est pas suffisant, dans une serre, on estime que la température doit être comprise entre 15 et 25 degré, c'est à cette température que les tomates se portent le mieux. Pour rester dans cette fourchette, on va donc ventiler la serre. On peut aussi humidifier l'atmosphère avec des brumisateurs, on peut aussi déployer sous les toits de grands écrans blancs, la couleur blanche réfléchit la lumière ce qui évite l'augmentation importante de la température qui risque d'abimer les plants.

- Sous le contrôle de l'agriculteur de nouvelles technologies permettent de diffuser plus ou moins de CO2 en fonction du besoin des plants, il peut également varier le taux d'humidité à l'intérieur de la serre et surtout **de surveiller le taux d'humidité du sol.**[1]

III. Pourquoi surveiller l'humidité du sol ? :

Pour s'aider à gérer cette humidité, un apport, au moment opportun de la bonne quantité d'eau d'irrigation peut procurer :

- des rendements accrus.
- un produit de meilleure qualité.
- une vigueur accrue aux plants.

- une réduction des maladies.
- une plus grande valorisation de l'eau (efficacité de l'eau).
- une réduction des coûts d'irrigation.

L'efficacité de l'utilisation de l'eau et des éléments nutritifs est optimale quand l'irrigation fournit à la culture juste la quantité d'eau dont elle a besoin.

Quand on considère la durée des opérations d'irrigation, il est logique de prendre le temps de mesurer l'humidité du sol dans le but d'améliorer les décisions d'irrigation. La surveillance de l'humidité du sol peut aider les producteurs à utiliser et à appliquer l'eau et les éléments nutritifs de manière efficace. Tous les instruments de mesure de l'humidité du sol fournissent des données qui aident le producteur à prendre de bonnes décisions quant aux quantités d'eau à appliquer et au moment où faire ces applications.

L'instrument qui convient le mieux est celui qui est adapté au style de gestion du producteur. Si l'instrument convient au producteur, ce dernier l'utilisera et en tirera des données utiles à ses décisions d'irrigation.

- Finalement vous constatez qu'avec toute cette technologie on réussit à recréer un microclimat très proche de celui du pays d'origine et on va ainsi pouvoir récolter des fruits et légumes pendant presque toute l'année originaire de différents pays.

IV. L'intérêt de la mécatronique dans l'automatisation des systèmes :

Dans ce genre de problème ou l'ingénieur est confronté à un problème d'automatisation d'un système l'intervention de la mécatronique est primordiale, mais Qu'est-ce que la mécatronique. ?

La définition de la mécatronique est très variable Selon les auteurs. En général, il est admis qu'elle représente la combinaison de la mécanique, De l'électronique et du contrôle en temps réel

D'après *Compétences Canada*,

« La mécatronique combine la technologie de la mécanique, de l'électronique,

De l'informatique, de la pneumatique, de l'électricité et de l'hydraulique.

Un emploi dans ce domaine peut comprendre l'assemblage,

La fabrication, l'entretien ou la commande de produits ou de systèmes de

Production. Les travailleurs doivent réaliser l'assemblage des éléments

Mécaniques, électriques et pneumatiques de systèmes de transfert suivant

La documentation et les schémas fournis. Le câblage électrique comprend

Les connexions d'entrée et de sortie, les capteurs et le câblage de

Moteur, les commutateurs, les boutons de commandes et les solénoïdes

Pneumatiques. »

Un dictionnaire français bien connu définit quant à lui la mécatronique comme étant :

« [La] technique industrielle consistant à utiliser simultanément et en

Symbiose la mécanique, l'électronique, l'automatique et l'informatique

Pour la conception et la fabrication de nouveaux produits. »

On peut constater que le dénominateur commun de ces définitions est la pluridisciplinarité. La mécatronique consiste à combinersimultanément plusieurs compétences, principalement La mécanique, l'électronique, et la programmation.

Le terme mécatronique a été introduit (et breveté) par la compagnie japonaise Yaskawa Electric en 1969 et est apparu en français dans le dictionnaire Larousse en 2005. Il s'agit d'un domaine interdisciplinaire par excellence qui a pour but de combiner en une seule personne ressource les besoins des produits modernes. En effet, ces derniers sont de façon quasi universelle commandés par des systèmes électroniques. Néanmoins, dès que ces produits comportent des parties mobiles, l'aspect mécanique devient important et les compétences d'un ingénieur électronicien ne suffisent plus pour créer un produit de haute performance. La mécatronique est née de ce besoin en même temps que la révolution électronique du XX^e siècle. Bien que son ancêtre, l'électromécanique, a ses racines dans la révolution industrielle. L'arrivée massive de l'électronique dans les produits de consommation et industriels, rendue possible par la miniaturisation des composants et le transport efficace de l'énergie électrique sur de longues distances, a bouleversé nos sociétés modernes. Auparavant, les sources d'énergie éolienne (moulins à vent), hydraulique (rivières et barrages), ou minérale (charbon) étaient privilégiées mais leur transport, stockage ou production rendait leur utilisation difficile en dehors de zones bien délimitées.

De par son succès, la mécatronique n'est plus maintenant un domaine monolithique et de multiples variations sémantiques existent, par exemple :

- Bio mécatronique, application aux systèmes biologiques (souvent médicaux).
- Micro mécatronique, à l'échelle micrométrique.
- Nano mécatronique, à l'échelle nanométrique.
- Mécamatronique, avec l'emploi de matériaux « intelligents ».
- Optomécatronique, incluant des systèmes optiques.
- Neuromécatronique, interface avec le système nerveux.

Dans ce projet la mécatronique nous permettra d'améliorer la performance de ce système et le rendre autonome grâce des connaissances acquises dans le domaine de la mécanique mais aussi l'électronique et l'informatique.[2]

Chapitre 2 : L'ETUDE DU SYSTEME

I. Liaison mécanique et transmission de puissance

Pour mieux comprendre le fonctionnement du système d'irrigation, il faut tout d'abord étudier la structure mécanique du système qui se compose essentiellement de :

- ✚ un guidage de translation linéaire : liaison glissière.
- ✚ un module de transmission de puissance : polie-courroie.

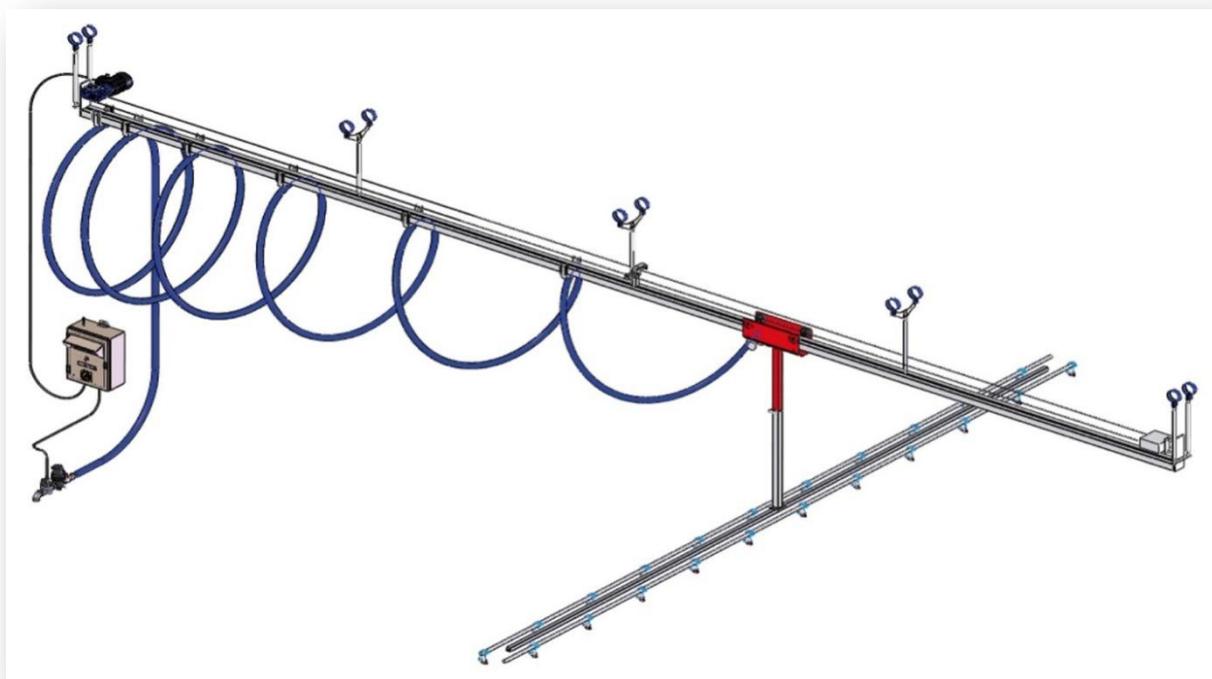
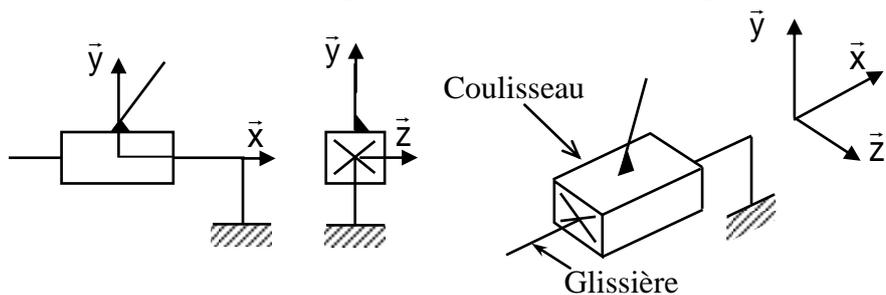


Figure 5 : Dessin cinématique du chariot arroseur.

II. Le guidage linéaire :

Le guidage en translation est la solution constructive qui réalise une **liaison glissière** entre deux pièces ou ensembles de pièces. Le seul mouvement relatif possible entre les deux pièces ou ensembles de pièces est une **translation rectiligne**.

Schématisation cinématique normalisée de la liaison glissière



Mouvements relatifs

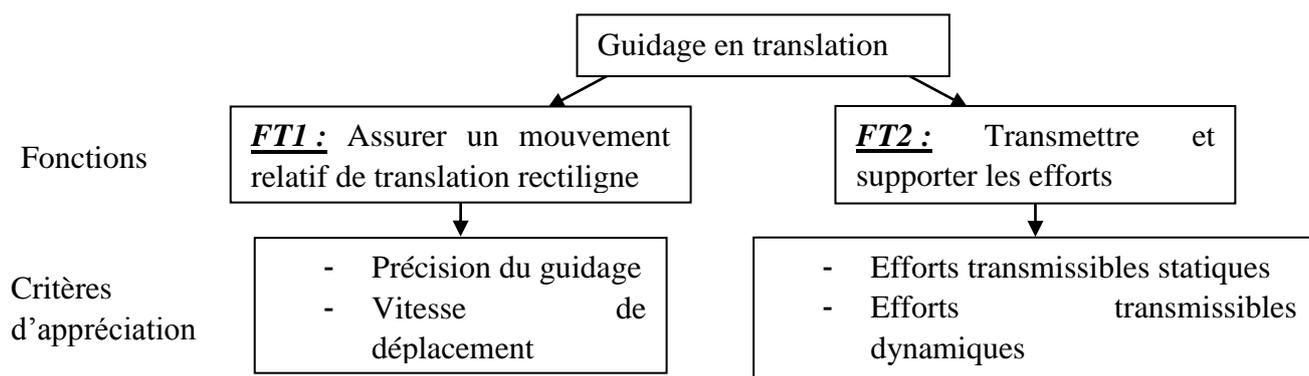
x	1	0
y	0	0
z	0	0

Figure 7 : Mouvements relatifs

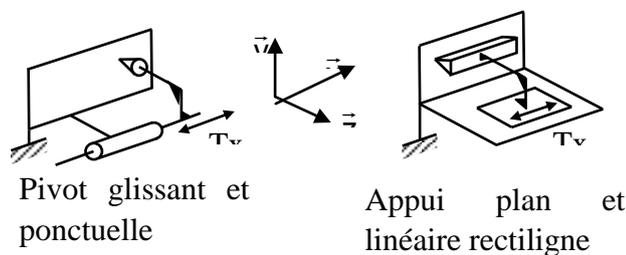
La partie mobile est appelée **coulisseau** et la partie fixe (en général liée au bâti) est appelée **glissière** (ou **guide**).

I - EXPRESSION FONCTIONNELLE DU BESOIN

Le guidage en translation doit réaliser, en phase d'utilisation, deux fonctions définies par des critères :



Afin de répondre à la fonction techniques **FT1 : assurer un mouvement relatif de translation rectiligne** il existe deux principes de solutions :



Dans la réalité, pour assurer la fonction **FT2 : Transmettre et supporter les efforts**, il est impossible d'utiliser des contacts ponctuel ou linéique. En effet pour limiter les pressions de contact et donc l'usure, il faut préserver des surfaces d'appui suffisantes.

Cependant la fabrication de contacts ponctuels et linéiques complique la réalisation du guidage.

On remplacera donc les points et les lignes de contact par des plans de superficie réduite..[3]

Guidage par arbre coulissant

Exemple1 : guidage poinçon / support de la perforatrice

Surfaces fonctionnelles

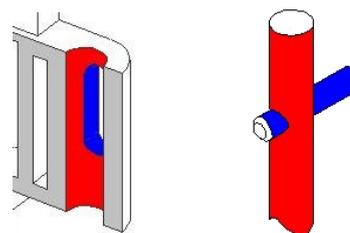
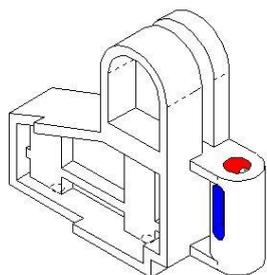
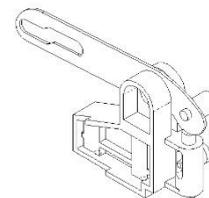
 Positionner radialement

 Arrêter en rotation

Géométrie des surfaces

Cylindre / cylindre

Cylindre / plan



Support

Poinçon + goupille

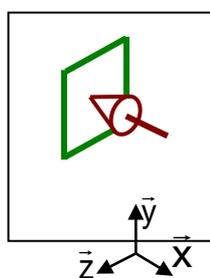
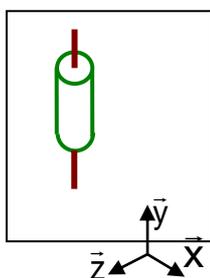
Définition des liaisons

FT1 : positionner radialement

FT2 : arrêter en rotation

Schémas cinématiques des

Tx	Ty	Tz	Rx	Ry	Rz
0	1	0	0	1	0



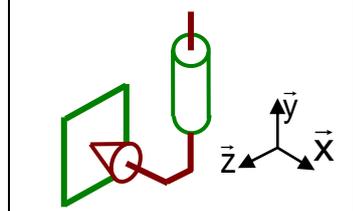
Tx	Ty	Tz	Rx	Ry	Rz
0	1	1	1	1	1

Nom de la liaison
Pivot glissant d'axe y

Nom de la liaison
Ponctuelle de normale x

Guider en translation l'ensemble poinçon + goupille / support

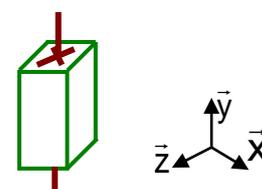
Schéma structural :



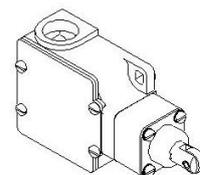
Tx	Ty	Tz	Rx	Ry	Rz
0	1	0	0	0	0

Nom de la liaison
Glissière d'axe y

Schéma équivalent :



Exemple 2 : guidage coulisseau / corps de l'interrupteur de position



Surfaces fonctionnelles

Couleurs

Fonctions

Géométrie

des



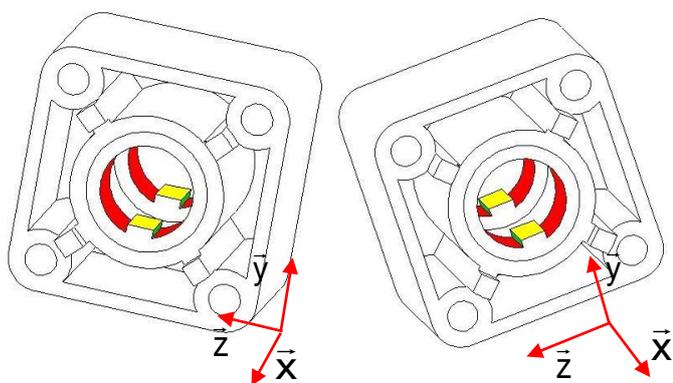
FT1 : « Positionner radialement le coulisseau »

Cylindres $\varnothing = 10 \text{ mm}$ et $L = 5 \text{ mm}$

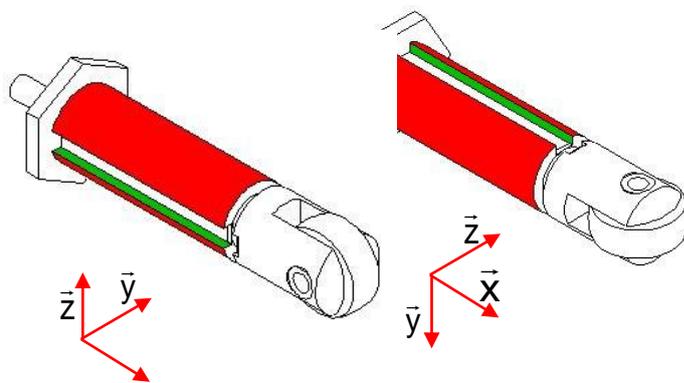


FT2 : « Positionner et maintenir en position angulairement le coulisseau »

Plans $L = 5 \text{ mm}$



Perspectives 1 : Corps vu de dessous



Perspectives 2 : Coulisseau seul

Etude cinématique

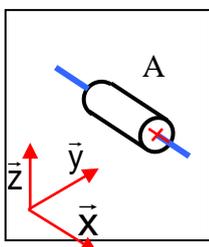
FT1 : positionner radialement le coulisseau

Tx	Ty	Tz	Rx	Ry	Rz
1	0	0	0	0	0

Tx	Ty	Tz	Rx	Ry	Rz
1	0	0	1	0	0

Nom de la liaison
Pivot glissant d'axe (Ax)

Schéma



Degré de liberté supprimé

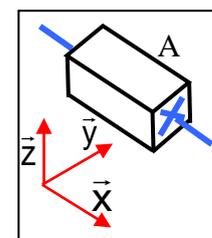
Guider en translation le coulisseau / corps

Nom de la liaison
Glissière d'axe (Ax)

Perspective 3 :

Tête de commande

Schéma



FT2 : positionner et maintenir en position angulairement le coulisseau

Exemple : Guidage de l'entraîneur de pistolet à colle

Surfaces fonctionnelles

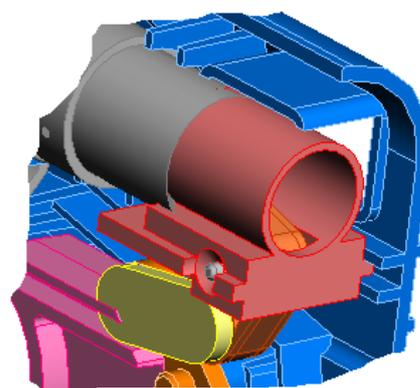
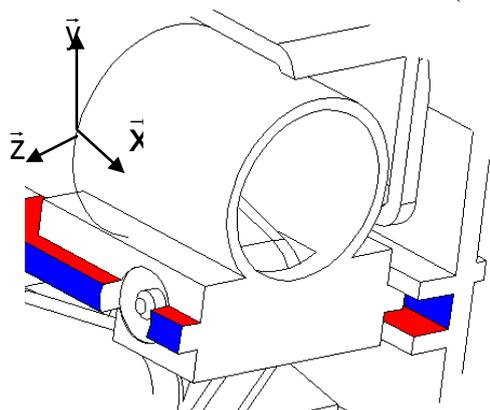
 Positionner suivant \vec{y}

 Positionner suivant \vec{z}

Géométrie des surfaces

Plan / Plan

Plan / Plan



Coupe avec les jeux accentués

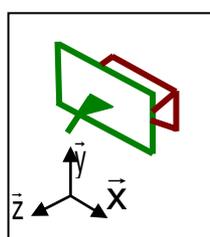
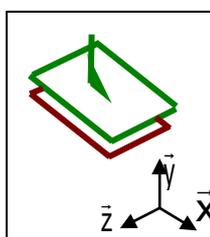
Définition des liaisons

FT1 : positionné suivant \vec{y}

FT2 : positionné suivant \vec{z}

Schémas cinématiques des

Tx	Ty	Tz	Rx	Ry	Rz
1	0	1	0	1	0



Tx	Ty	Tz	Rx	Ry	Rz
1	1	0	1	0	1

Nom de la liaison

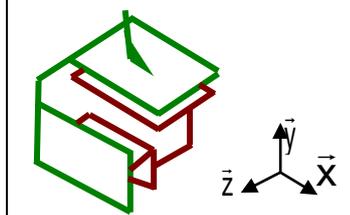
Appui plan de normale y

Nom de la liaison

Linéique rectiligne x

Guider en translation le chariot / guide

Schéma structural :

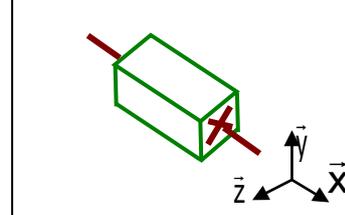


Tx	Ty	Tz	Rx	Ry	Rz
1	0	0	0	0	0

Nom de la liaison

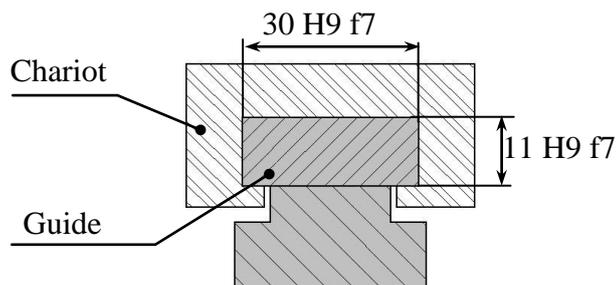
Glissière d'axe x

Schéma équivalent :



Conditions fonctionnelles

Exemple de réalisation avec guidage de précision moyenne



III - Précision d'un guidage : influence du jeu

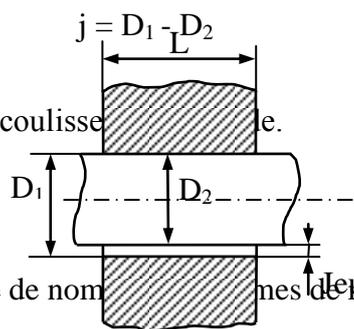
La précision du guidage dépend principalement :

- de la valeur du jeu interne du guidage j (jeu radial)
- de la longueur du guidage L

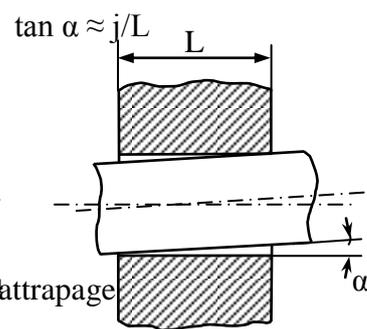
Un jeu minimal est nécessaire au fonctionnement de la liaison glissière. Ce jeu interne permet au coulisseau des déplacements transversaux et angulaires.

Le **jeu radial** dépend de l'ajustement entre le coulisseau et le guide.

Jeu radial

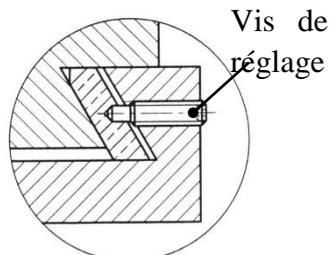
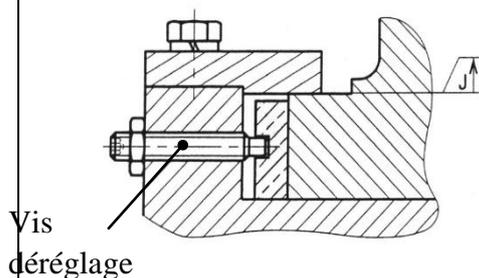


Déviat ion angulaire

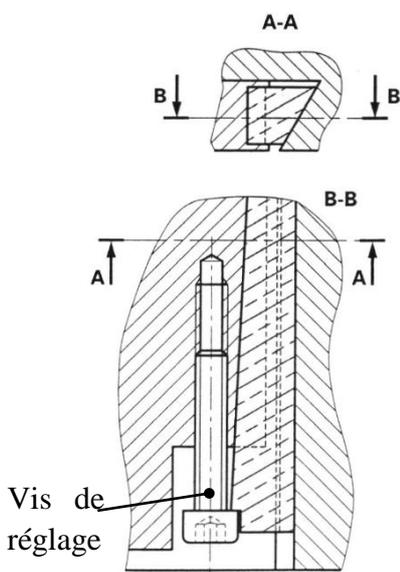


Systèmes de rattrapage de jeu

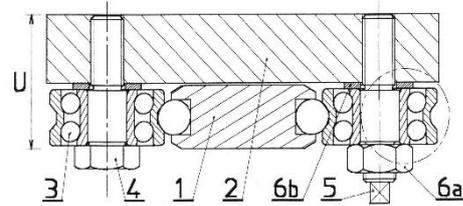
Afin de limiter le jeu dans le guidage, il existe de nombreux systèmes de rattrapage



Réglages par cales à section constante



Réglage par cale pentée



Régla ge par Système à Excentrique

Exemple vu : axe Z du transgerbeur

III. Les différents types de guidages :

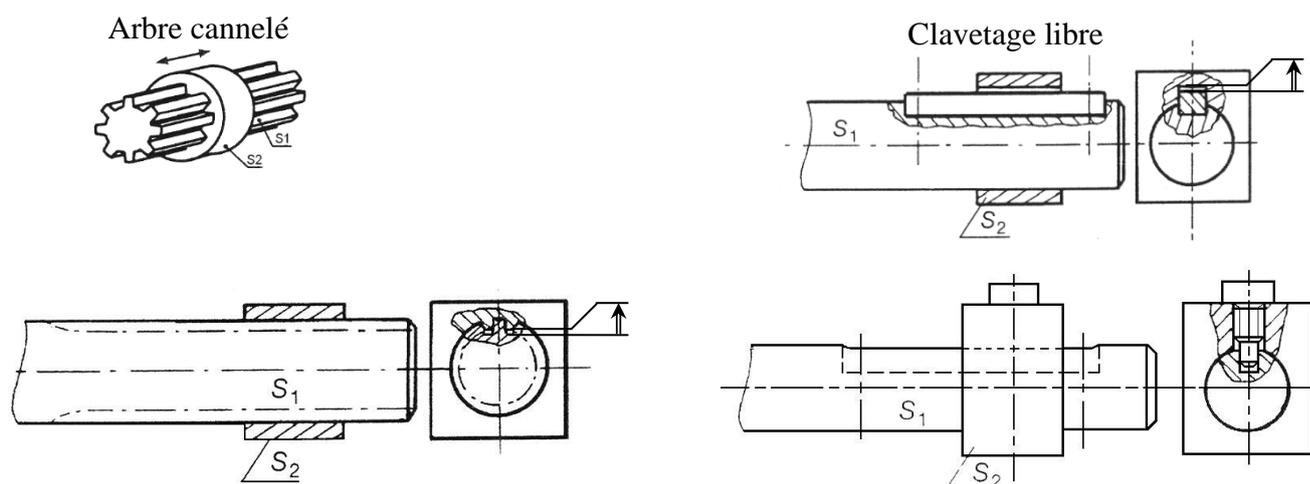
Il existe plusieurs types de guidages ayant des performances spécifiques :

- guidages par contact direct
- guidages avec interposition d'éléments antifriction
- guidages avec interposition d'éléments roulants
- guidages sans contact

Guidages par contact direct

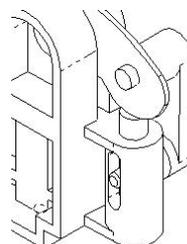
Guidages par arbre ou moyeu coulissant

Les guidages par arbre ou moyeu coulissant, sont les solutions de constructions qui associent une surface de contact cylindrique et un arrêt en rotation autour de l'axe de cette surface cylindrique.[3]



Forme cylindrique + obstacle en rotation

Exemple vu :
Poinçon / support de
la perforatrice



Guidages de type prismatique

Les guidages de type prismatique associent des surfaces de contact planes. Ils comportent un dispositif de réglage du jeu qui permet de rattraper l'usure. En général on utilise des cales en matériau tendre (bronze...).

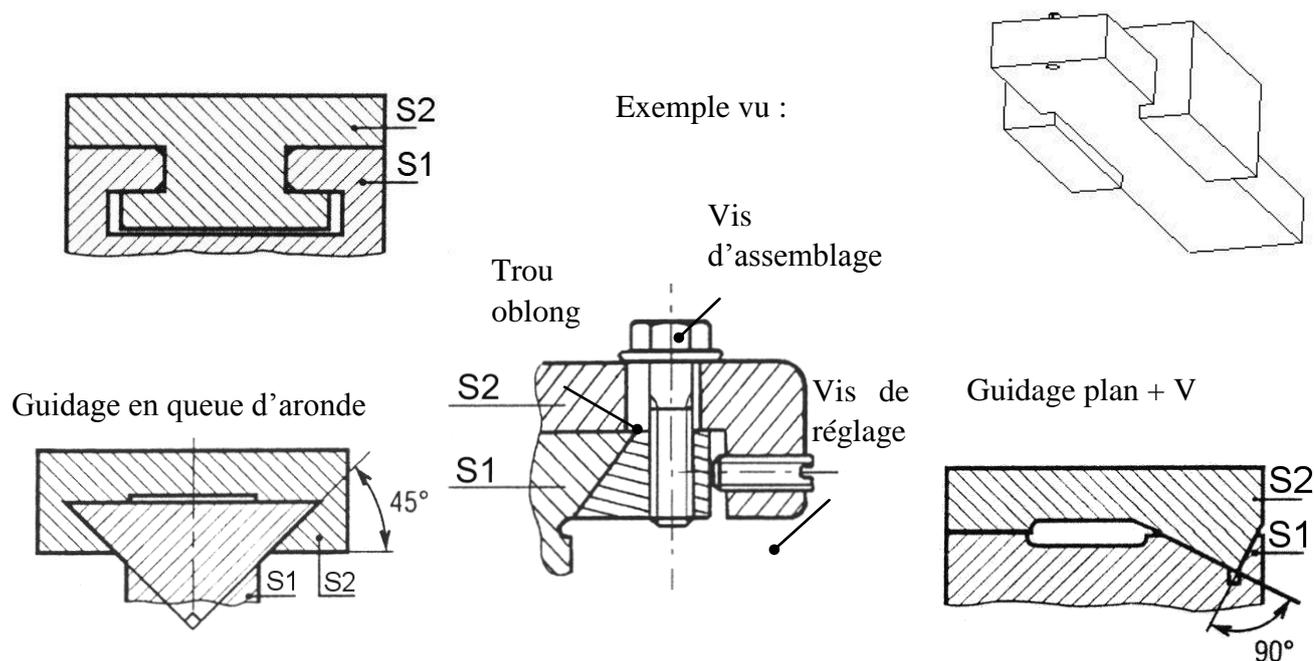


Figure 8 : Exemple de système de réglage.

Guidages par interposition d'éléments antifriction

L'interposition d'éléments antifriction entre les surfaces de liaison permet :

- de diminuer le coefficient de frottement
- de reporter l'usure sur ces éléments interchangeables

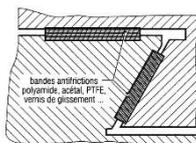
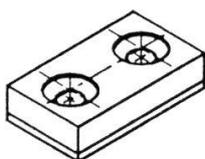
Types d'éléments antifrictions :

Les matériaux utilisés :

- acier recouvert de PTFE
- bronze fritté autolubrifiant
- polyamide



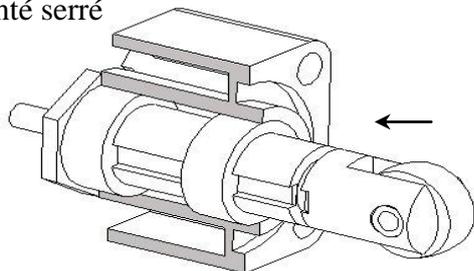
Élément à visser



Éléments à coller

Palier lisse

Monté serré



Exemples :

← Coulisseau / corps de l'interrupteur de position

→ Mors mobile / fixe de l'étau Proxon

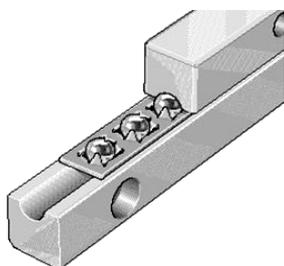
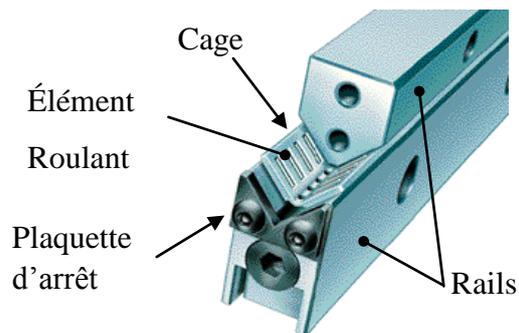
Guidages par interposition d'éléments roulants

Les guidages par éléments roulants constituent une famille de composants standards dont le principe est de remplacer le glissement par le roulement.[3]

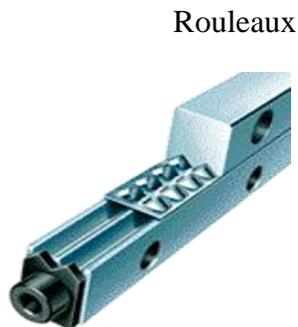
Guidages par cages à éléments roulants

Ils comportent 3 catégories de constituants :

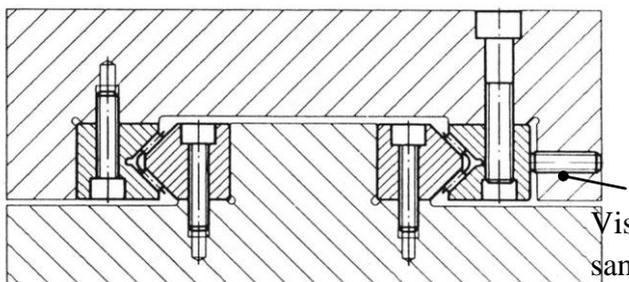
- les éléments roulants (avec ou sans cage)
- les rails de guidage qui portent les chemins de roulement, liés respectivement au coulisseau et à la glissière.
- Les organes d'arrêt ou de protection



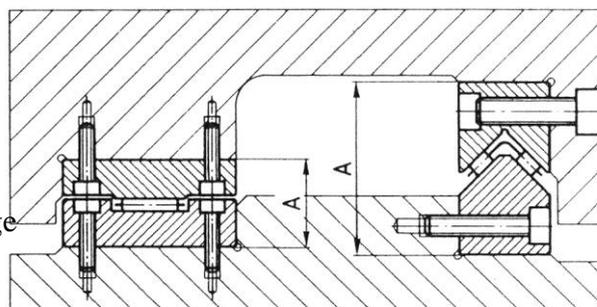
Montage maintenu avec 2 glissières à aiguilles en vé



Montage non maintenu avec 2 glissières à aiguilles, une en vé et une plaque

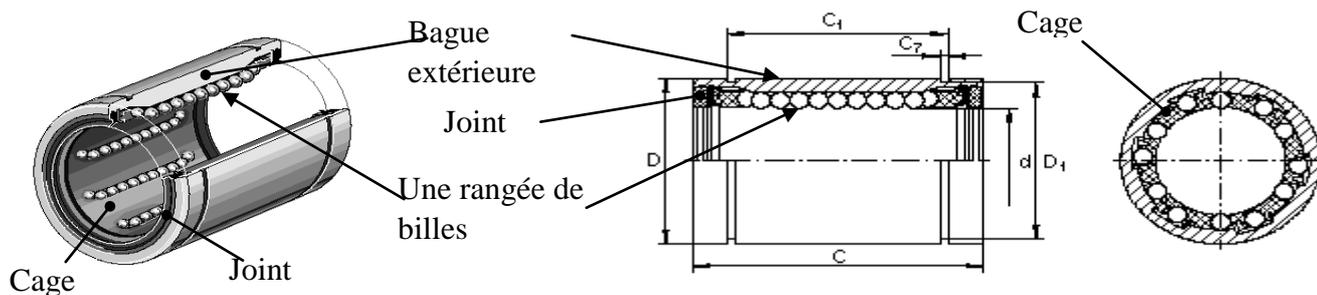


Vis de réglage sans tête



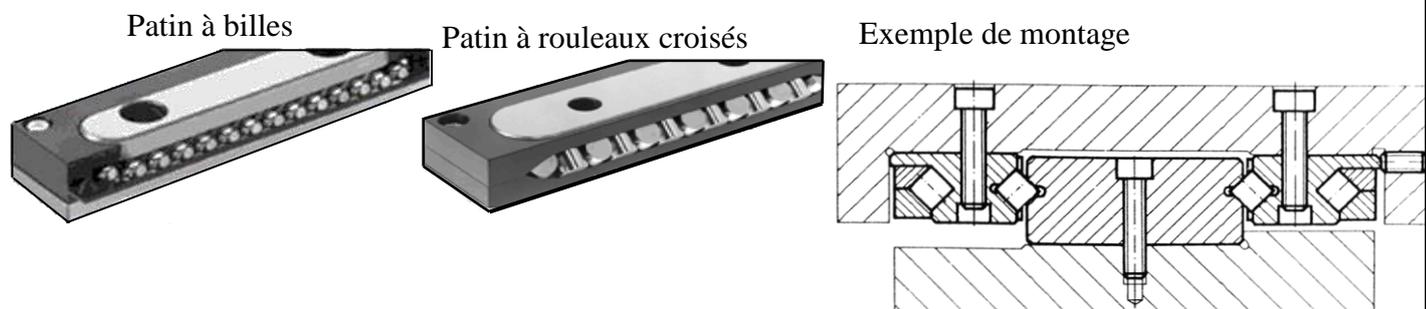
Guidages par douilles à billes

Ils sont souvent réalisés par 4 douilles à billes, comme celle présentée ci-dessous.



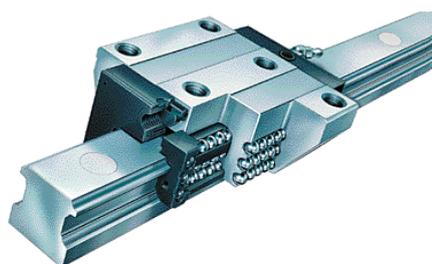
Guidages par patins

Les patins sont des systèmes à recirculation d'éléments roulants. Ils sont toujours montés par paire.



Guidages par systèmes complets

Ce sont des systèmes à recirculation d'éléments roulants.



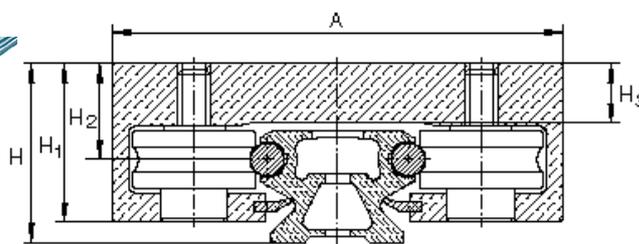
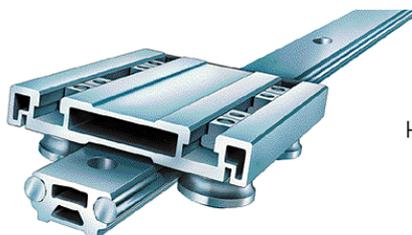
Guidage à 6 rangées de billes



Guidage à 4 rangées de rouleaux

Guidages par galets

Ils comportent quatre galets. Afin de régler le jeu de fonctionnement, deux des quatre galets sont montés sur des axes excentriques. **Exemple :** l'axe Z du transgerbeur.



CRITERES DE CHOIX D'UNE SOLUTION

Le choix d'une solution constructive repose sur son aptitude à satisfaire le cahier des charges de l'application, en mettant en jeu le minimum de ressources.

Les principaux **indicateurs de qualité** sont les suivants :

- Précision du guidage
- Vitesse de déplacement maximale
- Intensité des actions mécaniques transmissibles
- Fiabilité (probabilité de bon fonctionnement)
- Maintenabilité (probabilité liée à la durée de réparation)
- Encombrement
- Esthétique
- Coût

IV. Transmission des Puissances :

1 - Généralités :

Un moteur caractérisé par sa puissance a généralement un seul sens de marche et une seule vitesse de rotation. Certains moteurs peuvent avoir deux sens de marche.

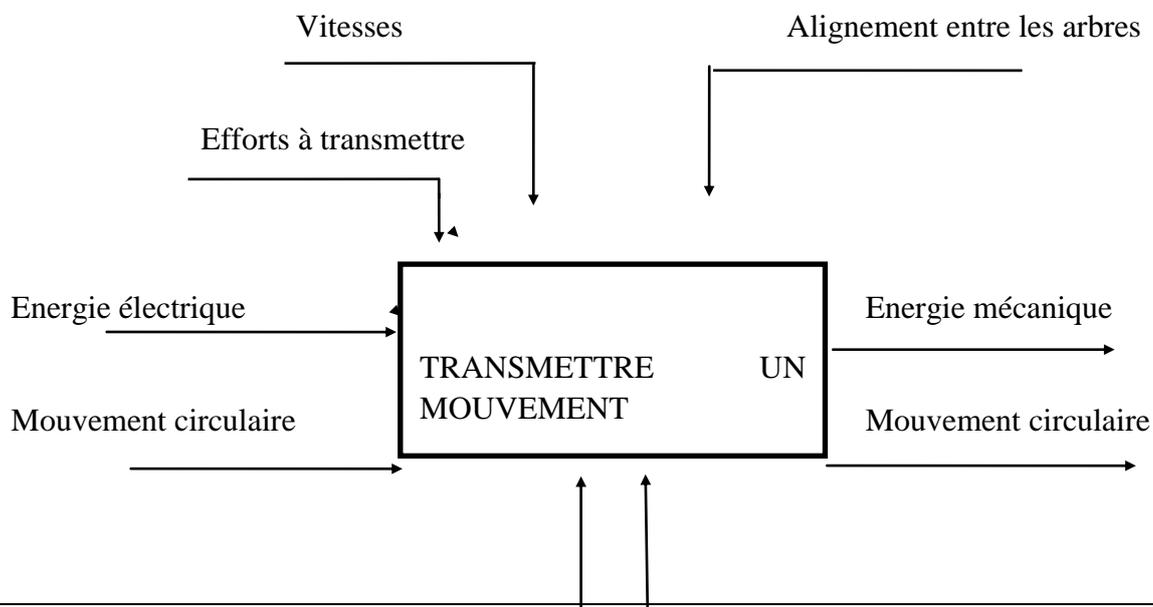
Le récepteur, qui reçoit la puissance du moteur doit, selon ses conditions d'utilisation :

- Tourner dans les deux sens
- Tourner à vitesses variables

Remarque : la variation de vitesse s'accompagne d'une variation de couple si $\omega = 1$

$$P = C_1 \cdot \omega_1 = C_2 \cdot \omega_2$$

Selon différentes données du problème une solution sera retenue



Continuité du mouvement Distance entre les arbres de transmission

v. Transmission par courroies

Elles sont utilisées en manutention ou en transmission de puissance. Ces transmissions sont assez faciles à concevoir et souples d'emploi. Elles donnent une grande liberté pour positionner les organes moteur et récepteur. Economiques, elles remplacent de plus en plus souvent les engrenages, les arbres, les paliers et diverses transmissions rigides. Elles réduisent et amortissent les vibrations, atténuent les chocs et les à-coups de transmission ce qui augmente la durée de vie des machines.

La durée de vie étant limitée, il est nécessaire de prévoir un plan d'entretien périodique pour surveiller l'usure, le vieillissement, la perte d'élasticité, et prévoir les remplacements aux premiers signes de dégradation.

Leur calcul se fait le plus souvent à l'aide de tableaux, et graphes de constructeur.

1- Généralités :

Les poulies et courroies permettant la transmission du mouvement circulaire continu entre deux arbres moteur et récepteur éloignés l'un de l'autre dont les axes X_1 et X_2 peuvent occuper diverses positions relatives.

❖ axes parallèles (montage le plus courant, pour utilisation de courroie plate ou trapézoïdale.) avec brin croisé ou non (brins croisés : inversion du sens de rotation, déconseillé pour courroie trapézoïdale)

Conditions à respecter : longueur courroie $l \geq 7.b$ (b : largeur de la courroie)

$$\text{Entraxe } e \geq 10.b \cdot \frac{d_1 + d_2}{d_1}$$

$$\text{Largeur poulie } b' : 10 + b \leq b' \leq 20 + b$$

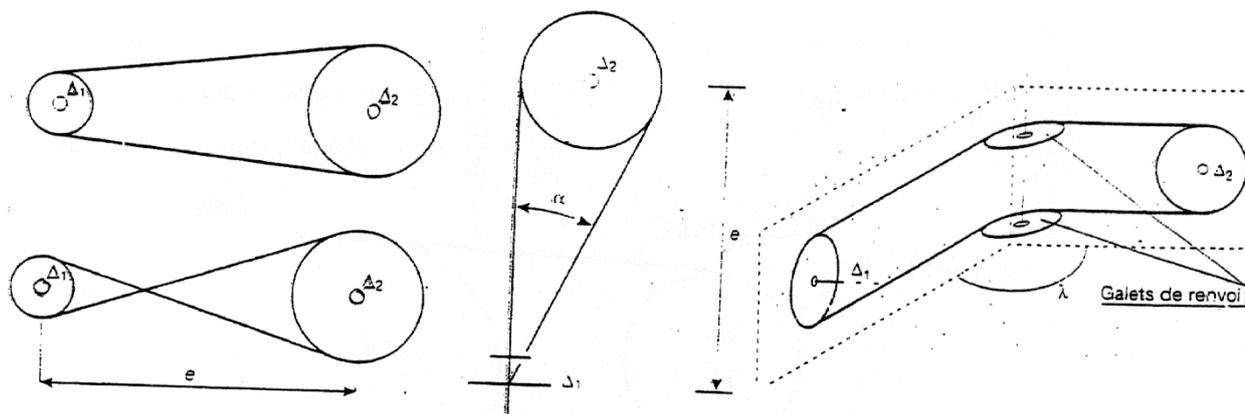
❖ axes perpendiculaires orthogonaux.

Conditions à respecter : courroie plate: $e \geq 10 \cdot \sqrt{b \cdot d}$ d : plus grand diamètre entre d_1 et d_2 .

$$\text{Courroie trapézoïdale : } e \geq 5,5.(b + d)$$

❖ axes inclinés d'un angle quelconque dans 2 plans parallèles : utilisés pour courroie plate ou trapézoïdale.

Le couple C_2 transmis à l'arbre récepteur peut varier en intensité (diamètres différents) et en sens (brins croisés ou pas).[4]



1.2 - Mode d'entraînement :

L'entraînement entre les poulies est obtenu par adhérence (le plus souvent) au moyen d'un lien souple sans fin appelé courroie.

Différents types de courroies :

- asynchrone : plate - trapézoïdale - poly V
- synchrone : courroie dentée (= chaînes)

Asynchrone : qui ne se produit pas dans le même temps, qui n'a pas la même période, la même vitesse.

Homocinétique : transmission régulière des vitesses entre deux arbres non alignés.[4]

1.3 - Avantages :

- possibilité d'une variation d'entraxe et de position relative entre moteur et récepteur
- souplesse relative dans la transmission : élasticité de la courroie (\approx amortisseur)
- possibilité de glissement de la courroie / poulie en cas de surcharge (patinage) \Rightarrow fonction de limiteur de couple à glissement.
- pas de lubrification (carter = élément de protection).[4]
- entretien limité à la tension de pose, et réglage périodique
- longue durée de vie.
- coût d'achat et d'installation faible
- bon rendement (jamais $< 95\%$)

1.4 - Inconvénients :

- encombrements des paliers (efforts radiaux importants dus à la tension des courroies)
- la non garantie d'une transmission parfaitement homocinétique pour les courroies asynchrones (\Rightarrow élasticité des courroies, glissement systématique ≈ 2 à 3%).[4]

2 - Rapport de transmission :

$$k_{12} = (1-g)^{\frac{d_1}{d_2}} \quad (g : \text{valeur du glissement} \approx 2\%)$$

Au glissement près, on peut écrire $\frac{d_1}{d_2} = \frac{N_2}{N_1}$

Remarques : L'adhérence entre poulie et courroie est d'autant plus grande que :

- la courroie est plus souple
- le coefficient de frottement est plus élevé entre poulie et courroie
- la vitesse linéaire de la courroie est plus faible
- l'angle d'enroulement est plus grand (utilisation d'un galet tendu sur brin mou pour augmenter cet angle. [4])

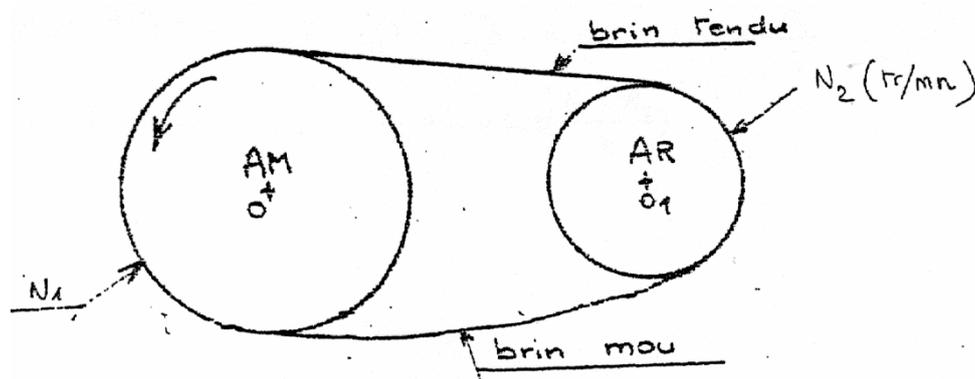


Figure 9: Transmission par poulie-courroie

Chapitre 3 : Actionneur et capteurs : moteur, variateur, capteurs, électrovannes

Dans cette partie nous allons étudier de façon explicite les différents composants électriques du système d'irrigation à savoir :

- les moteurs électriques
- le variateur de vitesses
- les capteurs de positions et les capteurs d'humidité du sol (spécialement)
- les électrovannes

Ces composants assurent le mouvement adéquat au moment opportun et réagissent selon les informations données par les différents types de capteurs. Le capteur d'humidité du sol informe le système de commande que les plants ont atteint le seuil de flétrissement permanent qui a été déterminé par l'agriculteur. Le moteur électrique démarre ou s'arrête sur des positions pré déterminées par les capteurs de position et entraîne le chariot avec une vitesse déterminée par le variateur de vitesse. Tout d'abord, nous allons expliquer ce qu'un moteur électrique.

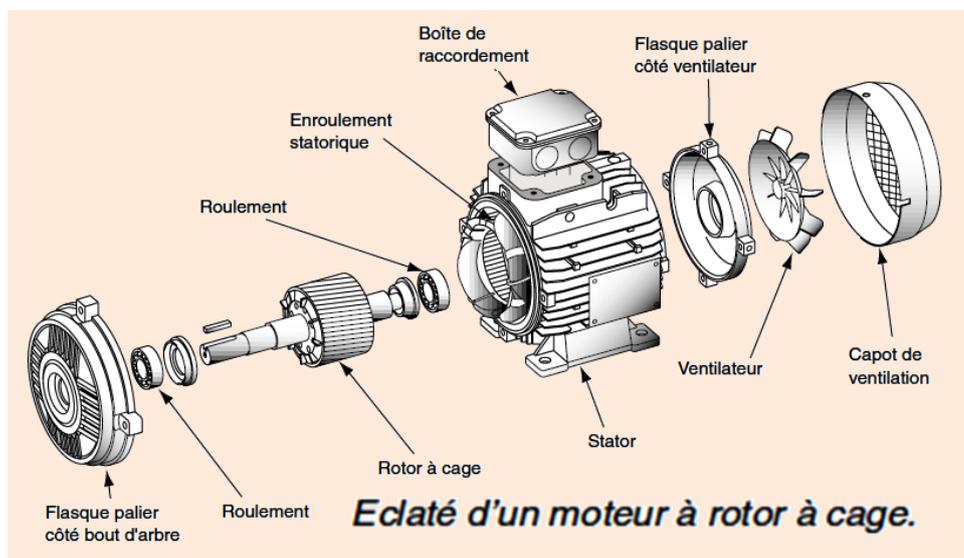
I. Les moteurs électriques :

Un moteur électrique, travaille à l'inverse du générateur ou de l'alternateur : il transforme l'énergie électrique reçue en énergie mécanique. Cela au départ d'une batterie ou d'une autre source d'alimentation électrique. Les moteurs sont alimentés soit par du courant continu (CC) ou par du courant alternatif (CA).

Bien que de conception différente, les moteurs fonctionnent sous deux grands principes :

- l'induction électromagnétique, découverte par l'inventeur britannique Michael Faraday. Un conducteur crée un courant « induit » lorsqu'il se déplace dans un champ magnétique.
- A l'inverse du premier principe la réaction électromagnétique observée par le physicien français

André-
Ampère :
électrique
un
subit une



Marie
un courant
passant dans
conducteur
force.[5]

- Bien que de nombreux types de moteurs électriques existent, nous allons définir les plus utilisés :

A. Le moteur synchrone

Parce que leur fréquence de rotation ne dépend que du réseau qui les alimente, les moteurs synchrones ont des emplois spécifiques, par exemple là où une rotation uniforme est primordiale.

Utilisés directement sur le réseau public, les moteurs synchrones ne peuvent démarrer seuls : on doit d'abord les entraîner à leur vitesse de rotation nominale avant de les coupler au réseau : cela nécessite un moteur auxiliaire. Les moteurs synchrones sont donc d'un emploi malaisé.

La véritable renaissance du moteur synchrone est assez récente : elle est due à l'association de ce moteur avec les onduleurs à thyristors que l'électronique de puissance a permis de mettre au point. Elle concerne le domaine de puissance de l'ordre des MW (donc des moteurs de forte puissance).

Les onduleurs qui alimentent les moteurs synchrones fournissent à ces machines des courants triphasés de fréquence variable à partir d'une source de courant continu (elle même obtenue par redressement à partir du réseau). Mais, afin que le moteur synchrone ne risque pas de "décrocher", la fréquence des courants créés par l'onduleur tient compte de la vitesse de rotation du moteur. On obtient ainsi les moteurs synchrones autopilotés qui équipent de nombreuses réalisations modernes (T.G.V. Atlantique, malaxeurs de l'industrie chimique).

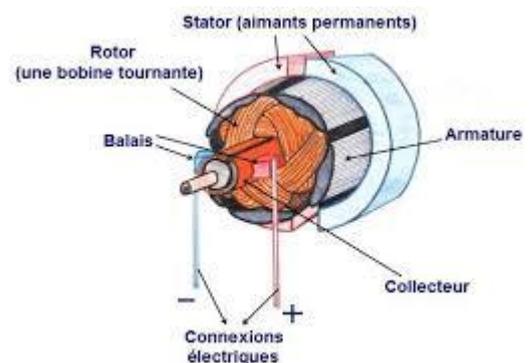
Ce type de moteur se développe à un rythme soutenu pour les grandes puissances, mais il faut remarquer que son utilisation mobilise une partie électronique au moins aussi importante que le moteur proprement dit.[6]

B. Les moteurs à courant continu

L'emploi des moteurs à courant continu est sans équivalent dans le domaine des très faibles puissances (jouets, perceuses miniatures,...). Il est en particulier presque obligatoire dans les équipements des automobiles (essuie-glaces, ventilateurs, lève-vitres, démarreurs,...). Dans le domaine industriel, on trouve des moteurs à courant continu de puissance moyenne dans les applications à vitesse variable. En ce qui concerne les fortes puissances, les limitations technologiques liées à l'alimentation en puissance électrique du rotor font qu'ils sont maintenant supplantés par les moteurs synchrones autopilotés qui possèdent globalement les mêmes caractéristiques mécaniques.

La propriété essentielle des moteurs à courant continu est leur remarquable capacité de variation de vitesse. Celle-ci peut, en régime permanent, être réglée sans difficulté dans un rapport 1 à 1000. Cette gamme de variation est bien supérieure à celle que l'on peut obtenir avec les autres moteurs électriques, même associés à des dispositifs électroniques. Elle est sans commune mesure avec ce que peuvent assurer les moteurs thermiques.

La variation de vitesse des moteurs à courant continu s'effectue maintenant presque exclusivement grâce à **la variation de la tension d'alimentation**. Là encore, c'est l'intervention de l'électronique de puissance



qui a permis de profiter pleinement des possibilités de ces moteurs. Les dispositifs, devenus usuels que sont, d'une part les redresseurs commandés à thyristors et d'autre part, les hacheurs, sont en mesure de fournir ces tensions variables à partir, respectivement, du secteur alternatif ou d'une source de tension continue fixe. Mais les moteurs à courant continu sont coûteux. A puissance égale, le prix d'un moteur à courant continu est plus de deux fois celui d'un moteur asynchrone de même puissance.

Aussi, si l'on met à part les usages spécifiques (jouets, automobile...) Imposés par des considérations particulières (sécurité, autonomie, nature de l'alimentation disponible), ce n'est que lorsqu'on a un besoin impérieux de réaliser un entraînement à vitesse très largement variable qu'il faut utiliser un moteur à courant continu. Actuellement, même ce créneau est grignoté par les moteurs asynchrones qui, associés à des onduleurs autonomes permettent l'entraînement à vitesse variable à des coûts tout à fait compétitifs.

Le domaine d'utilisation privilégié des moteurs à courant continu est celui de la traction électrique (traction automobile, chariots élévateurs, traction ferroviaire). Ce sont alors des moteurs "série".

On emploie aussi les moteurs à courant continu dans les asservissements de vitesse très performants. En effet, pour asservir à une grandeur de commande même constante la vitesse d'un moteur dont la charge varie, il faut pouvoir agir sur cette vitesse de manière à être capable de rattraper les écarts entre la grandeur de consigne et la vitesse effective. Ainsi, les platines de chaînes Hi-Fi sont équipées de moteurs à courant continu et non de moteurs asynchrones monophasés.

On trouve encore des moteurs à courant continu dans les fabriques de papier (où les différents moteurs agissant sur une même feuille de papier sont asservis les uns aux autres), dans les laminoirs (où les phases de ralentissement et d'inversion du sens de rotation sont extrêmement fréquents), dans beaucoup d'ascenseurs, de machines-outils et de servomécanismes de grandes performances.[6]

C. Les moteurs universels

Les moteurs universels sont les moteurs les plus utilisés dans la vie domestique. Ils équipent les moulins à café, les mélangeurs, mixeurs et robots ménagers, les foreuses, ponceuses et autres scies sauteuses des bricoleurs, les petits ventilateurs, les sèche-cheveux, aspirateurs...

Il s'agit de moteurs à collecteur, qui sont prévus pour fonctionner en courant alternatif monophasé (mais qui fonctionneraient mieux encore en courant continu : faites l'essai avec une foreuse en lui appliquant une tension continue d'une cinquantaine de volts). La vitesse de ces moteurs chute très vite lorsqu'un couple important leur est demandé.

On reconnaît, au bruit, que l'on a affaire à un moteur universel à l'extrême variation de sa vitesse avec la charge.

L'usage des moteurs universels est limité aux puissances inférieures au kW. En effet, le fonctionnement du collecteur en courant sinusoïdal est encore plus délicat qu'en courant continu, et l'ensemble balais-collecteur constitue la partie fragile de ces machines.[6]

D. Les moteurs pas à pas

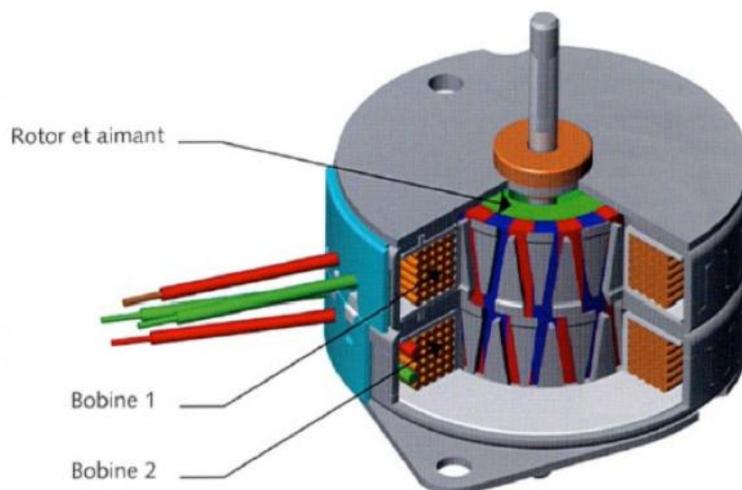
Il faut signaler la montée extrêmement rapide, sur le marché industriel, de ce type de moteurs.

Associés aux processeurs qui équipent les machines-outils à commande numérique, à tous les dispositifs nécessitant un positionnement précis, ces moteurs, très simples par leur constitution, mais nécessairement associés, là encore, à des dispositifs électroniques de commande et d'alimentation, ont des puissances comprises entre quelques watts et quelques centaines de watts.

Ils offrent des caractéristiques qui simplifient considérablement la conception des équipements de position : ils permettent en effet, un blocage à l'arrêt en une position spécifiée, alors que les autres moteurs électriques doivent être bloqués, de l'extérieur, par un frein, dans la position qu'ils ont atteinte lorsqu'ils étaient alimentés. Cela est dû au fait que l'on peut les considérer comme composé d'un aimant (le rotor), venant se placer successivement devant les bobines qui sont alimentées à tour de rôle en courant continu. Il suffit de maintenir l'alimentation de la bobine en vis-à-vis du rotor arrêté, pour que celui-ci soit bloqué dans cette position.

On rencontre ces moteurs en horlogerie, dans les machines à découper, dans les ensembles qui leur associent processeurs de contrôle et de calcul d'une part, laser d'usinage d'autre part, dans les automates ...

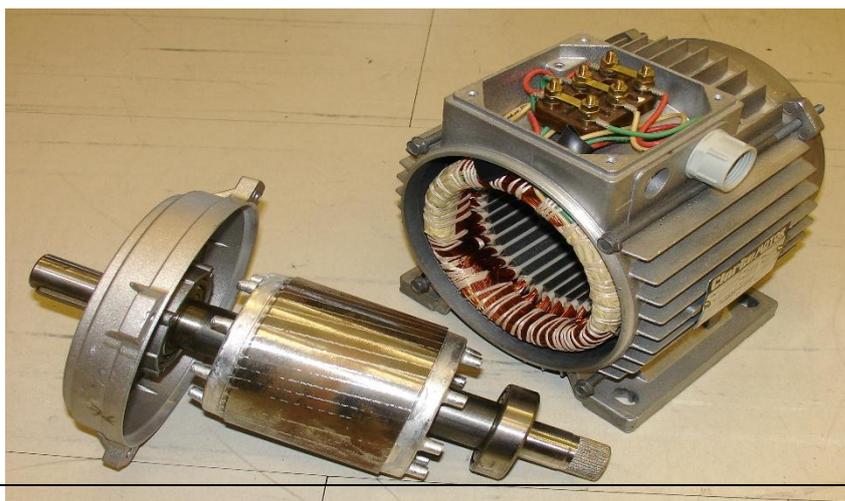
La variation de vitesse de ces moteurs est obtenue par action sur le rythme de succession des bobines alimentées : c'est lorsqu'on les commande par microprocesseur, que ces moteurs atteignent leurs performances optimales (rapidité, précision).[6]



E. Les moteurs asynchrones :

Étant donné que nous utilisons ce type de moteur dans notre système d'irrigation, nous allons parler de façon plus détaillée :

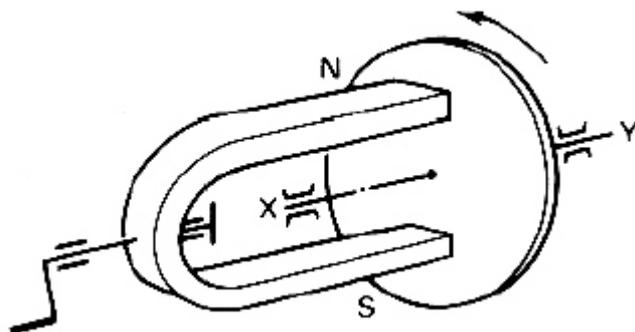
De par sa robustesse, la simplicité de sa structure, son poids et sa taille, la machine asynchrone offre de nouvelles perspectives technologiques dans de nombreux domaines industriels, où l'on apprécie principalement son peu de maintenance et son faible coût.



Sa puissance s'étend d'une centaine de watts à 20 MW. Les vitesses de rotation sur le réseau triphasé 50 Hz sont de 3000, 1500, 1000, 750 tr/mn pour des moteurs dont le nombre de paires de pôles est respectivement 1, 2, 3, 4.

1. Principe de fonctionnement

Si l'on entraîne un aimant permanent (N S) en rotation autour de l'axe X Y on constate qu'un disque de cuivre, monté libre en rotation sur le même axe, est entraîné en rotation par l'aimant mais tourne un peu moins vite que ce dernier.[7]



Explication : Le champ magnétique tournant, produit par l'aimant en rotation, induit dans le disque conducteur en cuivre des courants de Foucault. Ceux-ci d'après la **loi de Lenz** doivent s'opposer à la cause qui leur a donné naissance. Comme les courants induits ne peuvent pas empêcher la rotation de l'aimant, ils entraînent le disque en rotation, ce qui diminue le déplacement relatif du champ, mais, en aucun cas, le disque ne peut atteindre la vitesse du champ sinon il y aurait suppression du phénomène qui est à l'origine des courants induits. **Création d'un champ tournant en triphasé)** Si on alimente 3 bobines identiques placées à 120° par une tension alternative triphasée :

- Une aiguille aimantée, placée au centre, est entraînée en rotation ; il y a donc bien création d'un champ tournant.
- Un disque métallique en aluminium ou en cuivre est entraîné dans le même sens que l'aiguille aimantée.
- En inversant deux des trois fils de l'alimentation triphasée, l'aiguille, ou le disque tourne en sens inverse.

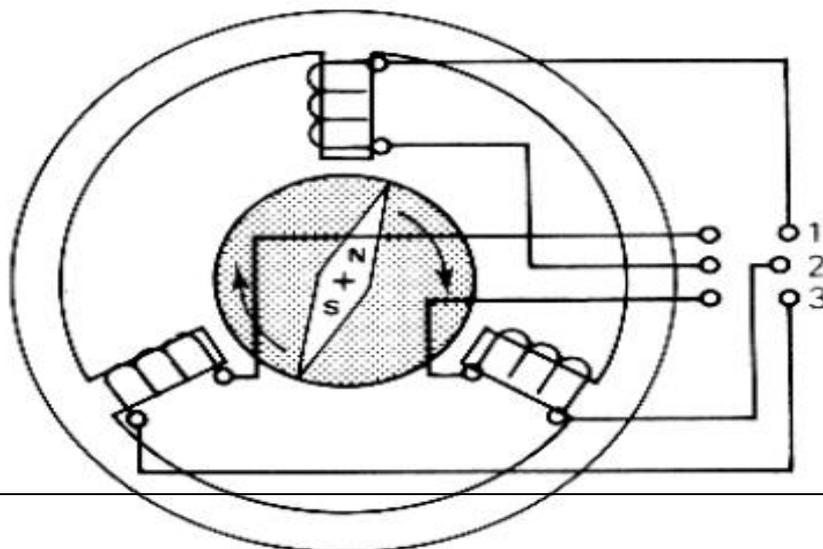


Figure 10 : Principe de fonctionnement d'un moteur asynchrone

Ce principe est appliqué au moteur asynchrone en remplaçant la partie tournante par élément cylindrique appelé rotor qui comporte un bobinage triphasé accessible par trois bagues et trois balais, ou une cage d'écuriel non accessible, à base de barres en aluminium. Dans les deux cas, le circuit rotorique doit être mis en court-circuit. [7].

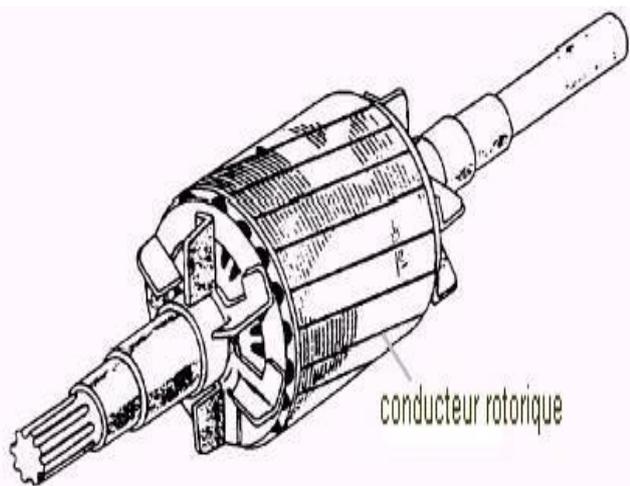


Figure 11: Rotor d'un moteur asynchrone

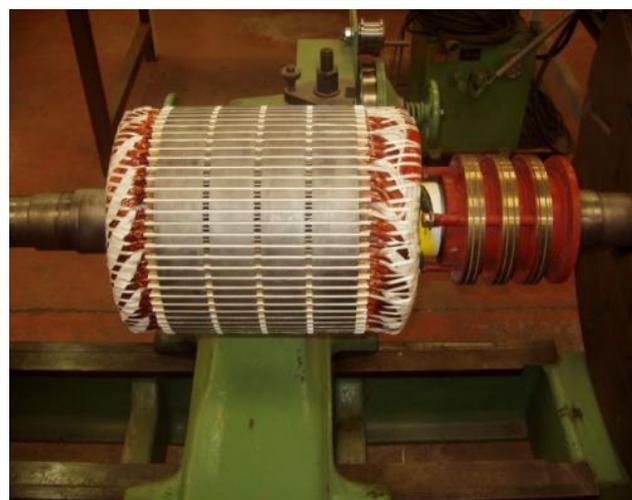


Figure 12 : Rotor d'un moteur synchrone

2. Détermination du couplage

A partir de les indications données par la plaque signalétique et le réseau d'alimentation l'utilisateur doit coupler adéquatement les enroulements du stator soit en triangle soit en étoile[8]

MOT. 3 ~ LS 80 L T					
N° 734570 BJ 002 kg 9					
IP 55 I cl.F 40°C S1					
V	Hz	mln ⁻¹	kW	cos φ	A
Δ 220	50	2780	0,75	0,86	3,3
○ Y 380					1,9
Δ 230	50	2800	0,75	0,83	3,3
Y 400					1,9
Δ 240	50	2825	0,75	0,80	3,3
Y 415	**				1,9

MOTEURS LEROY-SOMER

Figure 13 : Plaque signalétique d'un moteur triphasé asynchrone.

- Si la plus petite tension de la plaque signalétique du moteur correspond à la tension entre phases du réseau, on adopte le **couplage Δ** .
- Si la plus grande tension de la plaque signalétique du moteur correspond à la tension entre phase du réseau, on adopte le **couplage Y**.

Couplages des enroulements sur plaque à bornes On utilise des barrettes pour assurer le couplage choisi des enroulements sur la plaque à bornes du moteur.[8]

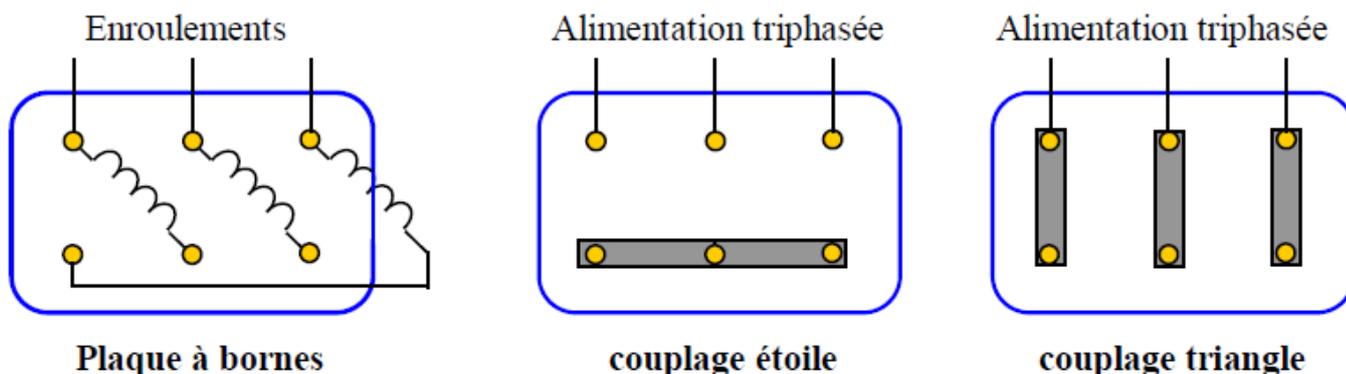


Figure 14 : Couplage étoile, couplage triangle.

Problème de démarrage des moteurs asynchrones

Le branchement du moteur au réseau électrique peut se réaliser par :

- Démarrage direct : Si le courant de démarrage n'entraîne pas la détérioration des enroulements du moteur ou l'installation accompagnant. Utilisé pour les moteurs à faibles puissances.
- Utilisation d'un procédé de démarrage s'il y a risque de détérioration des enroulements du moteur ou l'installation accompagnant.[8]

3. Démarrage direct

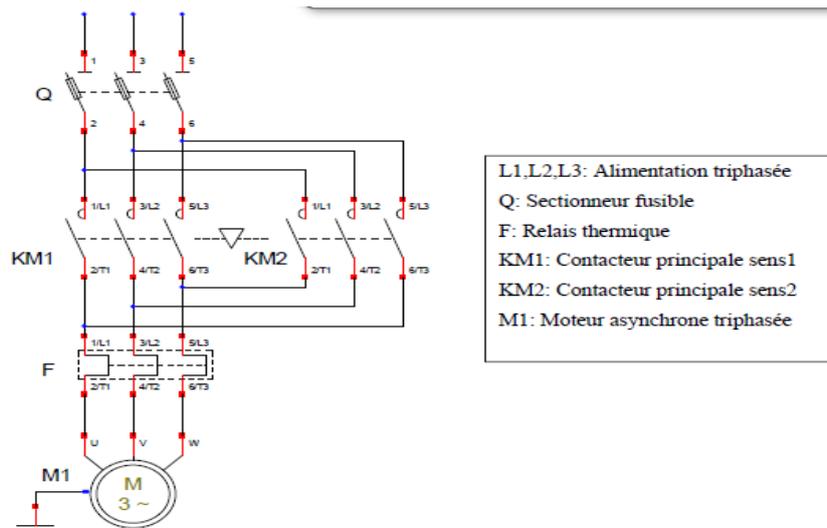
Principe de ce procédé de démarrage : le moteur asynchrone est branché directement au réseau d'alimentation le démarrage s'effectue en un seul temps. Le courant de démarrage peut atteindre 4 à 8 fois le courant nominal du moteur. Le couple de décollage est important, peut atteindre 1,5 fois le couple nominale.

4. Démarrage direct deux sens de rotation:

Le schéma suivant est un démarrage direct deux sens de rotation d'un moteur triphasé.[12]

Ce schéma répond aux fonctions suivantes :

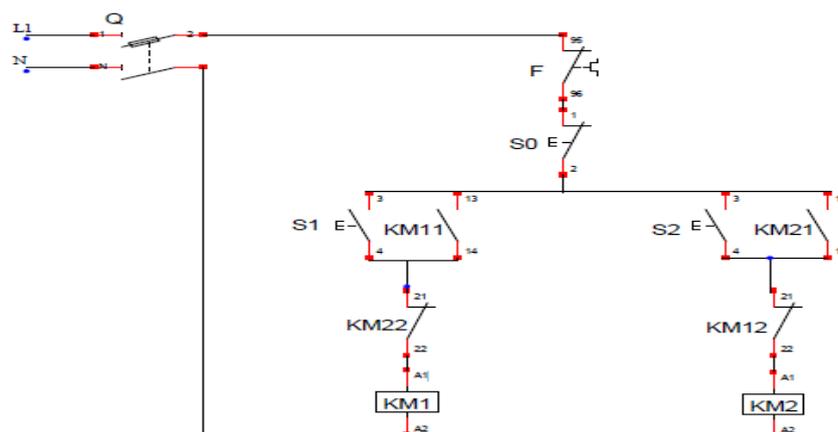
- alimentation électrique du système
- protection des personnes
- protection des biens.



Circuit puissance :

Figure 15 : Circuit puissance de démarrage d'un moteur deux sens de rotations

Circuit commande :



Avec,

- Q: Sectionneur
- F: Relais thermique
- S0: Bouton poussoir arrêt
- S1: Bouton poussoir marche sens1
- S2: Bouton poussoir marche sens2
- KM1,KM2: Contacteur principale
- KM11, KM12: Contact de maintien
- KM21, KM22: Contact de verrouillage électrique

Figure 16 : Circuit commande de démarrage d'un moteur deux sens de rotations

II. Variateur de vitesse :



Figure 17 : un variateur de fréquence électronique

A. Principe de la variation de vitesse :

La vitesse de synchronisme d'un moteur asynchrone triphasé est en fonction de la fréquence (alimentation) et du nombre de paires de pôles : $RPM = f / p$ Pour un moteur tétra polaire à 50 Hz : $NS = 50 / 2 = 25$ tr/s soit 1500 tr/mn Le moteur aura une vitesse de rotation inférieure à NS. Pour exprimer l'écart entre vitesse de synchronisme et vitesse rotor, on définit le glissement : $g = (NS - N) / NS$ g est voisin de 5% Pour varier la vitesse du moteur asynchrone, on pourra faire varier la fréquence des courants d'alimentation.[9]

B. Principe de la variation de fréquence :

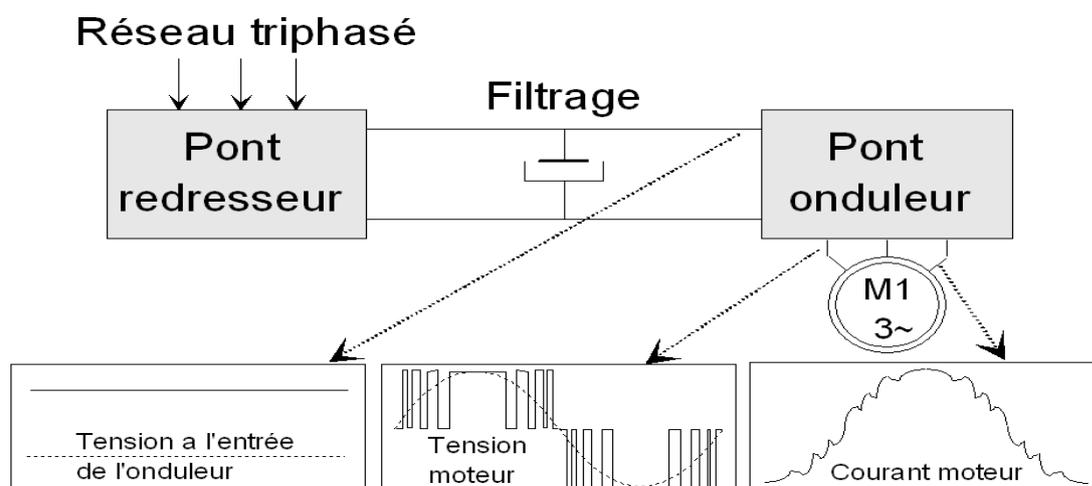


Figure 18 : Principe de la variation de fréquence.

Pour faire varier la fréquence et la valeur efficace entre les phases de la tension, on utilise la procédure suivante :

L'onduleur découpe la tension continue intermédiaire suivant le principe MLI (Modulation de Largeur d'Impulsions) de façon à ce que le courant moteur soit quasi sinusoïdal.

Le redresseur avec un pont à 6 thyristors, provoque les phénomènes suivants au niveau du réseau d'alimentation :

- Génération de courants harmoniques
- Facteur de puissance en entrée de 0,8 à 0,9 ou de 0,7 à 0,8 dans le cas d'un redresseur monophasé
- La présence d'encoches de commutation. [9]

B. Synoptique d'un variateur de vitesse pour moteur asynchrone :

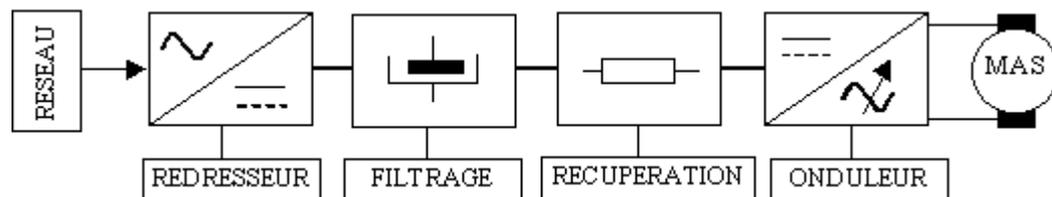


Figure 19 : Synoptique d'un variateur de vitesse pour moteur asynchrone.

- **Redresseur** : Permet de transformer une tension alternative en tension continue ondulée
- **Filtrage** : Elimine les phénomènes d'ondulations de la tension en sortie du redresseur.
- **Récupération** : Système permettant de transformer l'énergie mécanique lors du freinage du moteur en énergie calorifique dans le cas où l'on utilise une résistance de dissipation comme système de freinage. Ces systèmes de récupération d'énergie assurent un freinage contrôlé du moteur.
- **Onduleur** : Permet de transformer une tension continue en une tension alternative à amplitude et fréquence variables. On peut ainsi maintenir le rapport U/f constant.

C. Fonctionnalités des variateurs :

Pour sélectionner le variateur à utiliser en fonction de l'application, il faudra prendre en compte un certain nombre de paramètres :

- Nombre de quadrants de fonctionnement,
- Gamme de fréquence (directement liée à la gamme de vitesse),
- Possibilité de fonctionner en boucle fermée par utilisation d'une dynamo tachymétrique

D. Choix d'un variateur :

On choisit la gamme de variateurs suivant les fonctionnalités recherchées, par exemple l'ALTIVAR ATV61 permettra de fonctionner dans les 4 quadrants, avec des fonctions de dialogue évoluées et une protection thermique intégrée.

Le choix du variateur se fait principalement en fonction de la tension réseau et de la puissance (utile) du moteur.[12]

Variateurs UL Type 1/IP 20										
Moteur		Réseau				Altivar 61			Référence (3)	Masse
Puissance indiquée sur plaque (1)		Courant de ligne (2)		Puissance lcc ligne apparente présumé maxi		Courant maximal permanent (1)		Courant transitoire maxi pendant 60 s		
		380 V	480 V	380 V		380 V	460 V			
kW	HP	A	A	kVA	kA	A	A		kg	
Tension d'alimentation triphasée : 380...480 V 50/60 Hz										
0,75	1	3,7	3	2,4	5	2,3	2,1	2,7	ATV 61H075N4 (4)	3,000
1,5	2	5,8	5,3	3,8	5	4,1	3,4	4,9	ATV 61HU15N4 (4)	3,000
2,2	3	8,2	7,1	5,4	5	5,8	4,8	6,9	ATV 61HU22N4 (4)	3,000
3	-	10,7	9	7	5	7,8	6,2	9,3	ATV 61HU30N4 (4)	4,000
4	5	14,1	11,5	9,3	5	10,5	7,6	12,6	ATV 61HU40N4 (4)	4,000
5,5	7,5	20,3	17	13,4	22	14,3	11	17,1	ATV 61HU55N4 (4)	5,500

Figure 20 : Tableau de choix d'un variateur.

E. Mise en œuvre d'un variateur :

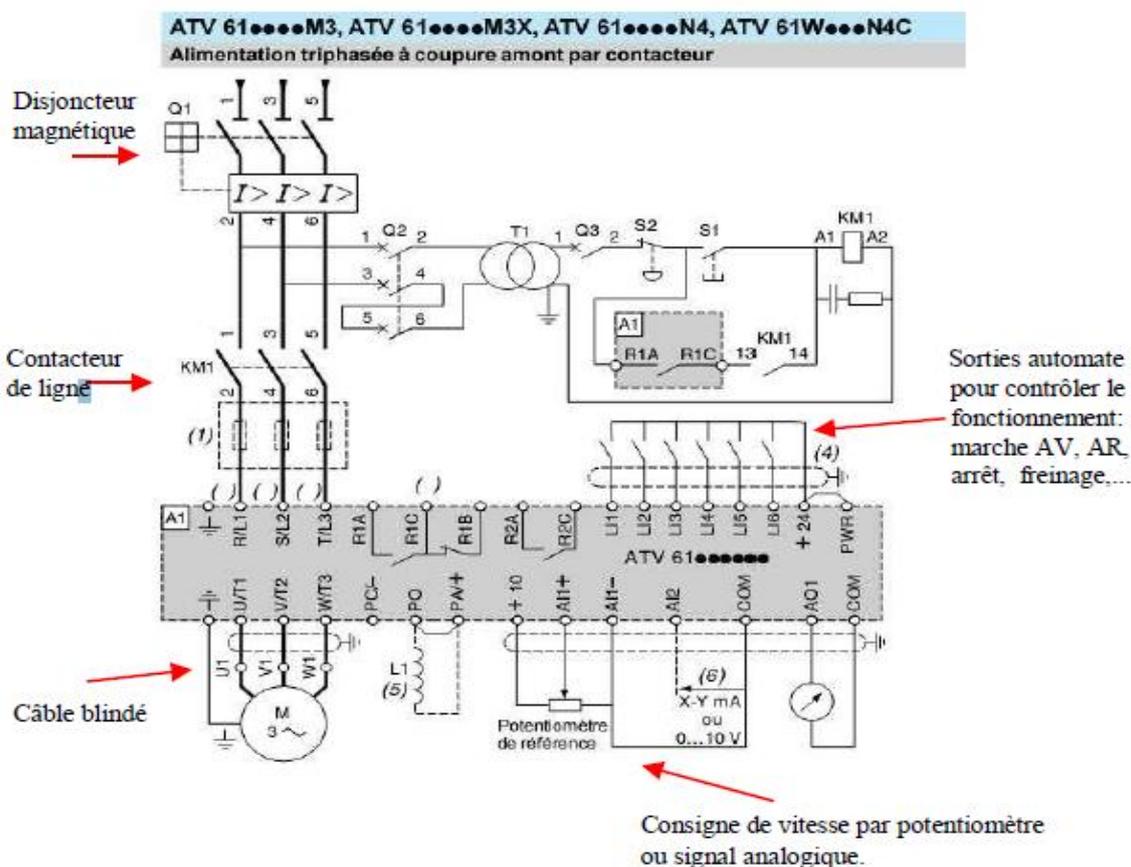


Figure 21 : Circuit de mise en marche d'un variateur.

III. Capteurs (détecteur de position) :

A. Introduction :

Un détecteur est un capteur qui délivre des signaux électriques correspondant au franchissement d'un seuil (niveau, position). L'information est alors en logique binaire 0 ou 1. Les systèmes automatisés, la robotique, l'informatique ont démultiplié l'utilisation des capteurs et détecteurs, véritables auxiliaires de commande automatique.

Un capteur est un appareil destiné à transformer une grandeur physique mesurable (vitesse, pression, lumière, température) en un signal électrique de nature analogique ou numérique.

B. Principales fonctions des détecteurs :

- Contrôler la présence, l'absence, le positionnement d'objets divers.
- Détecter le passage, le défilement ou le bourrage des objets.
- Compter les objets.

C. Principales familles de détecteurs

- Interrupteur de position électromécanique actionné par contact direct avec les objets ou pièces.
- Interrupteur actionné sans contact avec l'objet à détecter.
- Détecteur de proximité inductif électronique pour détecter sans contact physique et à faible distance du métal.
- Détecteur de proximité capacitif électronique pour détecter sans contact physique et à faible distance des objets de natures diverses.
- Détecteur photoélectrique électronique pour détecter des objets situés jusqu'à plusieurs dizaines de mètres.
- Détecteur de pression et dépression (pressostat et vacuostat).
- Détecteur de température (thermostat, sonde de température).
- Système de lecture inductif
- Codeurs optiques rotatifs détectant la position angulaire ou linéaire d'organes. [10]

D. Détecteurs à action mécanique :



Figure 22 : Interrupteur de position

Présentation :

Les interrupteurs de position sont des appareils actionnés par contact direct avec les objets, les pièces machines (table de machine outils) etc.

Ils transforment ce contact physique en une fermeture ou ouverture d'un contact électrique.

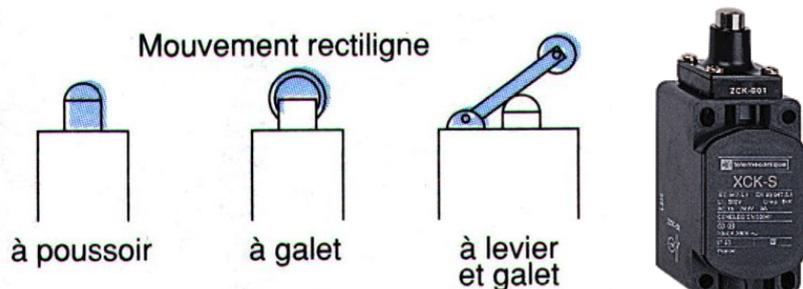
Utilisation :

Très utilisés dans la mécanique et la machine-outil (usinage, manutention, levage), dans l'agro-alimentaire et la chimie (conditionnement, emballage).

Ils servent sur différents types d'applications tels que :

- Détection de pièces machines (came, butée, pignons).
- Détection de chariot, détecteurs de sécurité (ils sont rouges).
- Constitution : La tête de commande (à galet, à poussoir, à tige...)

Elle est choisie en fonction du mouvement de détection.



Le corps, équipé de contacts électriques :

Contacts à action brusque (rupture brusque) : le changement d'état des contacts électriques est indépendant de la vitesse de l'organe de commande. Peut être utilisé avec des vitesses de détection très faibles.

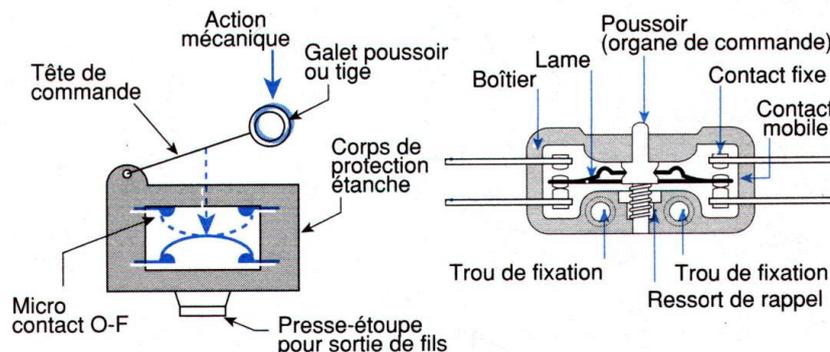
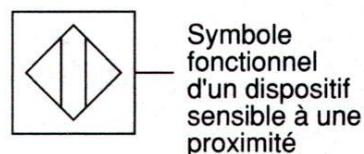
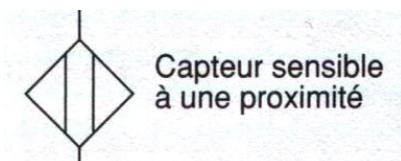


Figure 23 : Principe de fonctionnement d'un capteur de position.

Détecteurs de proximité :

- Symboles :

E. Détecteur magnétique :

Ils fonctionnent sans contact mécanique. L'action d'un aimant permanent provoque un changement d'état d'un contact magnétique. Ils sont utilisés pour la détection de vitesse de rotation et de positionnement d'un tambour.

On les trouve aussi montés sur les vérins pneumatiques (ILS, interrupteur à lame souple). Le piston du vérin est équipé d'un aimant permanent. Lorsque le piston se trouve au niveau de l'ILS, l'aimant fait fermé le contact. Cela permet de déterminer la position du piston dans le vérin.

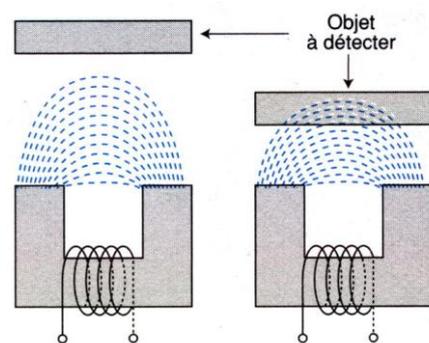
F. Détecteur inductif :

Rôle : les détecteurs de proximités inductifs permettent de détecter sans contact des objets métalliques ferreux ou non (produisant des courants de Foucault, fer, alu...) à une distance variable de 0 à 60 mm



Applications : détection de pièces de machine (butée, cames), la présence d'objets métalliques, le comptage de pièces.

Avantages : pas de contact physique avec l'objet, donc pas d'usure, possibilité de détecter des objets fragiles ou fraîchement peint.



Principe de fonctionnement : lorsqu'une pièce métallique pouvant être magnétisée est placée dans le champ magnétique alternatif du détecteur, les courants induits dans la pièce à détecter perturbent le champ magnétique et provoquent un changement d'état du détecteur.[10]

G. Détecteurs capacitif :

Rôle : les détecteurs de proximités capacitifs permettent de détecter sans contact des objets de toutes sortes (les matériaux isolants, solides, liquides, ou en poudre) à une distance variable de 0 à 40 mm.

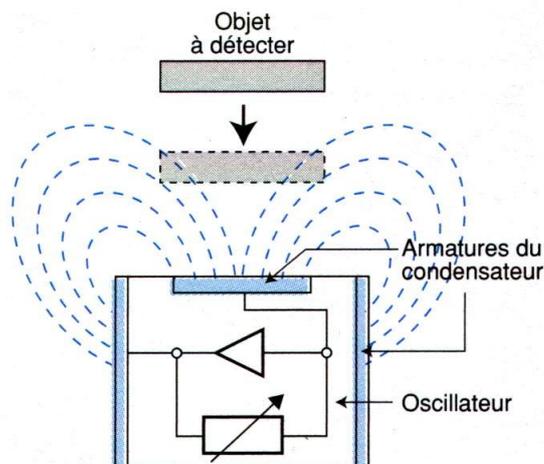
Applications : contrôle de remplissage de liquides dans des flacons ou des cuves, matériaux en poudre dans des trémies, matériaux conducteurs à travers un film isolant, verre, carton...



Avantages : pas de contact physique avec l'objet, donc pas d'usure, possibilité de détecter des objets fragiles, détection de matériaux de toutes natures.

Principe de fonctionnement : la face avant du détecteur est constituée de deux électrodes correspondant aux armatures d'un condensateur dont l'air correspond au diélectrique du condensateur (partie isolante du condensateur).

Lorsqu'un objet passe devant les électrodes le diélectrique change ainsi que la valeur du condensateur provoquant un changement d'état du détecteur.



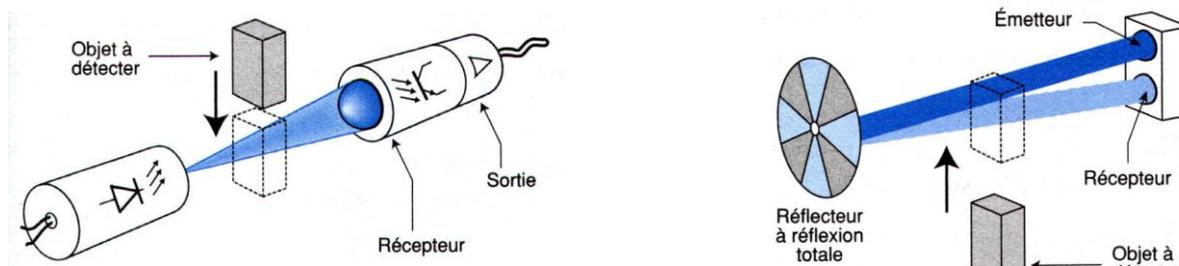
H. Détecteurs photoélectrique :



Rôle : les détecteurs photoélectriques sont des appareils capables de détecter des objets à des distances très grandes (du cm à plusieurs dizaines de mètres).

Ils sont deux de types :

- sans réflecteur avec un boîtier émetteur et un boîtier récepteur : type barrage.
- avec ou sans réflecteur mais un seul boîtier contenant émetteur et récepteur type réflexe.



Applications : détection d'objets de toutes formes et de toutes natures, dans la manutention, convoyage, ascenseurs, détection de personnes, de véhicules, d'animaux.

Principe de fonctionnement : il se compose d'un émetteur de lumière (DEL) associé à un récepteur sensible à la quantité de lumière reçue. Cette lumière peut être visible ou non selon la longueur d'onde d'émission (infra rouge ou lumière rouge ou verte). Sur les systèmes reflex et fibre optique, la lumière est rouge.

L'émission de lumière est émise de façon pulsée afin que la lumière ambiante ne soit pas prise en compte par le système qui ne sera sensible qu'à la lumière pulsée.

I. Détecteurs photoélectriques à fibre optique :



L'information détectée par le capteur est véhiculée par une fibre optique vers le boîtier. Cela permet de détecter de toutes petites pièces La fibre, en plastique (PMMA) ou en silice, se comporte comme un conduit de lumière. Les rayons lumineux entrant sous un certain angle sont véhiculés jusqu'à l'endroit destiné avec un minimum de perte.

Nature des capteurs

Les capteurs peuvent être classés selon leur passivité en deux grandes familles en fonction de la caractéristique électrique de la grandeur de sortie. Cette classification influe sur le conditionneur qui lui est associé.

Capteurs passifs

Le capteur se comporte en sortie comme un dipôle passif qui peut être résistif, capacitif ou inductif.

Le tableau ci-dessous résume, en fonction du mesurande, les effets utilisés pour réaliser la mesure.[10]

<i>Mesurande</i>	<i>Effet utilisé (grandeur de sortie)</i>	<i>Matériaux</i>
Température	Résistivité	Platine, Nickel, cuivre, semi-conducteurs.
Très basse température	Cste diélectrique	Verre.
Flux optique	Résistivité	semi-conducteurs
Déformation	Résistivité Perméabilité	Alliages nickel Alliages ferromagnétiques
Position	Résistivité	Magnétorésistances: Bismuth, antimoine d'indium
Humidité	Résistivité	Chlorure de lithium

Tableau 1 : caractéristiques de capteurs passifs.

Capteurs actifs

Fonctionnant en générateur, un capteur actif est généralement fondé dans son principe sur un effet physique qui assure la conversion en énergie électrique de la forme d'énergie propre au mesurande : énergie thermique, mécanique ou de rayonnement. Le tableau suivant présente les principes physiques de base des capteurs actifs :

<i>Mesurande</i>	<i>Effet utilisé</i>	<i>Grandeur de sortie</i>
Température	Thermoélectricité	Tension
Flux de rayonnement optique	Pyroélectricité Photoémission Effet photovoltaïque Effet photo-électromagnétique	Charge Courant Tension Tension
Force Pression Accélération	Piézoélectricité	Charge
Vitesse	Induction électromagnétique	Tension
Position (aimant)	Effet Hall	Tension

Tableau 2 : Caractéristiques des capteurs actifs.

IV. Électrovannes :

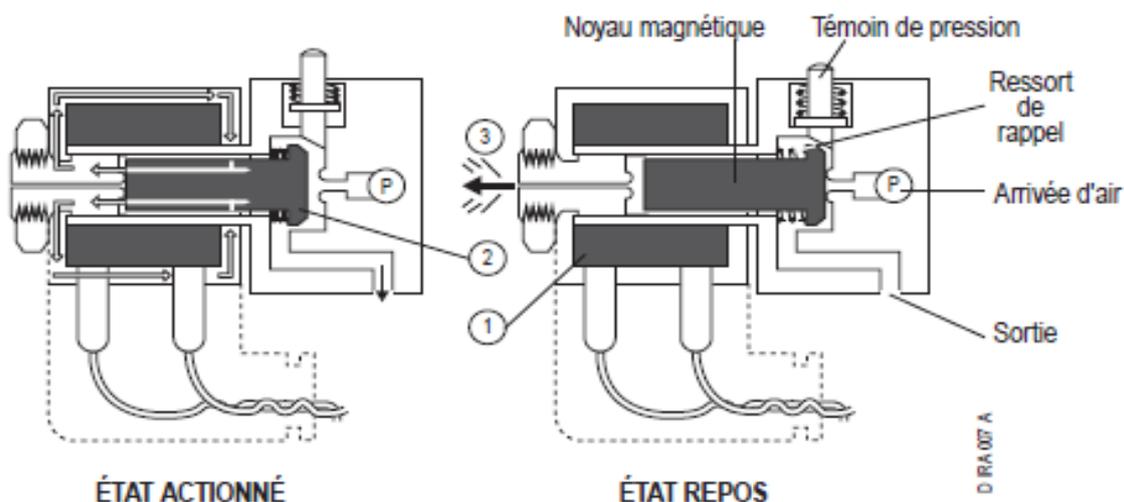
Une électrovanne ou électrovalve est une vanne commandée électriquement. Grâce à cet organe il est possible d'agir sur le débit d'un fluide dans un circuit par un signal électrique.

Il existe deux types d'électrovannes : tout ou rien et proportionnelle.

A. Électrovannes proportionnelles

Les électrovannes proportionnelles peuvent être ouvertes avec plus ou moins d'amplitude. Selon les types de vannes l'ouverture peut être proportionnelle au courant électrique de l'alimentation, ou à la tension électrique de l'alimentation. Ce type d'électrovanne est généralement piloté par l'intermédiaire d'une commande.

Les électrovannes les plus courantes sont celles utilisées dans les lave-linge et lave-vaisselle pour le remplissage de la cuve. Elles sont aussi beaucoup utilisées dans les chambres froides et autres systèmes



de climatisation.[10]

Figure 24 : principe de fonctionnement d'une électrovanne

Fonctionnement :

- Quand la bobine ① est sous tension “ÉTAT ACTIONNÉ”, le noyau est attiré et autorise l'arrivée d'air.
- Quand la bobine ① n'est pas sous tension “ÉTAT REPOS”, l'orifice de sortie communique avec l'orifice de mise à l'échappement ③ et le clapet ②, solidaire du noyau, obture l'arrivée d'air.

Une électrovanne est composée de quatre principaux éléments:

- le corps
- le tube culasse en forme de cheminée supportant la tête magnétique
- la tête magnétique comprenant le circuit magnétique et la bobine surmoulée
- un noyau mobile portant la tige et les clapets

Cette électrovanne est du type monostable, un ressort rappelant le noyau en position repos après la disparition du signal électrique de commande.[10]

B. Électrovannes tout ou rien

Les vannes automatiques tout ou rien (ou TOR) sont des équipements automatisés dont le rôle est d'interrompre ou de permettre le passage d'un fluide (gaz ou liquide) dans une tuyauterie ou d'aiguiller le passage d'un solide. En ce sens, le rôle procédé qui leur est dévolu peut obéir à trois sortes d'objectifs :

- Isolement d'installation (ou de partie d'installation) : Lors des phases de mise à l'arrêt de celle-ci ; il s'agit alors de vannes automatiques dont la fermeture est commandée à distance par le personnel de conduite à travers une action volontaire opérée sur l'interface de conduite.
- Sécurité procédé : Les vannes tout ou rien sont alors généralement commandées par des automates. Ces automatismes concernent tous les paramètres dont l'apparition ou l'excursion pourrait :
 - Soit nuire à l'intégrité physique du personnel
 - Soit conduire à la dégradation de machines ou de matériels à long temps de remplacement
 - Soit présenter un risque pour la population environnante (du fait de la toxicité des produits mis en cause)

En position de sécurité, ces vannes sont :

- Soit totalement ouvertes
 - Soit totalement fermées en fonction de l'action de sécurité imposée par le procédé.
- Séquences d'opération : On entend par séquence d'opération toute séquence de conduite de procédé relative à une machine ou tout autre matériel (tel que sécheur d'air, réacteur, chaudière, ...), et qui fait intervenir une suite d'opérations, appelées phases, se déroulant les unes après les autres, dans un ordre déterminé, au cours du temps. Si cette séquence d'opération se déroule de façon répétitive et sur action automatique, il s'agit alors d'un automatisme séquentiel. Les séquences d'opération font appel le plus souvent :
 - A l'ouverture/fermeture de vannes automatiques tout ou rien ainsi que de vannes de régulation.
 - Au démarrage/arrêt de machines d'entraînement, moteurs électriques en particulier
 - A la commande de paramètres analogiques

C. Utilisation des vannes de régulation en tout ou rien

Toute vanne ayant la technologie d'une vanne de régulation peut être utilisée en action tout ou rien et il existe deux possibilités pour obtenir cette action, les deux solutions faisant appel à l'utilisation d'une électrovanne.

Cette électrovanne peut être installée :

- soit sur le signal pneumatique de commande du servomoteur, entre le positionneur et le servomoteur. Il s'agit alors de vannes ayant à la fois la fonction régulation et la fonction sécurité
- soit, dans le cas de vannes ayant la technologie d'une vanne de régulation mais utilisées uniquement en tout ou rien, entre l'arrivée d'air instrument sur la vanne et le servomoteur.[10]



C. Structure standard d'un système automatisé :

L'approche système permet de présenter le fonctionnement et la structure d'un système automatisé. Un système automatisé est constitué :

- d'une **PARTIE OPERATIVE** (PO) en général mécanisée, qui agit physiquement sur la matière d'œuvre, pour lui apporter la valeur ajoutée,
- d'une **PARTIE COMMANDE** (PC) qui traite l'information pour assurer le pilotage et la coordination des tâches,
- d'une **INTERFACE HOMME MACHINE** (IHM) qui permet à l'opérateur (utilisateur) de dialoguer avec la PC.

- L'IHM émet à la PC des **consignes** (demande d'ouverture, de fermeture, d'arrêt, etc.).
- La PC émet à la PO des **ordres** pour coordonner le déroulement des opérations.
- La PO émet des **informations** caractérisant les états des matières d'œuvres ou des parties mécaniques.
- La PC émet à l'IHM des **comptes rendus** pour informer de l'état dans lequel elle se trouve.

En général, les capteurs et la partie commande sont regroupés de façon à faire apparaître trois chaînes :

- **L'chaîne d'énergie**
- **L'chaîne d'information**
- **L'chaîne d'action.**[11]

D. Exemple : Portail automatique

Fermeture et ouverture automatique d'un portail : A la réception du signal de commande radio, l'automate commande :

- soit l'ouverture (déverrouillage de la serrure, puis action des 2 motoréducteurs)
- soit la fermeture (action des 2 motoréducteurs, puis verrouillage de la serrure)

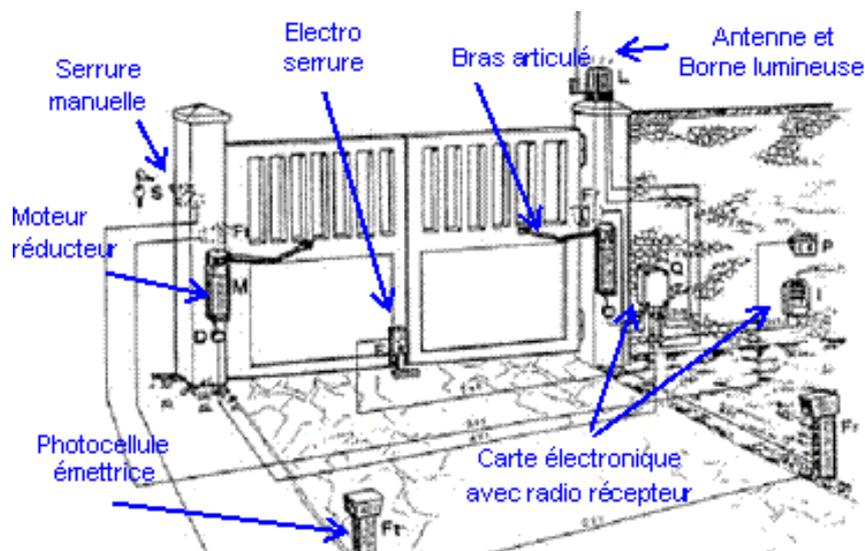


Figure 27 : Portail automatique.

II. Les Automates Programmables Industriels

A. Introduction

Les Automates Programmables Industriels (API) sont apparus aux Etats-Unis vers 1969 où ils répondaient aux désirs des industries de l'automobile de développer des chaînes de fabrication automatisées qui pourraient suivre l'évolution des techniques et des modèles fabriqués. Un API se distingue d'un ordinateur par le fait qu'il s'agit d'un système électronique programmable spécialement adapté pour les non-informaticiens. Il est en général destiné à être mis entre les mains d'un personnel dont la formation a été surtout orientée vers l'électromécanique. L'API s'est substitué aux armoires à relais en raison de sa souplesse (mise en œuvre, évolution, ... etc.), mais aussi parce que dans les automatisations de commande complexe, les coûts de câblage et de mise au point devenaient trop élevés. Ces marchés donnaient naissance aux produits de deux de plus grandes entreprises : Modicon (AEG) et Allen-Bradley. En Europe, les premiers API sont apparus sur le marché vers 1971 de Merlin-Gérin et Alspa. Aujourd'hui d'autres marques sont présentes sur le marché tel que FESTO, TELEMECANIQUE, OMRON, SIEMENS, GE-Fanuc, HITACHI, etc...[11]

B. Aspect extérieur des API

Les API sont disponibles modulaires (différents types de microprocesseurs et d'entrées-sorties) et sous diverses présentations : coffret, rack, baie ou cartes. Pour les ambiances difficiles (température, poussière, risque de projection, ... etc.) il faudra choisir un API en boîtier étanche : supportant une large gamme de température. Les contraintes de l'environnement industriel se présentent sous trois formes :

- ✓ environnement physique et mécanique ;
- ✓ pollution chimique ;
- ✓ perturbation électrique. [11]

C. Structure interne d'un API

Les API se composent de quatre parties principales :

- Une mémoire.
- Un processeur et des cartes d'entrées-sorties.
- Des interfaces d'entrées-sorties.
- Une alimentation 230 V, 50/60 Hz (AC) - 24 V (DC).

La structure interne d'un API est assez voisine de celle d'un système microprogramme, le compteur de programme est un simple séquenceur, qui met cycliquement en communication, dans un ordre immuable, les mots de mémoire programme avec le processeur. Dans les machines plus complexes, permettant les sauts, ce compteur de programme est un registre intégré au processeur. Le processeur est un opérateur logique mono bit qui exécute les calculs booléens en fonction des instructions du programme.

La mémoire de données fait partie du système entrées-sorties. Elle fige les valeurs (0 ou 1) présentes sur les lignes d'entrées, à chaque prise en compte cyclique de celle-ci, elle mémorise les valeurs calculées à placer sur les lignes de sorties des valeurs internes

D. Fonctionnement

La plus part des automates programmables industriels ont un fonctionnement cyclique. Le processeur est géré en fonction d'un programme qui est une suite d'instructions placées en mémoire. Lorsque le fonctionnement est dit synchrone par rapport aux entrées et aux sorties, le cycle de traitement commence par la prise en compte des entrées qui sont figées en mémoire pour tout le cycle. Le processeur exécute alors le programme instruction en rangeant chaque fois les résultats en mémoire. En fin de cycle les sorties sont affectées d'un état binaire, par mise en communication avec les mémoires correspondantes. Dans ce cas, le temps de réponse à une variation d'état d'une entrée peut être compris entre un ou deux temps de cycle (durée moyenne d'un temps de cycle est de 5 à 15 ms).

Il existe d'autres modes de fonctionnement, moins courants :

- Synchrone par rapport aux entrées seulement ;
- Asynchrone

E. Description des éléments d'un API

La mémoire : La mémoire est conçue pour recevoir, gérer, stocker des informations issues des différents secteurs du système qui sont :

- terminal de programmation (introduction du programme);
- processeur qui gère et exécute le programme.

Elle reçoit également des informations en provenance des capteurs. Il existe dans les automates plusieurs types de mémoires qui remplissent des fonctions différentes.

a) *Conception et élaboration du programme* :

- Mémoire RAM : effacée automatiquement à la coupure de l'alimentation de l'automate (nécessite une batterie de sauvegarde).
- Mémoire EEPROM : seulement la lecture est possible.

b) *Conservation du programme pendant l'exécution de celle-ci* : Mémoire EPROM.

5.2- Le processeur : Son rôle consiste d'une part à organiser les différentes relations entre la zone mémoire et les interfaces d'entrées et de sorties et d'autre part à gérer les instructions du programme.

Les interfaces :

L'interface d'entrée comporte des adresses d'entrée. Chaque capteur est relié à une de ces adresses. L'interface de sortie comporte de la même façon des adresses de sortie. Chaque pré actionneur est relié à une de ces adresses. Le nombre de ces entrées est sorties varie suivant le type d'automate.

5.4- Les cartes d'Entrées / Sorties :

Les cartes d'entrées / sorties sont modulaires. La modularité est de 8, 16 ou 32 voies.

5.5- Une alimentation électrique : Tous les automates actuels sont équipés de :

- une alimentation 240 V 50/60 Hz, 24 V DC;

Les entrées sont également en 24 V DC.

Une mise à la terre doit également être prévue. [11]

F. Opérations logiques de base :

Les opérations logiques de base sont :

- Lecture de l'état d'une variable (Load, If, ... etc).
- Et logique (AND).
- OU logique (OR, + ...).
- Affectation ou égal (=, SET, OUT).
- Négation ou PAS (NOT, Non, Pas).

G. Instructions complémentaires :

Les instructions complémentaires sont :

- Mémorisation.
- Temporisation.
- Comptage.
- Pas à pas.
- Saut (avant ou arrière ou le deux).

H. Langages d'automates :

Les automates programmables industriels doivent pouvoir être utilisés facilement par du personnel habitué aux techniques classiques d'automatisation et peu à l'informatique. Ceci a conduit les constructeurs des API à concevoir des langages d'application spécialement adaptés à la réalisation d'automatisme.

Les langages se présentent sous diverses modes pour la programmation :

- ✓ schéma à relais (Ladderdiagram USA).
- ✓ logigramme (PB 100 ...).
- ✓ booléen (Europe).
- ✓ booléen en notation polonaise inverse.
- ✓ organigramme.
- ✓ grafcet. [11]

III. LE GRAFCET :

A. Introduction

Les automatismes peuvent prendre des formes très variées selon les industries. Cependant, l'objectif reste le même à savoir : aider ou remplacer l'être humain dans les travaux pénibles, de précision ou répétitifs de manière à soulager la tâche de l'opérateur ou à obtenir une production plus constante et plus économique.

Un système automatisé se compose de deux parties indépendantes qui dialoguent ensemble :

- une partie opérative PO.
- une partie commande PC.

La conception, l'étude et la réalisation d'un automatisme nécessite une démarche structurée qui fait appel à un outil de description des systèmes automatisés séquentiels dans l'ordre chronologique des étapes tels que : le chronogramme, l'organigramme et le GRAFCET. [11]

B. Définition

Le GRAFCET est l'abréviation de ' **G**raphe **F**onctionnel de **C**ommande par **E**tape et **T**ransition '. Le GRAFCET est un moyen de représenter le cahier des charges d'un système automatisé sans préjuger de la technologie qui assurera ultérieurement sa réalisation.

- Le GRAFCET est facile à lire, il est simple. Il aide à clarifier un problème complexe initialement mal posé.
- Le GRAFCET constitue un document de compréhension du fonctionnement, de réalisation et de maintenance d'un système automatisé.

C. Cahier des charges

Au sens strict du terme, il s'agit des conditions imposées au réalisateur (concepteur et fournisseur) par le client (demandeur et acheteur) en vue de création ou de modification d'une installation automatisée.

C'est le client qui indique les objets à atteindre en précisant :

- la valeur ajoutée au produit traité ?
- la cadence de production à atteindre ?
- le budget disponible ou coût maximal à ne pas dépasser ?

Mais le problème ne peut être décrit convenablement que par un spécialiste du processus. Par processus on entend l'ensemble des opérations d'élaboration d'un produit selon un procédé déterminé au moyen d'unités de traitement et de transformation.

Le cahier des charges ne saurait se limiter à la partie technique. Des clauses d'ordres commercial, juridique et financier y sont également consignées.

D. Les concepts de base d'un GRAFCET

Le GRAFCET se compose d'un ensemble :

- d'étapes auxquelles sont associées des actions (activités).
- de transitions auxquelles sont associées des réceptivités.
- des liaisons orientées reliant les étapes aux transitions et les transitions aux étapes.

Etape

Une étape est une situation dans laquelle les variables d'entrée et de sortie de la partie commande restent inchangées. Autrement dit, l'étape représente un état du système dans lequel les informations d'entrée (consignes et comptes rendus) et les informations de sortie (ordres et visualisations) de la partie commande restent identiques à elles-mêmes. L'étape est représentée par un carré repéré numériquement. (Les actions associées sont marquées au clair dans un rectangle à droite du carré présentant l'étape.

Etape initiale

C'est une étape indiquant la situation initiale d'un système automatisé. Elle est représentée par un carré double [11]

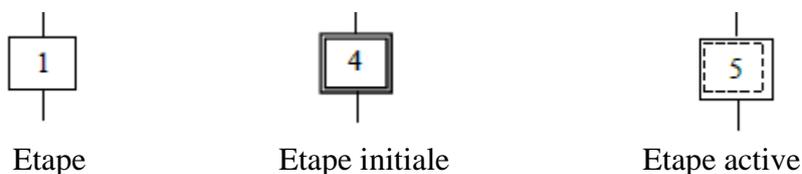


Figure 28 : les différents types d'étapes

Les autres étapes qui peuvent marquer leurs présences dans un grafcet respectivement sont : Etape active, macro-étape, étape d'entrée, étape de sortie, étape-tâche, étape enspsulante et étape encapsulante initiale

E. Classification des actions associées aux étapes

- Actions – Ordres – Effets :

Le choix technologique de la PO pourra déterminer quelles sont les actions à faire pour obtenir les effets attendus.

Le choix de la technologie pour la PC permet de décrire les ordres à donner pour provoquer les actions qui produisent les effets attendus.

F. Nature et classification actions ou des ordres

Les actions peuvent être classées en fonction de leur durée par rapport à celle de l'étape. On distingue :

- Ordres continus ;
- Ordres conditionnels ;
- Ordres retardés ;
- Ordres de durées limitées ;
- Ordres fugitifs ;
- Oordres maintenus sur plusieurs étapes ;
- Actions mémorisées. [11]

G. Grafcet du système d'irrigation automatisé proposé :

ENTREES	SORTIES
Capteurs de positions : <ul style="list-style-type: none"> • Ca • Cb • Cc 	Mouvements du moteur : <ul style="list-style-type: none"> • Mouvement avant : Av • Mouvement arrière : Ar
Capteurs d'humidité du sol : <ul style="list-style-type: none"> • Ch1 • Ch2 • Ch3 • Ch4 	Electrovannes : <ul style="list-style-type: none"> • Gauche : Eg • Droite : Ed

Tableau 3 : entrées, sorties

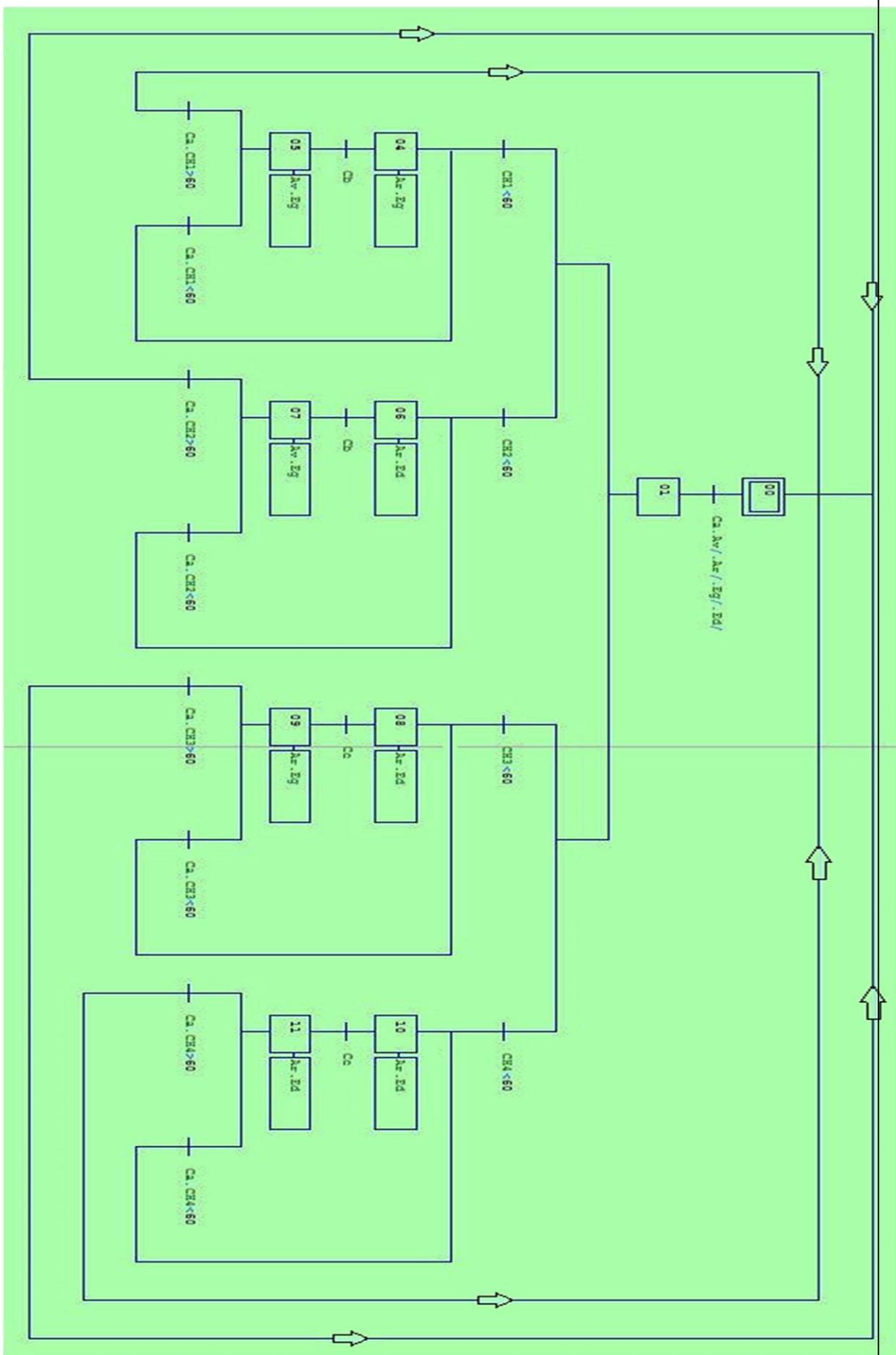


Figure 29:Grafcet du système d'irrigation.

Chapitre 5 : Elaboration du projet d'automatisation du système d'irrigation

Introduction

Dans le souci de réduire le cout de l'installation à son plus bas niveau ; nous utiliserons des éléments de construction déjà existants ; tel que :

Le chariot d'arrosage

- Réseau d'alimentation électrique

- Réseau d'alimentation en eau
- Brumisateur

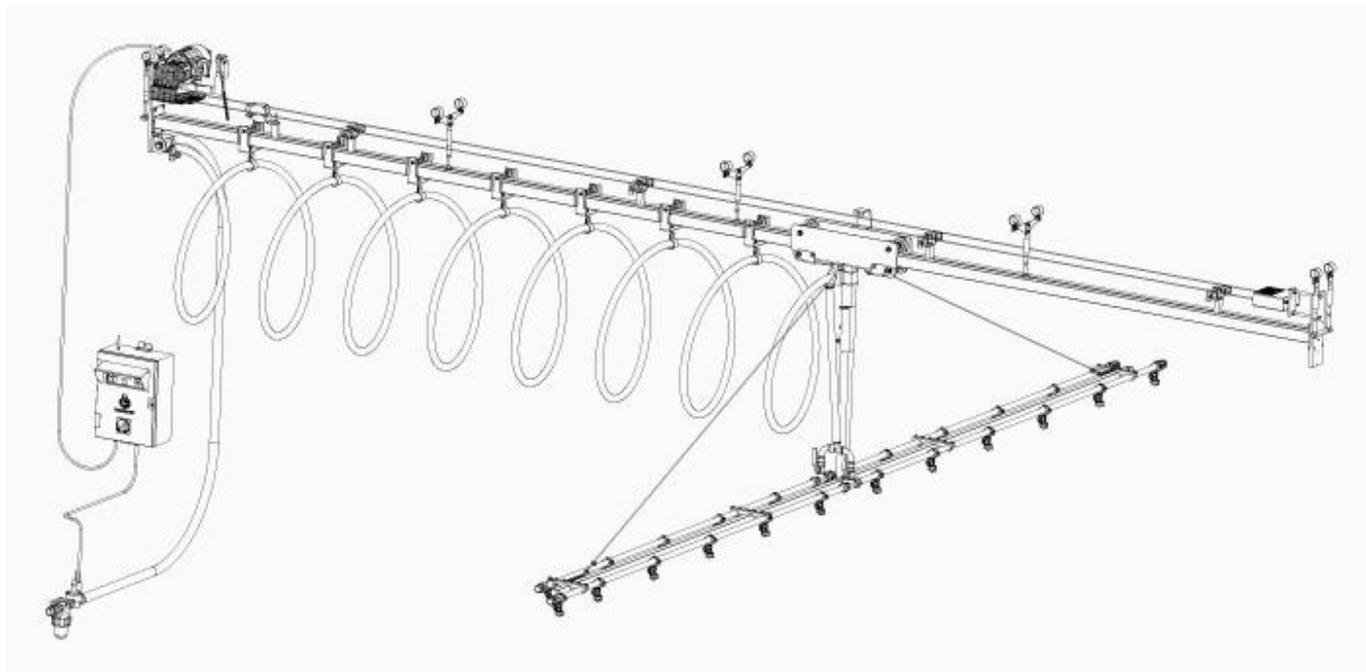


Figure 30 : Schéma cinématique du système d'irrigation.

Pour entamer notre approche, nous avons subdivisé notre travail en parties principales, à savoir :

I. Partie mécanique :

Guidage en translation : il est proposé un guidage par interposition d'éléments roulants (guidage par galet) Pour plusieurs raisons .ce type de guidage se distinguent tout particulièrement par :

- Un fonctionnement silencieux.
- Une vitesse de déplacement élevé.
- Un faible cout.
- Une durée de vie importante.
- La facilité de son entretien.

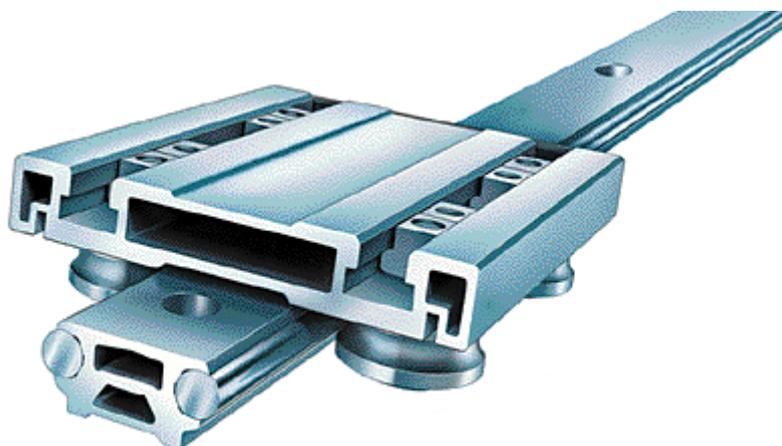


Figure 31 : Guidage par galet.

Transmission de puissance :

Un câble métallique et des polies seront disposés de manière à assurer la translation du chariot. Le choix de ce type de transmission est basé sur :

- La longue portée qui est estimée à 50m
- La robustesse du câble, qui peut supporter des charges importantes.
- Un bon rendement pour les grandes vitesses.
- La disponibilité des pièces de rechange
- Le faible coût du matériel par rapport à d'autres moyens de transmission qui assurent un rendement similaire.



II. Partie électrique :

A. Actionneur : moteur asynchrone :

Le moteur asynchrone est le moteur adéquat pour ce système. De par :

- sa robustesse.
- sa simplicité de sa structure.
- son poids.
- sa taille.
- faible coût par rapport aux autres moteurs existants.

Pour cela, il est important de déterminer la puissance P et le couple C du moteur pour un choix adéquat. On a comme données :

$$p = c . \omega$$

P : puissance en [Watt]

C : couple en [N.m]

ω : Fréquence de rotation [rad/s]

Si la vitesse de rotation N est en [tour/min] $\rightarrow \omega = \pi \cdot \frac{N}{30}$

Sachant que parmi les constructions existantes des moteurs électriques, les vitesses de rotation courantes sont de l'ordre de 1500 t_r/min

$N=1500$ [tour/min] pour les moteurs tétras polaire moyenne puissance d'où $\omega=3.14 \cdot \frac{1500}{30}=157$ [rad/s]

La vitesse de translation= 0.2m/s (donnée de départ)

$$\alpha = v/t$$

Accélération=1m/s² ; Temps=0.2s

Pour calculer la force de traction du chariot F on a :

$$F = m. \alpha$$

m : la masse du chariot =50kg → F= 50. 1= 50N

Calcul du couple C, on a :

$$C = F. d$$

d= le rayon de la polie =0.15m → C=50N.0.15m= 7.5 N.m

Calcul de la puissance :

$$P=7.5N.m. 157[\text{rad/s}] =1177.5 \text{ Watt}$$

Caractéristiques du moteur :

$$P=1.1\text{KWatt}$$

$$C=7.5\text{N.m}$$

$$N=1500\text{tour/min}$$



Figure 32 : Moteur asynchrone triphasé.

B. Variateur de vitesse

ALTIVAR 12 est le variateur proposé pour se système à cause de sa compatibilité avec la puissance de notre moteur asynchrone et son adaptation avec tout type de réseau électrique.

La famille ALTIVAR 12 de variateurs de vitesse à fréquence réglable est utilisée pour la commande des moteurs asynchrones triphasés.

- Gamme de produits :Altivar12HU15M2
- Fonction produit : Variateur de vitesse
- Destination du produit : Moteurs asynchrones
- Application spécifique du produit : Machine simple

- Variante de construction avec dissipateur thermique
- Nom de composant : ATV12
- Puissance moteur kW : 1.5kW
- Puissance moteur HP : 1hp
- [Us] tension d'alimentation : 200...240 V (-15...10 %)
- Fréquence d'alimentation : 50...60 Hz (- 5...5 %)
- Nombre de phases réseau : 3 phases
- Courant de ligne 3 A pour 200 V, 5 kA
- 2.5 A pour 240 V
- Filtre CEM Intégré
- Puissance apparente : 0,6 kVa
- Courant transitoire maximum : 2,3 A pour 60 s
- Puissance dissipée en W : 24 W à charge nominale
- Gamme de vitesse : 1...50



Figure 33 : Variateur de vitesse ATV 12.

C. Capteur de proximité :

Le capteur de proximité Tout ou Rien (TOR) délivrent une information binaire à la partie commande : l'information adopte l'état 0 ou l'état 1. Chaque état possède une signification dans le contexte du système.

Nous avons choisi un capteur de proximité de type inductif qui a une longue portée de détection, un montage facile, robuste et qui possède un bon rapport qualité prix .ce capteur c'est **DETECTEUR INDUCTIF OsiSense XS**

Informations techniques :

Principales

Gamme de produits	OsiSense XS
Nom de gamme	Universel
Type de détecteur	Détecteur de proximité inductif
Fonction de l'appareil	-
Nom du détecteur	XS1
Forme du capteur	Cylindrique Ø 6,5 mm simple
Dimension	33 mm
Type de carter	Fixe
Capacité de montage du détecteur	Encastrable
Matière	Métal
Type de signal de sortie	Numérique
Mode de raccordement	À 3 fils



Portée nominale	2.5 mm
Sortie numérique	1 "F"
Type de circuit de sortie	CC
Type de sortie TOR	NPN
Raccordement électrique	Câble
Longueur de câble	2 m
[Us] tension d'alimentation	12...24 V DC avec protection contre l'inversion de polarité

D. Capteur d'humidité du sol :

Ce capteur de type capacitif (précision $\pm 3\%$) est une solution économique pour la mesure de l'humidité volumique dans les sols. La clé pour connaître quand et quelle quantité arroser, le capteur d'humidité de sol capacitif WaterScout mesure l'humidité dans le sol en perturbant au minimum, voire pas du tout les racines.

Sa forme fine et effilée permet une insertion facile dans le sol ou des milieux en croissance.

À utiliser avec des régulateurs ou des automates ou seul avec une interface portable

- Besoins en énergie : 3 à 5V @ 6 à 10mA
- Signal de sortie : Tension analogique 0.5-1.5V pour une tension d'alim. 3,00V)



Figure 34 : Capteur d'humidité du sol.

E. Électrovanne :

Nous avons proposé une électrovanne « Irrigardin». Très facile à brancher et à démonter, l'électrovanne femelle / femelle à membrane renforcée est conçue pour une utilisation quotidienne avec un très bon rapport qualité prix.



Elle est équipée d'un solénoïde 24 V, 2 connexions étanches et d'un réglage de débit et d'un système marche/arrêt. L'ouverture peut être manuelle par une purge interne.

Electrovanne femelle / femelle, 26/34 :

- Régulateur de débit.
- Pression de fonctionnement 0,4 à 10 bar.
- Débit maximum 9 m³/h.
- Livrée avec 2 connexions étanches.

F. Automate programmable industriel :

A part le critère de prix qui fait partie des critères les plus considérés lors du choix d'un automate, le choix définitif dépendra du cahier des charges et des spécificités techniques du projet. La plupart des fabricants d'automates proposent plusieurs gammes d'automates allant du micro, mini jusqu'au méga ce qui permet de couvrir une diversité de projets. Certains automates se démarquent légèrement du lot de par leur puissance, d'autres sont très plébiscités dans des domaines précis. Ci-dessous une liste de quelques critères à prendre en compte lors du choix d'un automate.

Le critère de familiarité : on est plus familiarisé à une certaine marque d'automate, on a donc tendance à choisir un automate car on le maîtrise déjà

Le temps de cycle : certains automates ont des temps de cycle plus rapides face à d'autres, ce qui peut être important pour des systèmes nécessitant une certaine réactivité.

L'intuitivité de l'environnement de développement : certains automates ont des logiciels de programmation plus aboutis comparés à d'autres. Cela permet un gain de temps énorme lors des développements.

Le critère de standardisation : si on développe des standards de programme sur un type d'automate particulier, on a intérêt à se focaliser sur un type d'automate spécifique.

La disponibilité en termes de SAV et de composants de rechange : certaines marques d'automates ont plus d'autorité ce qui leur permet d'offrir des services après ventes et d'accompagnement client meilleurs.

Le critère de renommé : certaines marques d'automates sont plus connues que d'autres ce qui témoigne de leur qualité de service

Le critère de coût : pour de petit projet d'automatisation, il est préférable de choisir des micros ou mini automates ce qui va nous permettre de maximiser nos économies.

Pour notre système nous allons proposer un API Siemens LOGO qui est un automate confortable et économique pour les tâches de commande simples, compacte, à utilisation facile, universalité d'emploi sans nécessité d'accessoires. LOGO constitue la solution confortable et économique pour les tâches de commande et de régulation simples et d'utilisation universelle, p. ex. dans les domaines suivants :

- Domotique (lumière, volets roulants, stores, portails, contrôles d'accès, barrières, systèmes d'aération...).
- Construction d'armoires électriques.



- Construction de machines et d'appareils (pompes, petites presses, compresseurs, plateformes élévatrices, convoyeurs à bande...).
- Automatismes dédiés pour jardins d'hiver, serres.
- Prétraitement de signaux pour d'autres automates

Figure 35 : Automate Siemens logo.

G. Optimisation de la surveillance du taux d'humidité :

Pour une meilleure surveillance du taux d'humidité et afin d'optimiser le rendement des serres, nous proposons de décomposer la surface de la serre en quatre parts égales et équiper chaque part avec un capteur d'humidité ; ce qui va permettre :

- Un contrôle total du taux d'humidité du terreau sur toute la surface de la serre.
- La possibilité de varier les plantations
- le contrôle indépendant du taux d'humidité de chaque quart de la serre.
- Une économie d'eau maximale.

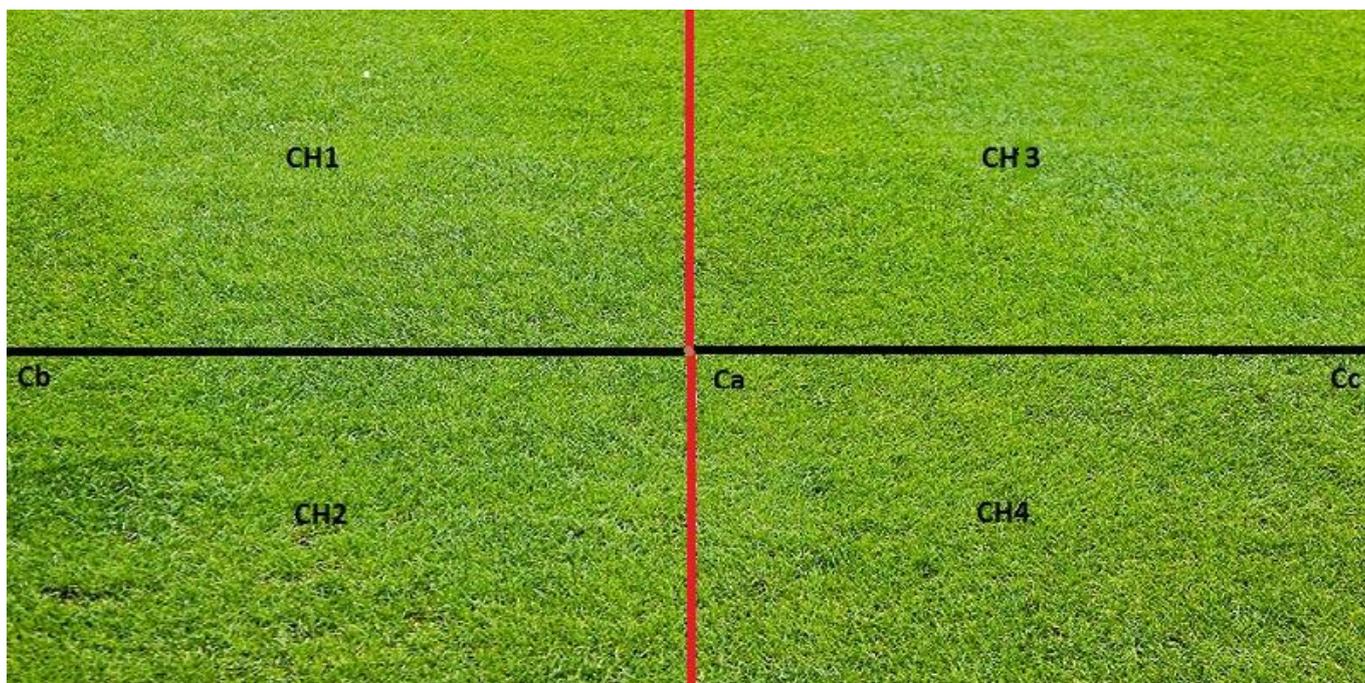


Figure 36: La décomposition de la surface

Chapitre 6 : Elaboration De La Maquette

Pour être plus explicite à propos du fonctionnement et l'amélioration du système, nous avons élaboré une maquette automatisée qui fonctionne de la même manière que l'objet de l'étude à savoir le système d'irrigation. La maquette est automatisée grâce à un circuit électronique imprimé nommé « arduino ». Le circuit électronique de cette maquette se compose de :

- Carte arduino uno r3

- L298N Dual H-Bridge Motor Controller
- Relais Arduino
- Stepper Motor RH7-1473
- Capteur d'humidité du sol
- Pompe à eau

Arduino unor3:

Arduino, et son récent synonyme Genuino, est une marque qui couvre des cartes matériellement libres sur lesquelles se trouve un microcontrôleur (d'architecture Atmel AVR comme l'Atmega328p, et d'architecture ARM comme le Cortex-M3 pour l'Arduino Due). Les schémas de ces cartes sont publiés en licence libre. Cependant, certains composants, comme le microcontrôleur par exemple, ne sont pas sous licence libre.

Le microcontrôleur peut être programmé pour analyser et produire des signaux électriques, de manière à effectuer des tâches très diverses comme la domotique (le contrôle des appareils domestiques - éclairage, chauffage...), le pilotage d'un robot, de l'informatique embarquée, etc.

C'est une plate-forme basée sur une interface entrée/sortie simple. Il était destiné à l'origine principalement mais pas exclusivement à la programmation multimédia interactive en vue de spectacle ou d'animations artistiques, ce qui explique en partie la descendance de son environnement de développement de Processing, lui-même inspiré de l'environnement de programmation Wiring (l'un pensé pour la production d'applications impliquant des graphismes et l'autre pour pilotage de salles de spectacles).

Arduino peut être utilisé pour construire des objets interactifs indépendants (prototypage rapide), ou bien peut être connecté à un ordinateur pour communiquer avec ses logiciels (ex. : Macromedia Flash, Processing, Max/MSP, Usine Hollyhock, Pure Data, SuperCollider). En 2011, les versions vendues sont pré-assemblées. Des informations sont fournies pour ceux qui souhaitent assembler ou construire une carte Arduino eux-mêmes.[13]

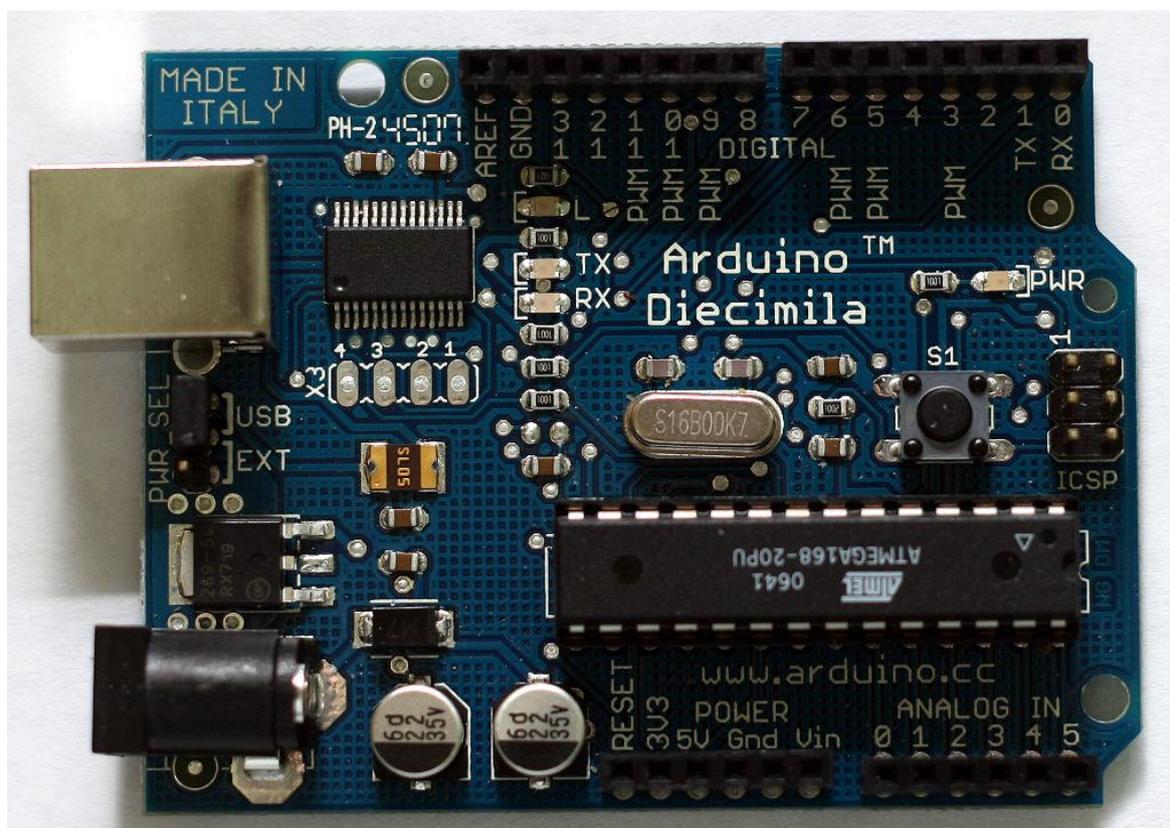


Figure 37 : Carte arduinoUno R3.

Un module Arduino est généralement construit autour d'un microcontrôleur Atmel AVR (ATmega328, ATmega32u4 ou ATmega2560 pour les versions récentes, ATmega168, ATmega1280 ou ATmega8 pour les plus anciennes), et de composants complémentaires qui facilitent la programmation et l'interfaçage avec d'autres circuits. Chaque module possède au moins un régulateur linéaire 5 V et un oscillateur à quartz 16 MHz (ou un résonateur céramique dans certains modèles).

Le microcontrôleur est préprogrammé avec un bootloader de façon à ce qu'un programmeur dédié ne soit pas nécessaire.

Les modules sont programmés avec une connexion série TTL, mais les connexions permettant cette programmation diffèrent selon les modèles. Les premiers Arduino possédaient un port série RS-232, puis l'USB est apparu sur les modèles Diecimila, tandis que certains modules destinés à une utilisation portable comme le Lillypad ou le Pro-mini se sont affranchis de l'interface de programmation, relocalisée sur un module USB-série dédié (sous forme de carte ou de câble), cela permettait aussi de réduire leur coût, le convertisseur USB-Série TTL (un FTDI232RL de FTDI) coûtant assez cher.

L'Arduino utilise la plupart des entrées/sorties du microcontrôleur pour l'interfaçage avec les autres circuits. Le modèle Diecimila par exemple, possède 14 entrées/sorties numériques, dont 6 peuvent produire des signaux PWM, et 6 entrées analogiques.

Les connexions sont établies au travers de connecteurs femelles HE14 situés sur le dessus de la carte, les modules d'extension venant s'empiler sur l'Arduino. Plusieurs sortes d'extensions sont disponibles dans le commerce.[13]

D'autres cartes comme l'Arduino Nano ou le Pro micro utilisent des connecteurs mâles, permettant de les disposer sur une platine d'expérimentation.

[L298N Dual H-Bridge Motor Controller](#) :

Le L298N Dual H-Bridge Motor Controller est un shieldArduinoqui sert à piloter les moteurs ,à changer le sens de rotation, à varier la vitesse ...etc.le driver peut contrôler 2 moteurs à courant continu ou un moteur pas à pas. Dans notre cas on a utilisé le l298n pour contrôler un moteur pas à pas.[13]

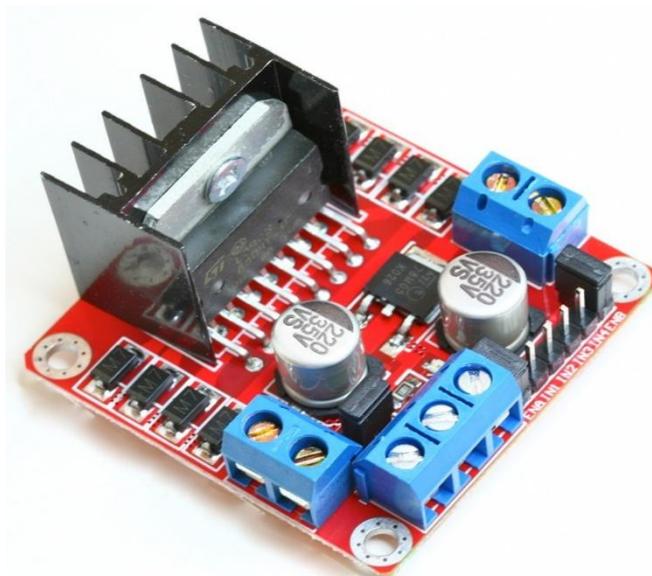


Figure 38: l298N dual H-bridge.

Relai de contact :

La tension sur les pins I/O de notre Arduino est de 5V, un peu limite quand on sait que la tension de l'appareillage électrique domestique est de 240V, voire 400V si on dispose du triphasé.

Pour simplifier, on va dire qu'il existe deux grandes familles de relais :

- les relais mécaniques : une bobine (circuit de commande) est mise sous tension et un contact mécanique est enclenché (circuit de puissance). C'est le moins cher des deux types.
- les relais statiques : on ne met plus sous tension une bobine, mais un composant électronique comme un opto-coupleur (faible ampérage) qui lui-même commandera un autre composant électronique pour le circuit de puissance (remplace le contact mécanique) comme un triac, un thyristor, ... Il est plus cher mais dispose d'une excellente durée de vie comme il n'y a pas d'éléments mécaniques. Il est par exemple utilisé branché à une résistance chauffante en régulation de température. Un article traite de la façon de connecter les relais statiques.

Les relais sont utilisés très régulièrement, par exemple pour démarrer un moteur, commander une prise, une lumière, réguler le chauffage, ...

Dans notre cas, on a utilisé un relai pour activer et désactiver la pompe à eau qui marche avec une



tension de 220v.

Figure 39: Relai.

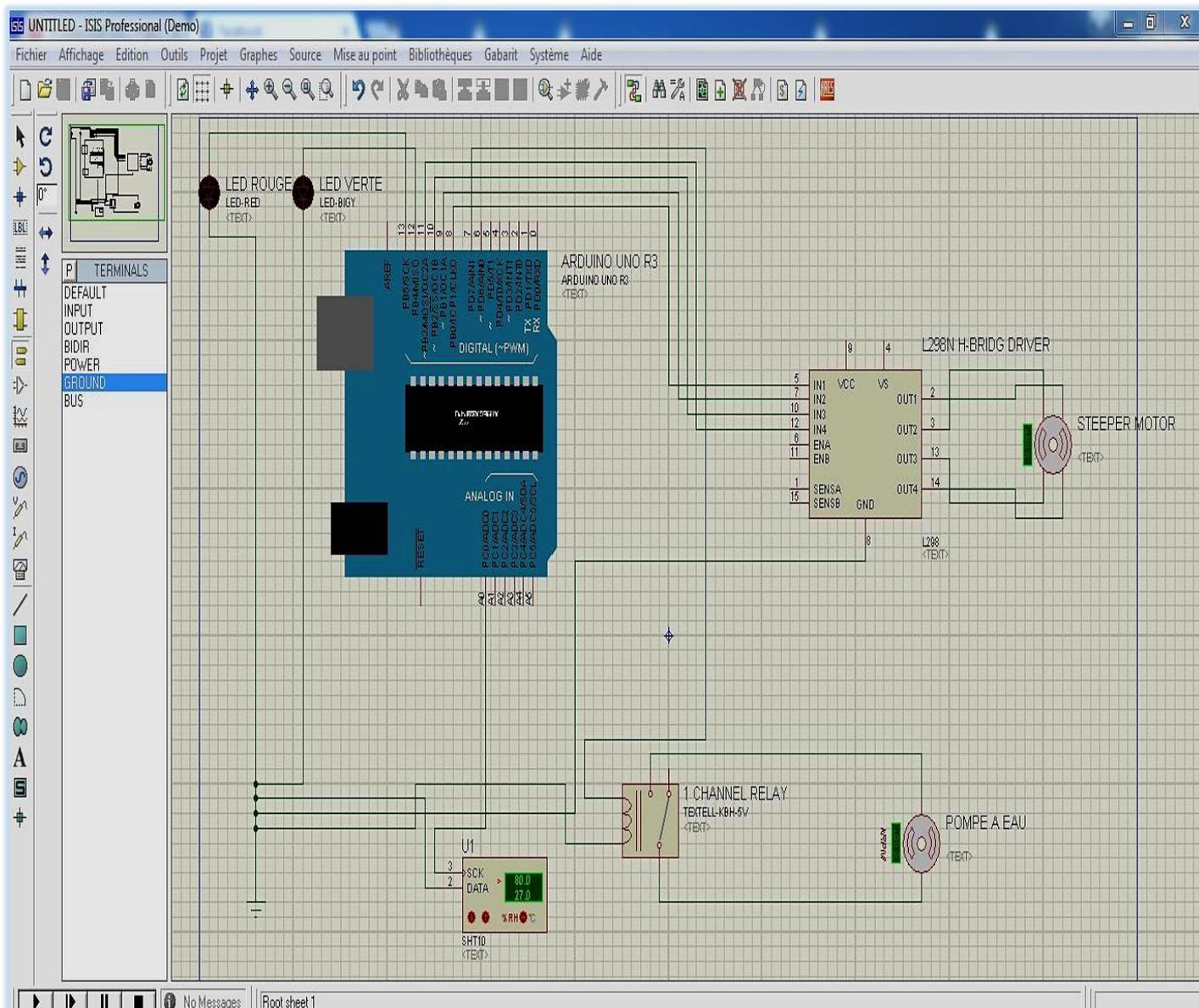


Schéma du câblage des composants de la maquette :

Figure 40:câblage des composants de la maquette.

A l'aide du logiciel de simulation des circuits électroniques « portés ISIS » on a reproduit le circuit électronique de la maquette (figure : 40).

Programme Arduino de la maquette :

Pour que le circuit fonctionne, on doit programmer le PIC de la carte arduino afin qu'il exécute des tâches précises. Le code suivant est le code pour le fonctionnement de la maquette :

```
#include <Stepper.h>

constintstepsPerRevolution = 100;

intWaterPump = 7;

constintledPin= 4;
```

```
constint ledPin1= 5;
Stepper myStepper(stepsPerRevolution, 8, 9, 10, 11);
void setup() {
  // set the speed at 60 rpm:
  myStepper.setSpeed(50);
  Serial.begin(9600);
  pinMode (WaterPump, OUTPUT);
  pinMode(ledPin, OUTPUT);
  pinMode(ledPin1, OUTPUT);
}
void loop() {
  inthumidityRaw = analogRead(A0);

  inthumidityDuSol = map(humidityRaw, 1023, 0, 0, 100);
  Serial.println(humidityDuSol);
  delay(1000);
  if (humidityDuSol> 10)
  {

  digitalWrite (WaterPump,HIGH);
  digitalWrite(ledPin, LOW);
  digitalWrite(ledPin1, HIGH);
  }
  else
  {
  digitalWrite(ledPin, HIGH);
  digitalWrite(ledPin1, LOW);
  digitalWrite(WaterPump, LOW);
  Serial.println("moteurActif Sense Horaire");
  myStepper.step(stepsPerRevolution);
  delay(500);
  Serial.println("moteurActif Sense Anti Horaire");
  myStepper.step(-stepsPerRevolution);
  delay(500);
```

}

Conclusion générale :

Dans notre projet intitulé "automatisation d'un système d'irrigation" , nous avons tenté d'introduire de nouvelles solutions technologiques afin de transformer un système semi-automatique qui autrefois nécessitait une intervention permanente et une assistance d'un opérateur, en un système complètement autonome et intelligent.

Notre système est capable de prendre des décisions d'irrigation selon la situation et le contexte en utilisant une partie commande dotée d'un automate programmable qui est l'élément de contrôle et d'intervention, mais aussi de multiples types de capteurs qui représentent les sens de ce système.

Pour arriver à l'automatisation et augmentation des performances de ce système, nous avons proposé plusieurs changements :

Mécanique :

1.1. Remplacement de liaison glissière a deux rails par un guidage par interposition d'un élément roulant monorail (guidage par galet).

1.2 Changement de la poulie-courroie par une poulie-câble métallique dans le cadre de transmission de puissance.

Electrique :

2.1. Changement du moteur à courant contenu par un autre moteur asynchrone vu les qualités suscitées de ce dernier

2.2. Proposition d'un variateur de vitesse pour moteur asynchrone afin d'avoir plusieurs vitesses de sortie.

2.3. Proposition d'utilisation de capteurs qui indiquent la position du chariot et un autre type de capteur pour mesurer le taux d'humidité du terreau.

Commande :

3.1 Proposition d'utilisation d'un automate programmable pour commander le système selon les valeurs entrantes.

Maquette :

4. Pour être plus explicite, nous avons reproduit le système dans une maquette miniaturisée qui fonctionne de la même manière que le projet envisagé.

Enfin, notre proposition d'amélioration de ce système et les solutions technologiques proposées sont en rapport avec leurs rentabilités, efficacités et leurs couts ce qui est l'objectif de ce projet.

Ce travail nous a montré que l'automatisation d'un système mécanique ou d'un système semi-automatique est un vaste chantier à explorer.

Référence Webographique et bibliographique :

[1]	www.tomates-de-france.com/la-culture-sous-serre/pourquoi-cultiver-sous-serre/
-----	--

[2]	livre : « Mécatronique » Cours avec exercices corrigés Lionel Birglen, Dunod, 2016
[3]	Cours-Guidage-translation christophe.matter.free.fr/construction/_private/.../Cours-Guidage%20translation
[4]	www.delfaud.fr/Collegues/SI/magali/construction/cours/6%20TRANSMISSION
[5]	TryEngineering (www.tryengineering.org)
[6]	MANUEL DE GÉNIE ÉLECTRIQUE Rappels de cours, méthodes, exemples et exercices corrigés Guy Chateigner Daniel Bouix Professeurs de Génie Électrique au lycée Jules Algod
[7]	FORMATION CONTINUE - TECHNICIENS SUPERIEURS - INGENIEURS ELECTROTECHNICIENS Edition revue 2010 Bapio BAYALA, LA MACHINE ASYNCHRONE
[8]	Manuel Les procédés de démarrage Sghaier.N&Mbarek.M
[9]	SAID A., JEMAI Y., « INSTALLATIONS INDUSTRIELLES », Institut Supérieur des Etudes Technologiques de Nabeul, 2014
[10]	livre capteur et actionneur de Dr. Mohsen Ben Ammar Maître-Technologue en Génie Electrique à l'ISSET de Sfax
[11]	Automates Programmables Industriels Dr. Mohsen Ben Ammar Maître-Technologue en Génie Electrique à l'ISSET de Sfax
[12]	P. BOYE, A. BIANCIOTTO Le schéma en électrotechnique. Collection DELAGRAVE, édition 1981.
[13]	www.arduino.cc