



Université Mohamed Khider de Biskra  
Faculté des Sciences et de la Technologie  
Département de génie électrique

# MÉMOIRE DE MASTER

Sciences et Technologies  
Automatique  
Automatique et Informatique Industrielle

Réf. : .....

---

Présenté et soutenu par :  
**BEN KHALFALLAH Roumaïsa**

Le : mercredi 30 septembre 2020

## **Automatisation d'un système d'Irrigation.**

---

### **Jury :**

Mr	ZITOUNI Athmane	MCA	Université de Biskra	Président
Mr	SAADOUNE Achour	Pr	Université de Biskra	Encadrant
Mme	MIHI Assia	MAA	Université de Biskra	Examinatrice



Université Mohamed Khider de Biskra  
Faculté des Sciences et de la Technologie  
Département de génie électrique

# MÉMOIRE DE MASTER

Sciences et Technologies  
Automatique  
Automatique et Informatique Industrielle

Réf. : .....

---

Présenté et soutenu par :  
**BEN KHALFALLAH Roumaïsa**

Le : mercredi 30 septembre 2020

## Automatisation d'un système d'Irrigation.

---

Présenté par :  
**BEN KHALFALLAH Roumaïsa**

Avis favorable de l'encadreur :  
**Pr. SAADOUNE Achour**

**Avis favorable du Président du Jury**

**Mr ZITOUNI Athmane**

**Cachet et signature**

# MÉMOIRE DE MASTER

Sciences et Technologies  
Automatique  
Automatique et Informatique Industrielle

Réf. : .....

---

Présenté et soutenu par :  
**BEN KHALFALLAH Roumaysa**

Le : mercredi 30 septembre 2020

## Automatisation d'un système d'Irrigation.

---

**Proposé par : Pr. SAADOUNE Achour**  
**Dirigé par : Pr. SAADOUNE Achour**

### RESUMES

Le but de ce projet est d'utiliser le système automatisé en irrigation pour améliorer la production et économiser la quantité d'eau utilisée et la main d'œuvre, en utilisant des systèmes de contrôle automatisé et le capteur d'humidité du sol, donc les cultures soit irriguées chaque type selon ses besoins.

L'automate programmable utilisé dans cette étude est l'automate M340 de Schneider avec l'intervention humaine automatique utilisant le logiciel Unity Pro.

### ملخص

الهدف من هذا العمل هو استخدام النظم الآلية في الري لتحسين الإنتاج وتوفير كمية المياه المستخدمة واليد العاملة وذلك باستخدام مجموعة من نظم التحكم الآلي وحساس التربة فتروى المزروعات حسب حاجة كل نوع. في هذه الدراسة تم استخدام المبرمج الآلي M340 من شنايدر ومع تدخل الانسان آليا باستخدام برنامج *Unity Pro*

## *Remerciements*

Je remercie Dieu pour la force et la volonté qui m'a donné pour réaliser ce travail malgré la situation actuelle du monde entier.

Je remercie aussi mon encadreur Pr. SAADOUNE Achour pour son aide et son suivi.

Mes remerciements s'adressent aussi aux membres de jury Mr. ZITOUNI Athmane et M. MIHI Assia qui ont accepté de juger et d'évaluer ce travail.

Je tiens à remercier toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à m'aider.

## *Dédicaces*

A TOUTE MA FAMILLE

A TOUS MES AMIS

# Sommaire

<b>Introduction générale</b>	01
<b>Chapitre 1: Généralité sur les systèmes d'irrigation</b>	
1.1 Introduction	02
1.2 L'irrigation gravitaire	02
1.2.1 Irrigation par bassin	03
1.2.2 Irrigation par planche	03
1.2.3 Irrigation par sillons/à la raie	04
1.2.3.1 Irrigation par siphon	05
1.2.3.2 Irrigation par rampe à vannette	05
1.2.3.3 Irrigation par gaine souple	06
1.2.3.4 Transirrigation	06
1.3 Irrigation goutte à goutte	07
1.3.1 Les matériels du système goutte à goutte	08
1.3.1.1 L'unité de pompage	09
1.3.1.2 L'unité en tête	09
1.3.1.3 Les canalisations principales et secondaires et les rampes	09
1.3.1.4 Les goutteurs ou distributeurs	09
1.3.1.5 Les diffuseurs	10
1.3.1.6 Les ajutages	11
1.4 L'irrigation par aspersion	11
1.4.1 Les éléments d'un réseau d'irrigation par aspersion	12
1.4.1.1 L'unité de pompage	13
1.4.1.2 Les canalisations principales et les canalisations d'approche	13
1.4.1.3 Les rampes	13
1.5 Le choix d'une méthode d'irrigation	13
1.5.1 Les conditions naturelles	13
1.5.1.1 Type du sol	
1.5.1.2 La pente	14
1.5.1.3 Le climat	14
1.5.1.4 La disponibilité de l'eau	14

1.5.1.5	La qualité d'eau	14
1.5.2	Les cultures pratiques	15
1.5.3	La technologie	15
1.5.4	Tradition des irrigations	15
1.5.5	Besoin en main-d'œuvre	15
1.5.6	Coûts et bénéfices	16
1.6	Conclusion	16

## **Chapitre 2: Les systèmes automatisés**

2.1	Introduction	17
2.2	Structure des systèmes automatisés	17
2.2.1	La partie commande	17
2.2.2	La partie opérative	18
2.3	Éléments de la partie opérative et la partie commande	18
2.3.1	Les capteurs	18
2.3.1.1	Type des capteurs	19
2.3.2	Pré-actionneurs	20
2.3.2.1	Le contacteur	20
2.3.2.2	Le distributeur	20
2.3.3	Actionneur	21
2.3.3.1	Les moteurs	22
2.3.3.2	Les vérins	25
2.3.4	Les effecteurs	26
2.3.5	Les automates programmables	26
2.3.5.1	Les grandes marques de l'API	27
2.3.5.2	Langages de programmation d'un automate	27
2.3.5.3	Fonctionnement d'un automate programmable	27
2.3.5.4	Liaisons PO-PC	28
2.4	Le GRAFCET	29
2.5	Conclusion	29

## **Chapitre 3: Etude du système d'irrigation automatique**

3.1	Introduction	30
-----	--------------	----

3.2	L'automate programmable industriel	30
3.2.1	Présentation	30
3.2.2	Processeur Modicon M340	30
3.2.3	Description des processeurs avec port Ethernet Modbus/TCP intégré BMXP 342020	31
3.2.4	Conception et mise en œuvre les applications Modicon M340	32
3.2.5	Le logiciel Unity Pro	32
3.2.5.1	Création d'un projet Unity Pro	35
3.3	Capteur d'humidité	36
3.3.1	Présentation	36
3.3.2	Fonctionnement	36
3.3.3	Spécifications	37
3.4	Capteur de niveau	37
3.5	Electrovanne	38
3.5.1	Présentation	38
3.5.2	Régulation de débit	38
3.6	Pompe à eau	39
3.7	Conclusion	39
<b>Chapitre 4: La programmation du système d'irrigation automatique</b>		
4.1	Introduction	40
4.2	Le cahier de charge	40
4.3	L'organigramme correspondant au cahier de charge	40
4.4	Création de la table des variables	41
4.5	Mise à l'échelle des entrées analogiques	42
4.6	Calcul de la quantité d'eau	43
4.7	Calcul de débit de la vanne	43
4.8	Mise à l'échelle des sorties analogique	44
4.9	La commande des sorties	45
4.10	Création du système en IHM	45
4.11	Vérification du programme et simulation du système	46
4.12	Conclusion	47
<b>Conclusion générale</b>		48

## Liste des figures

### Chapitre 1: Généralité sur les systèmes d'irrigation

<b>Figure 1.1</b> les techniques du système d'irrigation	02
<b>Figure 1.2</b> Irrigation par bassin	03
<b>Figure 1.3</b> Irrigation par planche	04
<b>Figure 1.4</b> Irrigation à la raie	04
<b>Figure 1.5</b> Siphon	05
<b>Figure 1.6</b> Tube à vannettes	05
<b>Figure 1.7</b> Gaine	06
<b>Figure 1.8</b> Transirrigation	07
<b>Figure 1.9</b> Transirrigation enterrée	07
<b>Figure 1.10</b> Goutte à Goutte	08
<b>Figure 1.11</b> Schéma type d'une installation d'irrigation au goutte à goutte	09
<b>Figure 1.12</b> Les diffuseurs	10
<b>Figure 1.13</b> Les ajutages calibrés	11
<b>Figure 1.14</b> Irrigation par aspersion	12
<b>Figure 1.15</b> Réseau d'irrigation par aspersion avec deux rampes mobiles (à déplacement manuel)	12

### Chapitre 2: Les systèmes automatisés

<b>Figure 2.1</b> Structure d'un système automatisé	17
<b>Figure 2.2</b> Structure de la partie commande	18
<b>Figure 2.3</b> Structure de la partie opérative	18
<b>Figure 2.4</b> Structure fonctionnelle du capteur	19
<b>Figure 2.5</b> Exemples capteurs TOR	19
<b>Figure 2.6</b> Exemples capteurs analogique	19
<b>Figure 2.7</b> Le contacteur	20
<b>Figure 2.8</b> Distributeur 4/2	21
<b>Figure 2.9</b> Différents commandes des distributeurs	21
<b>Figure 2.10</b> La chaîne d'action	21
<b>Figure 2.11</b> Constitution d'un MCC à aimant permanent	22
<b>Figure 2.12</b> Principe de fonctionnement d'un MCC	23
<b>Figure 2.13</b> Principe de fonctionnement d'un MAS	23

<b>Figure 2.14</b> Fonctionnement d'un moteur pas à pas	25
<b>Figure 2.15</b> Constitution d'un vérin	25
<b>Figure 2.16</b> Types des vérins	26
<b>Figure 2.17</b> Exemples des effecteurs	26
<b>Figure 2.18</b> structure d'un API	27
<b>Figure 2.19</b> cycle de fonctionnement d'un API	27
<b>Figure 2.20</b> Raccordement d'un capteur sur la carte des entrées de l'API	28
<b>Figure 2.21</b> Raccordement des sorties sur la carte des sorties de l'API	28
<b>Figure 2.22</b> Constitution d'un GRAFCET	29

### **Chapitre 3: Etude du système d'irrigation automatique**

<b>Figure 3.1</b> API de Schneider	30
<b>Figure 3.2</b> le processeur BMXP342020	32
<b>Figure 3.3</b> Interface utilisateur du logiciel Unity Pro XL	33
<b>Figure 3.4</b> forme affichage du projet	34
<b>Figure 3.5</b> Fenêtre d'information	34
<b>Figure 3.6</b> Le sélection de l'automate	35
<b>Figure 3.7</b> Nouveau section	36
<b>Figure 3.8</b> Capteur d'humidité du sol	36
<b>Figure 3.9</b> Capteur de niveau	37
<b>Figure 3.10</b> Electrovanne proportionnelle	38
<b>Figure 3.11</b> Régulation en boucle fermé	38
<b>Figure 3.12</b> pompe à eau	39

### **Chapitre 4: La programmation du système d'irrigation automatisé**

<b>Figure 4.1</b> Organigramme du système	40
<b>Figure 4.2</b> Déclaration des variables	41
<b>Figure 4.3</b> La table des variables	41
<b>Figure 4.4</b> Mise à l'échelle l'entrée analogique (capteur d'humidité)	42
<b>Figure 4.5</b> Mise à l'échelle l'entrée analogique (capteur de niveau)	42
<b>Figure 4.6</b> Mettre la valeur d'humidité en pourcentage	43
<b>Figure 4.7</b> Mettre la valeur de niveau en mètre	43
<b>Figure 4.8</b> Méthode de calcul le débit d'ouverture de la vanne du réservoir	44
<b>Figure 4.9</b> Calcul de débit d'ouverture de la vanne du réservoir	44

<b>Figure 4.10</b> Mise à l'échelle la sortie analogique (débit d'ouverture de la vanne d'irrigation	44
<b>Figure 4.11</b> mise à l'échelle la sortie analogique (débit d'ouverture de la vanne du réservoir)	45
<b>Figure 4.12</b> La commande de la pompe d'irrigation	45
<b>Figure 4.13</b> La commande de la pompe de remplissage du réservoir	45
<b>Figure 4.14</b> Ecran d'exploitation du système non actionné	46
<b>Figure 4.15</b> La valeur de la vanne d'irrigation en pourcentage	47
<b>Figure 4.16</b> L'écran d'exploitation du système actionné	47

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1.1</b> Méthode d'irrigation correspondant à chaque type du sol	13
<b>Tableau 3.1</b> Spécification du capteur d'humidité	37

## Liste des abréviations

<b>PVC</b>	Polymerizing Vinyl Chloride
<b>TOR</b>	Tout Ou Rien
<b>MCC</b>	Moteur à Courant Continu
<b>MAS</b>	Moteur ASynchrone
<b>MS</b>	Moteur Synchrone
<b>API</b>	Automate Programmable Industriel
<b>PO</b>	Partie Opérative
<b>PC</b>	Partie Commande
<b>RTU</b>	Remote Terminal Unit
<b>PLC</b>	Programmable Logic Controller
<b>IHM</b>	Interface Homme Machine

# *Introduction générale*

## **Introduction générale**

L'irrigation est une opération artificielle qui consiste à amener l'eau aux plantes pour augmenter la production et améliorer le rendement de la terre agricole par l'apport de l'eau nécessaire à une forte croissance, ce principe est utilisé en cas de manque d'eau d'origine naturelle, dans les régions arides ou pour les cultures qui nécessitent des grandes quantités d'eau comme le coton ou le riz.

Il existe différents types de technique d'irrigation, ses utilisations chacune selon les besoins à savoir la surface du terrain et le type de plante.

Dans la production agricole, l'eau est essentielle pour le bon rendement agricole, le système d'irrigation manuelle ne permet pas à promouvoir la conservation de l'eau, cela peut causer une quantité excessive ou manque d'eau dans le sol et ça c'est un grand problème, sans oublier que le processus d'irrigation est devenu un processus complexe à cause du manque de main-d'œuvre et de la perte de temps, voilà pourquoi la solution de penser à l'irrigation automatique est venue.

Pour réaliser le système d'irrigation automatisé on a utilisé l'API de Schneider, son logiciel de programmation Unity pro pour le contrôle et la commande des pompes d'eau et des électrovannes, capteur d'humidité du sol et un capteur de niveau d'eau. Le programme fait le contrôle de besoin d'eau est la commande de l'irrigation, ce système aide à économiser l'eau et le temps et facilite le travail humain.

On va résumer ce travail dans 4 chapitres principaux :

Le premier est généralité sur les systèmes d'irrigation et ses différents types et techniques.

Le 2<sup>ème</sup> est un résumé des systèmes automatisés.

Le 3<sup>ème</sup> est le système d'irrigation automatique et ses composants.

Le 4<sup>ème</sup> est la programmation du système.

Finalement, une conclusion générale.

# *Chapitre 1*

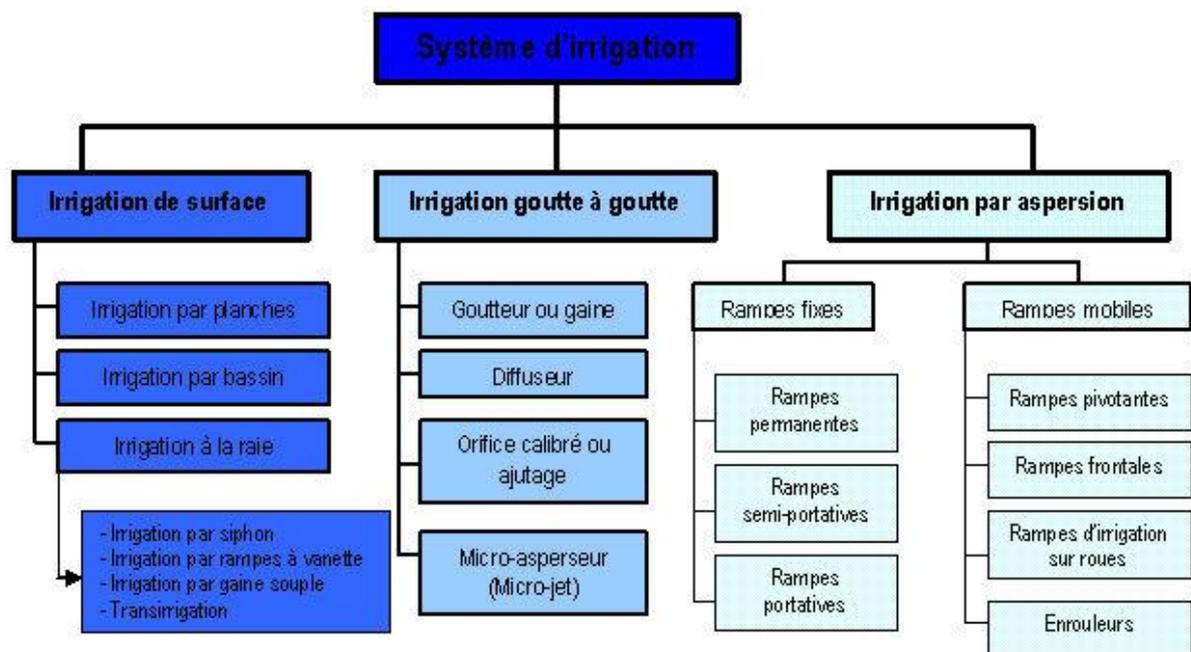
## *Généralité sur les systèmes d'irrigation*

## 1.1 Introduction

L'irrigation est le processus qui fournit de l'eau aux zones agricole d'une manière précise selon le climat et la nature du sol sous des plusieurs règles et conditions:

- Que le sol doit être planté de plante à tout âge des graines à la récolte.
- Que le processus d'irrigation doit être fait avec l'intervention humaine pour installer les équipements par exemple.

L'irrigation maintient l'humidité nécessaire à la croissance des cultures agricole et cela se fait de plusieurs techniques classé dans deux grandes catégories: l'irrigation gravitaire et l'irrigation sous pression. La figure ci-dessous présente une architecture de ces différentes méthodes d'irrigation.



**Figure 1.1:** Les techniques du système d'irrigation.

## 1.2 L'irrigation gravitaire

Le terme d'irrigation gravitaire se réfère en réalité au moyen par lequel l'eau est transportée, c'est-à-dire par force de gravité dans des canaux à ciel ouvert, contrairement aux réseaux sous pression où l'eau est transportée sous les forces de pression. [1]

Ce mode d'irrigation est considéré comme le mode le plus ancien et le plus répandu dans le monde. Au sein de l'irrigation gravitaire, on dénombre trois principales méthodes de desserte à surface libre d'eau aux plantes:

- L'irrigation à la raie (méthode la plus courante).
- L'irrigation à la planche.

- L'irrigation par bassin (ou irrigation par submersion).

Sous la forme traditionnelle, l'eau est distribuée sur la parcelle par des canaux en terre, dans les berges desquelles sont ouverte des brèches qui alimentent des bassins, des planches ou des raies. Plusieurs contraintes remettent en cause ce mode d'irrigation: les pertes d'eau, mauvais état de nivellement de la surface du sol. Différentes techniques ont été mise au point pour réduire ces contraintes. [2]

### **1.2.1 Irrigation par bassin**

Les bassins sont constitués de cuvettes en terre, à fond à peu près plat, entourées de diguettes de faible hauteur ou levées. Ces levées sont conçues pour empêcher le passage de l'eau aux champs adjacents. Cette technique est utilisée, d'une façon générale, pour l'irrigation des rizières sur terrain plat, ou des terrasses à flanc de coteau. La méthode par bassins est aussi utilisée pour l'irrigation des arbres fruitiers; dans ce cas une petite cuvette (bassin) est aménagée autour de chaque arbre. En général, cette technique d'irrigation s'applique à toutes les cultures qui peuvent tolérer la submersion par les eaux pour une longue durée. [3]



**Figure 1.2:** Irrigation par bassin

### **1.2.2 Irrigation par planche**

Les planches sont des bandes de terrain, aménagées en pente douce et séparées par des diguettes. Elles sont aussi appelées calants ou planches d'arrosage. L'alimentation en eau des planches est faite de plusieurs façons: soit à l'aide de prises d'eau aménagées sur le canal d'amenée et équipées d'une vannette, soit par des siphons, ou bien par des tuyaux d'alimentation passant à travers les berges du canal d'amenée. [3]



**Figure 1.3:** Irrigation par planche

### 1.2.3 Irrigation par sillons/à la raie

Les sillons sont des petites rigoles en terre, aménagées dans le sens de la pente du terrain, pour transporter l'eau entre les rangées de cultures. L'eau s'infiltré dans le sol, principalement par les côtés du sillon, tout le long de son trajet dans le sens de la pente du terrain. [3]

En irrigation à la raie, plusieurs dispositifs modernes (siphons, gaines souples, rampes à vannettes, trans-irrigation) permettent de bien contrôler les débits délivrés en tête des raies et l'uniformité de répartition de l'eau dans l'ensemble des raies. L'utilisation correcte de ces dispositifs nécessite que l'eau soit livrée en tête de parcelle avec une charge minimale de quelques dizaines de cm et avec un débit constant. [2]



**Figure 1.4:** Irrigation à la raie

### 1.2.3.1 Irrigation par siphon

Les siphons peuvent fonctionner sous de faibles charges (10 à 20 cm) et permettent de délivrer un débit qui varie de 0.4 à 2 l/s en fonction du diamètre du siphon (20 à 43 mm) et de la charge motrice.

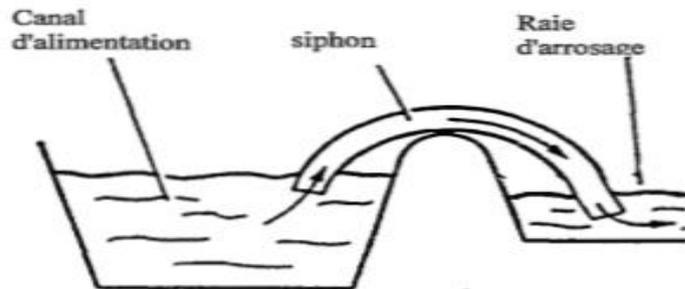


Figure 1.5: Siphon [2]

On peut modifier le débit en tête des raies en utilisant des diamètres différents ou en plaçant des bouchons percés (limiteurs de débit) à la sortie du siphon.

Les siphons présentent l'avantage:

- De ne pas coûter cher.
- Ils permettent d'assurer une bonne répartition des débits.

Néanmoins:

- Le transport et l'amorçage des siphons nécessitent une manutention importante.
- Il faut surveiller les risques de désamorçage en cours d'irrigation en cas de variation du niveau d'eau dans le canal de distribution. [2]

### 1.2.3.2 Irrigation par rampe à vannette

Les tubes à vannette sont des tuyaux en PVC rigide sur lesquels on fixe des vannettes coulissantes à l'écartement souhaité en fonction de l'espacement des raies. Les tubes sont disposés sur un sol préalablement réglé en tête de parcelle en alignant toutes les vannettes.

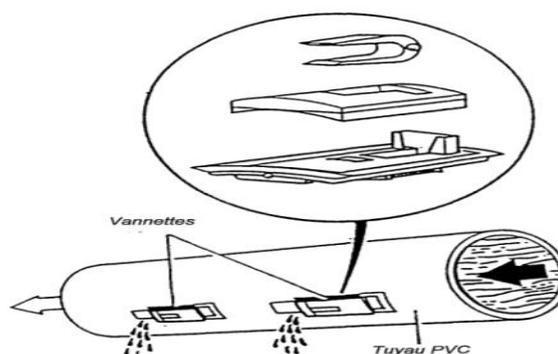


Figure 1.6: Tubes à vannettes

Cet équipement exige une charge minimale disponible en tête de parcelle de l'ordre de 30 cm avec des ouvertures de vannettes de 10 à 40 mm et des charges sur la vannette de 10 cm à 1 m de colonne d'eau, on peut obtenir des débits variant de 0.35 à environ 4 l/s. [2]

### 1.2.3.3 Irrigation par gaine souple

Les gaines soupes sont constituées d'une manche souple en plastique placée en tête de parcelle sur laquelle sont fixées des manchettes de dérivation qui alimentent les raies. Ces manchettes sont munies d'un dispositif permettant d'écraser plus ou moins le tube pour limiter les débits.

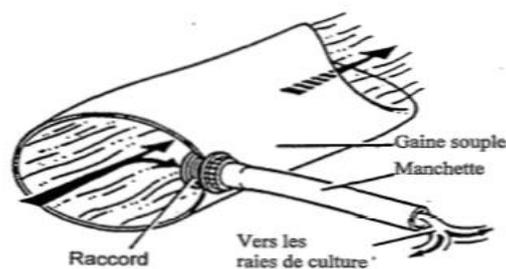


Figure 1.7: Gaine

L'utilisation correcte des gaines nécessite une charge de 40 cm à 1 m de colonne d'eau. Le débit à pleine ouverture d'une dérivation est de l'ordre de 2 l/s pour une charge de 50 à 60 cm.

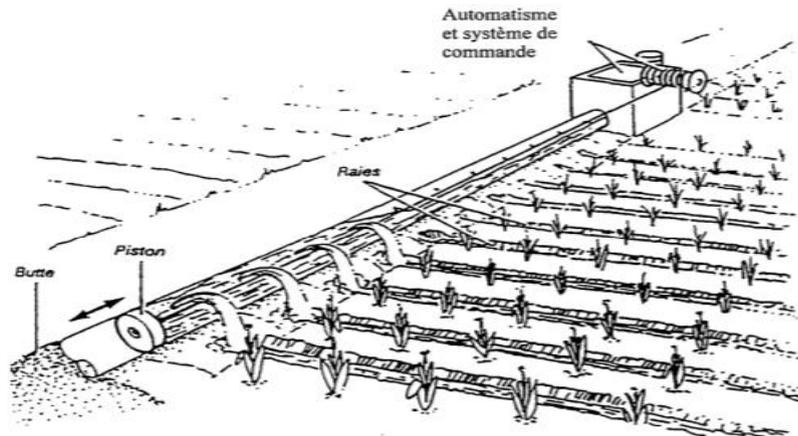
Les gaines souple présente l'avantage de:

- Pouvoir être installées rapidement et de ne pas créer d'obstacles au passage d'engins agricoles.
- Pouvoir être pliées et rangées aisément en fin de campagne.

Il faut veiller à les stocker à l'abri des rats. [2]

### 1.2.3.4 Transirrigation

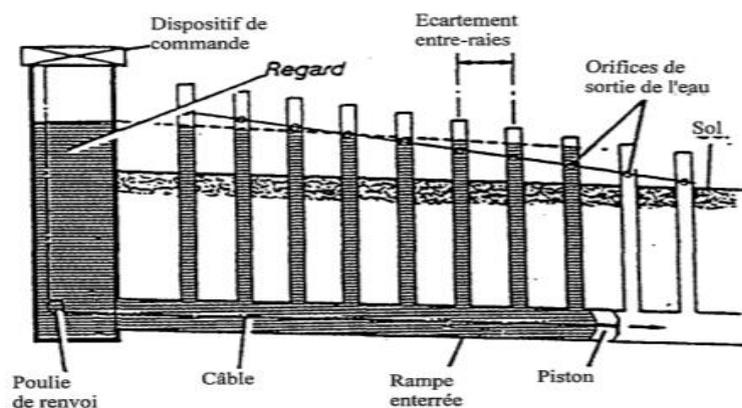
Le système transirrigation (câble irrigation USA) est constitué d'un tuyau rigide posé avec une pente régulière en tête parcelle et percé d'orifices calibrés qui alimentent les raies. Le déplacement automatique d'un piston à l'intérieur du tube entraîne le déplacement de la main d'eau sur l'ensemble de la parcelle. Le nombre de trous alimentés est toujours le même, et le débit de chaque trou décroît progressivement jusqu'à s'annuler au fur et à mesure que le piston se déplace vers l'aval du trou.



**Figure 1.8:** Transirrigation

L'avancement du piston est commandé par un dispositif qui peut être réglé de façon manuelle (minuterie) ou par l'intermédiaire d'un micro-ordinateur, en fonction d'informations fournis par des capteurs sur l'avancement de l'eau dans les raies d'irrigation.

L'installation peut être en surface ou enterrée, avec des cannes de sortie sur chaque orifice.



**Figure 1.9:** Transirrigation enterrée

Ce dispositif présente l'avantage de nécessiter peu de travail pendant l'irrigation. Il Permet par ailleurs une très bonne maîtrise de la dose apporté grâce à la modulation automatique des débits décroissants à chaque trou. C'est néanmoins une installation onéreuse qui nécessite une étude hydraulique préalable correcte et beaucoup de soins dans la mise en place.

### 1.3 Irrigation goutte à goutte

L'irrigation au goutte à goutte, appelée aussi micro-irrigation, consiste à délivrer l'eau en gouttes à la surface du sol avec une faible dose (2-20 litres par heure). [3] L'eau véhiculée dans

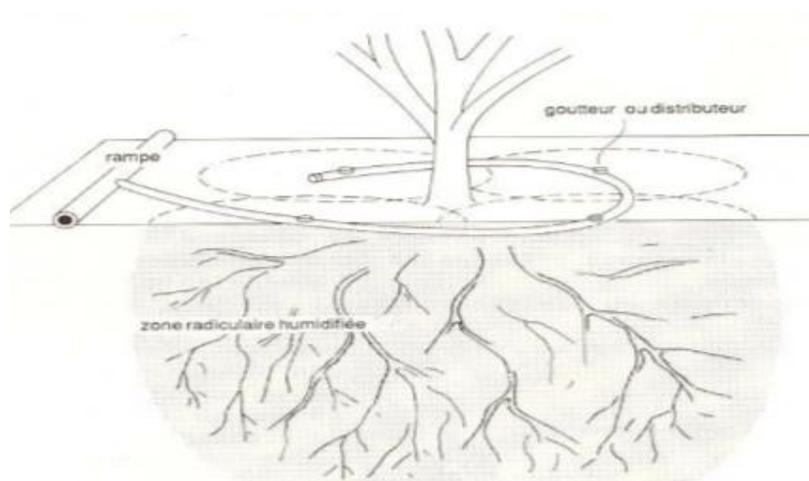
les tuyaux en plastique de faible diamètre, est diffusée au voisinage des racines par des organes de distribution tels que des goutteurs, diffuseurs ou des ajustages calibrés. [2] la fréquence des arrosages est supérieure à celle des autres méthodes (d'habitude tous les 1 à 3 jours), ce qui maintient une forte humidité du sol, favorable à la croissance des cultures.

En irrigation au goutte à goutte, seule la zone racinaire est humidifiée.

L'irrigation au goutte à goutte convient surtout aux cultures en lignes (légumes, fruits), arboriculture, vigne. On peut utiliser un ou plusieurs goutteurs pour assurer une irrigation adéquate. A cause du coût d'installation élevé, cette technique d'irrigation est réservée pour l'irrigation des cultures à forte productivité et de haute qualité. L'irrigation au goutte à goutte s'adapte à tout terrain irrigable et presque à tous les types du sol.

Une installation peut être considérée comme permanente si elle reste en place pendant plusieurs saisons d'irrigation. Dans ces conditions cette installation peut être automatisée. L'automatisation est très commode quand la main d'œuvre est rare ou chère.

Avec l'irrigation au goutte à goutte, il est possible de réduire l'espacement entre les arrosages (tous les jours s'il le faut), ce qui a un effet très bénéfique sur la croissance des plantes. Cependant, les plantes qui sont irriguées tous les jours ont des racines peu profondes, et par conséquent elles risquent de périr si l'irrigation est reportée de quelques jours en cas d'accident ou pour entretien.



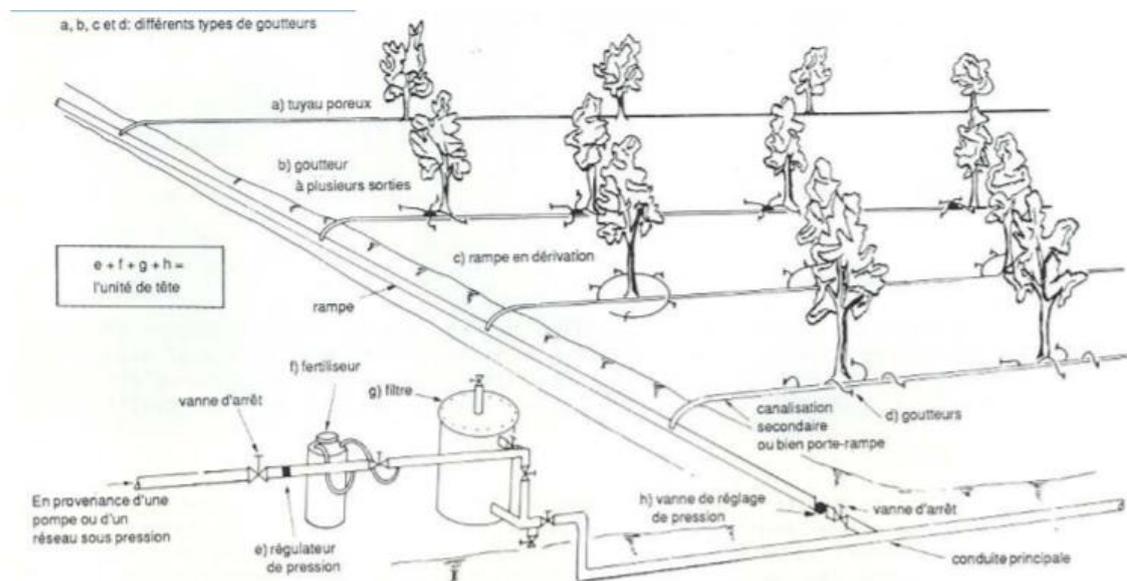
**Figure 1.10:** Goutte à goutte [3]

### 1.3.1 Les matériels du système goutte à goutte

Comme on le voit (figure 1.10) les éléments de l'installation de type d'irrigation au goutte à goutte sont:

- L'unité de pompage
- L'unité de tête ou de contrôle en tête

- Les canalisations principales et secondaires
- Les rampes
- Les goutteurs ou distributeurs. [3]



**Figure 1.11:** Schéma type d'une installation d'irrigation au goutte à goutte

### 1.3.1.1 L'unité de pompage

L'unité de pompage puise l'eau de la source et la refoule à la pression désirée dans le réseau de distribution, pour assurer le bon fonctionnement des goutteurs. [3]

### 1.3.1.2 L'unité en tête

L'unité de tête ou de contrôle en tête consiste en une série de vannes pour contrôler le débit et la pression dans le réseau. Elle peut aussi comporter un filtre pour la clarté de l'eau. Certaines unités de tête comportent aussi un fertiliseur qui a pour rôle d'injecter une dose préétablie d'engrais et d'autres matières nutritives dans l'eau d'irrigation; c'est un des grands avantages de l'irrigation au goutte à goutte par rapport aux autres méthodes d'irrigation.[3]

### 1.3.1.3 Les canalisations principales et secondaires et les rampes

Les conduites principales, secondaires et les rampes transportent l'eau de l'unité de tête pour la délivrer aux champs d'irrigation. Elles sont en PVC ou en polyéthylène. Elles doivent être enterrées dans le sol pour éviter leur dégradation sous l'effet du rayonnement solaire. Les rampes sont des tuyaux de 12 à 32 mm de diamètre. [3]

### 1.3.1.4 Les goutteurs ou distributeurs

Les goutteurs apportent l'eau de manière ponctuelle, en générale à la surface du sol, ils sont parfois enterrés. Ils ont pour rôle de délivrer le débit désiré à la plante, ils débitent de 1 à 8 l/h sous une pression voisine de 1 bar.

Ils peuvent être montés en déviation ou en ligne sur une rampe, ou être intégrés dans celle-ci. Il existe également des gaines à double parois dont une section transporte l'eau tandis que l'autre alimente les orifices par où goutte l'eau. Les gaines sont généralement jetables après une ou deux campagnes d'irrigation. [2]

L'idée de base dans la conception des goutteurs est de fabriquer un spécimen dont le débit reste constant pour une large marge de pression, et en même temps ne se bouchant pas rapidement. [3]

La qualité d'un distributeur dépend notamment de sa sensibilité (variation de débit) aux variations de pression et au bouchage.

Le choix du débit et de l'espacement des goutteurs, ainsi que la conduite de l'irrigation nécessitent une étude précise qui doit tenir compte des caractéristiques du sol et de ses aptitudes à diffuser l'eau

(Volume de sol humidifié), mais aussi du type de culture et des besoins en eau de pointe journaliers.

En effet, le volume de sol humidifié étant limité, il y a la concentration des racines dans ce volume et la plante ne disposant pas d'autre réserve d'eau dans le sol doit être alimenté en eau pratiquement en temps réel et est très sensible aux défaillances des apports d'eau.

Compte tenu de la fréquence des apports nécessaires, l'irrigation doit être automatique. [2]

### 1.3.1.5 Les diffuseurs

Les diffuseurs fonctionnent comme de petits asperseurs statiques qui pulvérisent l'eau sous forme de tache de 1 à 2 m de rayon sur une partie de la surface du sol sous une pression voisine de 1 bar, leur débit varie de 20 à 60 l/h selon les modèles.

Le mode d'irrigation est intermédiaire entre l'aspersion et le goutte à goutte. Il consiste à humecter le sol sur une profondeur de de 40 cm. Sur la partie du sol arrosée ce qui conduit à irrigué une fois tous les deux à cinq jours. L'automatisation des installations peut être plus simple que pour goutte à goutte.

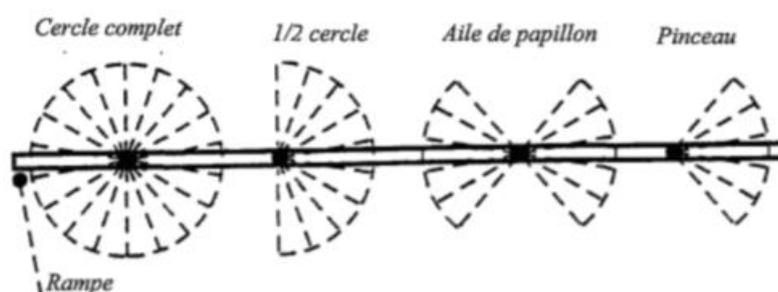


Figure 1.12: Les diffuseurs [2]

### 1.3.1.6 Les ajutages

Les ajutages sont constitués d'orifices calibrés fixés en dérivation sur la rampe tous les 2,5 à 6.5m. et recouverts d'un manchon brise-jet, leur débit varie de 35 à 100 l/h sous une pression de 1 bar suivant le diamètre de l'ajutage (1.2 à 2.1 mm).

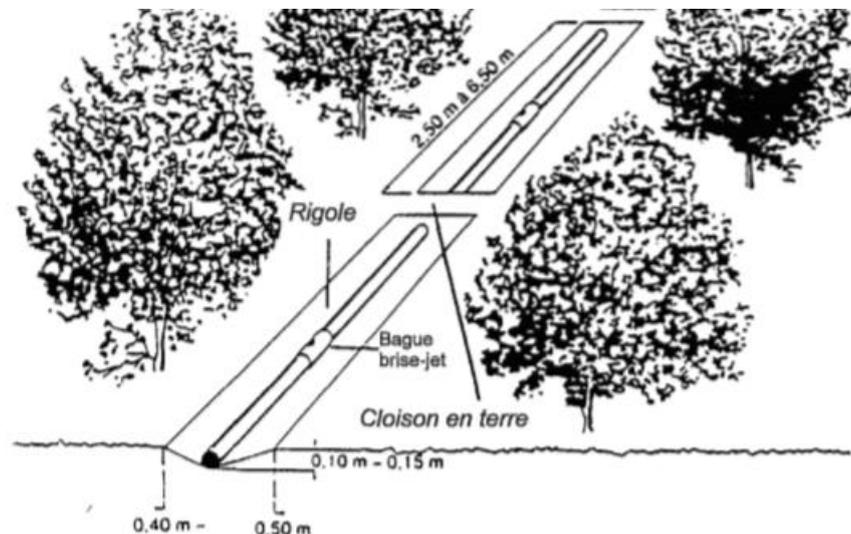


Figure 1.13: Les ajutages calibrés [2]

## 1.4 Irrigation par aspersion

L'irrigation par aspersion consiste à fournir l'eau nécessaire aux cultures sous une forme analogue à la pluie naturelle. L'eau est mise sous pression, généralement par pompage, pour être ensuite distribuée au moyen d'un réseau de canalisations. La distribution d'eau est faite au moyen de rampes d'arrosage équipées d'asperseurs. Le choix du dispositif de pompage, des asperseurs et la bonne gestion de l'eau doivent garantir la distribution uniforme de l'eau d'irrigation.

L'irrigation par aspersion convient aux cultures en lignes, de plein champ et à l'arboriculture.

L'irrigation par aspersion s'adapte à toutes les pentes de terrain cultivable, qu'elles soient uniformes ou irrégulières.

La technique d'irrigation par aspersion est la meilleure pour les sols sableux à taux d'infiltration assez fort, sans pour autant ignorer qu'elle s'adapte parfaitement à la plupart des types du sol.

L'eau d'irrigation doit être propre, exempte de matières solides en suspension, pour éviter l'obstruction des buses et le dépôt des matières solides sur frondaison. [3]

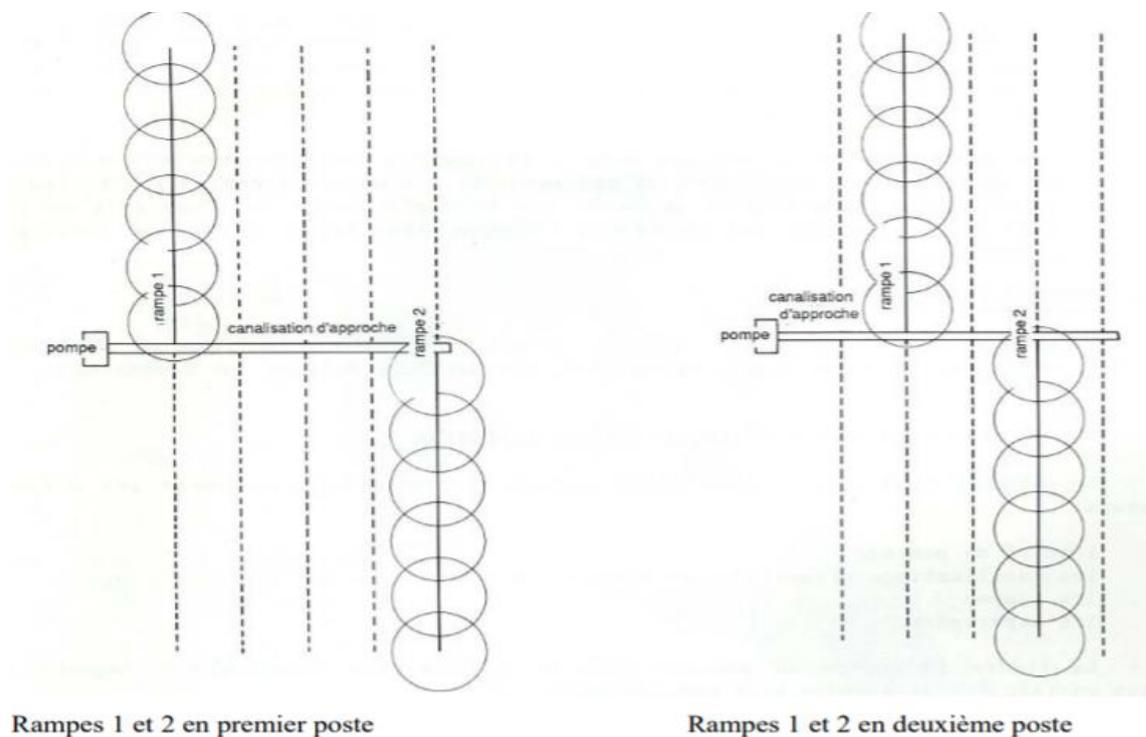


**Figure 1.14:** Irrigation par aspersion

### 1.4.1 Les éléments d'un réseau d'irrigation par aspersion

Un réseau d'irrigation par aspersion comporte les éléments suivants:

- L'unité de pompage
- Les canalisations principales et d'approche
- Les rampes
- Les asperseurs.



**Figure 1.15:** Réseau d'irrigation par aspersion avec deux rampes mobiles (à déplacement manuel) [3]

#### **1.4.1.1 L'unité de pompage**

L'unité de pompage comporte généralement une pompe centrifuge qui puise l'eau de la source et la refoule à la pression requise dans le réseau de canalisations. [3]

#### **1.4.1.2 Les canalisations principales et les canalisations d'approche**

Les canalisations principales et les canalisations d'approche (ou secondaires) servent à transporter l'eau de la pompe jusqu'aux rampes d'arrosage. Ces canalisations sont généralement fixes et posées à la surface du sol ou enterrées. Dans certains cas, elles sont mobiles et transportables d'un terrain à l'autre. Ces canalisations sont essentiellement en amiante-ciment, en plastique, ou en alliage d'aluminium. [3]

#### **1.4.1.3 Les rampes**

Les rampes sont des tuyaux qui transportent l'eau à partir des canalisations principales ou secondaires (canalisations d'approche) jusqu'aux asperseurs. Elles sont dans la plupart des cas mobiles et pour cela elles sont faites en alliage léger d'aluminium ou en plastique pour faciliter le transport. L'adoption des rampes fixes présente l'avantage de la réduction des besoins en main-d'œuvre, mais par contre les coûts d'installation (investissements) sont forts. [3]

### **1.5 Le choix d'une méthode d'irrigation**

Pour que l'agriculteur puisse choisir la méthode d'irrigation la plus adaptée à son cas particulier, il faut qu'il soit capable d'évaluer les avantages et les désavantages de chaque méthode. Il doit être capable de sélectionner la technique d'irrigation qui s'adapte le mieux aux conditions locales.

Le choix d'une méthode d'irrigation, de surface, par aspersion ou au goutte à goutte, est déterminé en fonction d'un certain nombre de facteurs, à savoir:

- Les conditions naturelles
- Les cultures
- La technologie
- La tradition des irrigations
- Les besoins en main-d'œuvre
- Les coûts et les bénéfices.

#### **1.5.1 Les conditions naturelles**

Les conditions naturelles telles que le type de sol, la pente du terrain, le climat, la qualité de l'eau [3].

### 1.5.1.1 Type du sol

Méthode d'irrigation Type du sol	Irrigation de surface	Irrigation au goutte à goutte	Irrigation par aspersion
sableux		Plus approprié	Plus approprié
limon	Plus courante	utilisable	utilisable
argile	Condition idéal	utilisable	utilisable
hétérogène		Meilleure uniformité de distribution	Meilleure uniformité de distribution

**Tableau 1.1:** Méthode d'irrigation correspondant à chaque type de sol [3]

### 1.5.1.2 La pente

L'irrigation par aspersion ou au goutte à goutte est préférable sur des terrains à forte pente ou à pente irrégulière. En effet, chacune des deux méthodes requiert peu ou pratiquement pas de travaux de nivellement. L'exception à cette règle est le cas des rizières aménagées en terrasses sur des terrains à fortes pentes. [3]

### 1.5.1.3 Le climat

Les vents forts peuvent déformer les trajectoires des filets liquides en irrigation par aspersion. Dans des régions à vents forts dominants, l'irrigation au goutte à goutte ou de surface est préférable. En irrigation d'appoint, les méthodes par aspersion et au goutte à goutte sont plus appropriées que l'irrigation de surface, puisqu'elles ont la flexibilité de s'adapter à la demande variable en eau au niveau de la ferme. [3]

### 1.5.1.4 La disponibilité de l'eau

L'efficacité d'un réseau d'irrigation par aspersion ou au goutte à goutte est généralement supérieure à celle d'un réseau d'irrigation de surface; par conséquent ces deux méthodes sont préférables à l'irrigation de surface au cas où les ressources en eau sont limitées. Par ailleurs, il est bon de rappeler que l'efficacité d'irrigation dépend aussi bien des compétences de l'agriculteur que de la méthode utilisée. [3]

### 1.5.1.5 La qualité de l'eau

Avec une eau chargée de sédiments, il est plus convenable d'utiliser la technique d'irrigation de surface que les autres techniques par aspersion ou au goutte à goutte. En effet, les sédiments peuvent provoquer l'obstruction des asperseurs ou des goutteurs. [3]

Dans le cas d'une eau saline, l'irrigation au goutte à goutte est particulièrement appropriée. En effet, comme l'eau est fournie aux pieds des plantations, la salinité du sol ne sera pas sérieusement affectée par l'irrigation à l'eau saline. [3]

### **1.5.2 Les cultures pratiques**

L'irrigation de surface s'applique à toutes les cultures. Les méthodes d'irrigation par aspersion et au goutte à goutte, du fait des coûts d'investissement importants, sont principalement adoptées pour l'irrigation des cultures à haute valeur financière telles que les légumes et les arbres fruitiers. Elles sont rarement utilisées pour les cultures de base à faible valeur financière.

L'irrigation au goutte à goutte est très recommandée pour l'irrigation des plantations individuelles, les arbres et les cultures en lignes, telles que les légumes et la canne à sucre. Elle n'est pas utilisée pour l'irrigation des plantations denses telles que les rizières. [3]

### **1.5.3 La technologie**

En général, les techniques des méthodes d'irrigation par aspersion et au goutte à goutte sont plus complexes que celles de l'irrigation de surface.

Les équipements des réseaux d'irrigation de surface, et spécialement pour les projets d'irrigation à petite échelle, sont plus simples et plus faciles à entretenir, à moins que le pompage des eaux soit requis. Par ailleurs, les équipements des réseaux d'irrigation de surface peuvent être fabriqués localement, et le recours aux devises étrangères n'est pas nécessaire. [3]

### **1.5.4 Tradition des irrigations**

Le choix d'une méthode d'irrigation dépend des traditions des irrigations dans la région ou dans le pays. Généralement, les agriculteurs sont réticents à adopter les nouvelles techniques d'irrigation. La gestion des équipements sera aléatoire, et les frais seront trop élevés comparés aux bénéfices.

Souvent, il est de loin plus avantageux de réhabiliter et d'améliorer le fonctionnement d'un réseau d'irrigation traditionnel que d'introduire une nouvelle méthode d'irrigation. [3]

### **1.5.5 Besoins en main-d'œuvre**

Les besoins en main-d'œuvre pour l'aménagement, le fonctionnement et l'entretien des projets d'irrigation de surface sont toujours supérieurs à ceux des projets d'irrigation par aspersion ou au goutte à goutte. L'irrigation de surface nécessite des travaux de préparation de terrain (nivellement) assez soignés, un entretien régulier et une bonne conduite des irrigations pour assurer le bon fonctionnement du réseau. En aspersion ou au goutte à goutte, les travaux de préparation du terrain sont très minimes, et les besoins en main-d'œuvre pour le fonctionnement et l'entretien des réseaux sont moins importants que pour l'irrigation de surface. [3]

### **1.5.6 Coûts et bénéfices**

Avant de choisir une méthode d'irrigation, il faut faire une estimation des coûts, bénéfices et avantages de chaque option. L'estimation des coûts ne se limite pas aux coûts des travaux et d'installation, mais elle tient compte aussi des frais de fonctionnement et d'entretien (à l'hectare). Les coûts doivent être ensuite comparés aux bénéfices (exprimés en pourcentage des investissements). [3]

### **1.1 Conclusion**

Les progrès technologiques consistant à automatiser les réseaux d'irrigation. Ces progrès concernent tous les modes d'irrigation, ils peuvent aller jusqu'à l'automatisation complète de l'irrigation pilotée par micro-ordinateur en fonction d'informations météorologiques, agronomiques ou sur l'état hydrique du sol, transmise en temps réel avec des capteurs. [2]

L'irrigation automatisée est capable de déterminer et maintenir la quantité exacte d'eau dans le sol et d'être surveillé.

# *Chapitre 2*

*Les systèmes automatisés*

## 2.1 Introduction

Le contrôle de plusieurs opérations dans une usine est difficile pour l'ouvrier à contrôler le système précisément, c'est pour ça on recourt au contrôle automatique.

Le contrôle automatique est le fonctionnement d'un système automatiquement du début jusqu'à la fin de cycle sans intervention humaine et sera répétitive.

Un système automatisé est l'ensemble des techniques qui concourent à réaliser un automate dans le but de remplacer l'homme dans les tâches pénibles, répétitives ou dangereuses. [4]

## 2.2 Structure des systèmes automatisés

Le système automatisé est composé de deux parties : une partie commande reçoit les informations de l'opérateur ou des capteurs et commande la partie opérative qui doit exécuter les opérations demandées.

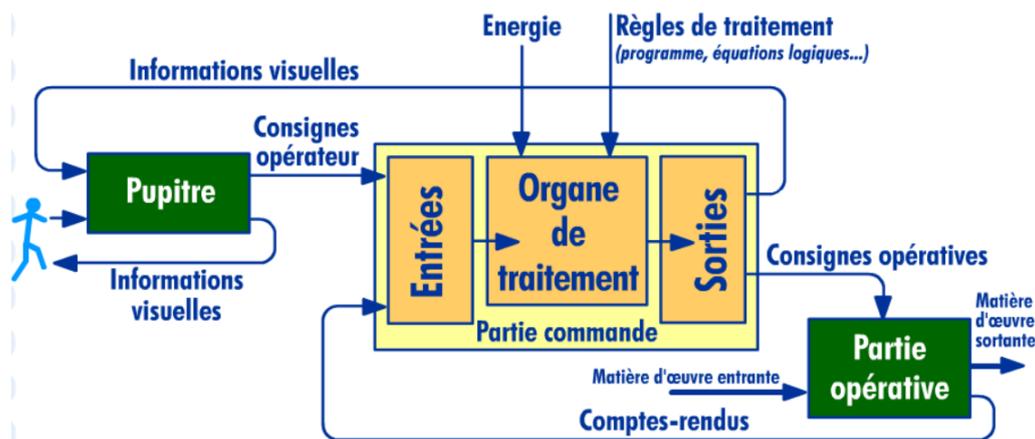


Figure 2.1: Structure d'un système automatisé [5]

### 2.2.1 La partie commande

La partie commande reçoit les consignes de l'opérateur, envoi des ordres et reçoit des informations sur l'état de la partie opérative. Peut-être réalisée par la logique câblée ou la logique programmée.

Les informations d'entrées, issues du pupitre (consignes de l'opérateur) ou de la partie opérative (comptes rendus des capteurs) sont reliées à la partie commande par ses entrées (carte d'entrée dans le cas d'un automate programmable). Ces entrées sont exploitées par l'organe de traitement (programme...) afin de déterminer quelles sorties doivent être activées. Les sorties de la partie commande sont transmises à la partie opérative (consignes opératives) ou au pupitre (informations visuelles). [5]

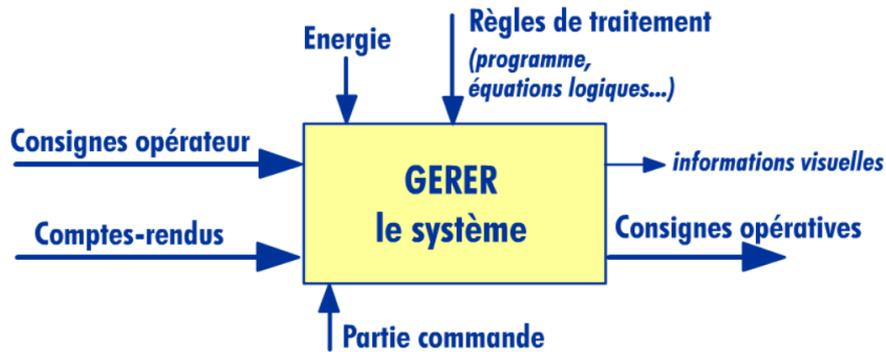


Figure 2.2: Structure de la partie commande [5]

### 2.2.2 La partie opérative

Elle effectue les opérations et les ordres de la partie commande, on trouve dans cette partie les actionneurs, les pré-actionneurs, les effecteurs et les capteurs.

La partie opérative agit sur la matière d'œuvre à partir des consignes opératives élaborées par la partie commande et génère des comptes rendus d'exécution à destination de celle-ci.



Figure 2.3: Structure de la partie opérative [5]

## 2.3 Éléments de la partie opérative et la partie commande

### 2.3.1 Capteurs :

Pour que la partie commande envoie les ordres appropriés à la partie opérative, elle doit avoir une image informative des positions et des états des éléments de la partie opérative.

Le capteur est un élément électronique qui transforme l'état d'une grandeur physique en une grandeur électrique, il détecte (avec ou sans contact) un phénomène physique (présence ou déplacement d'un objet, chaleur, lumière) et l'envoie à la partie commande.

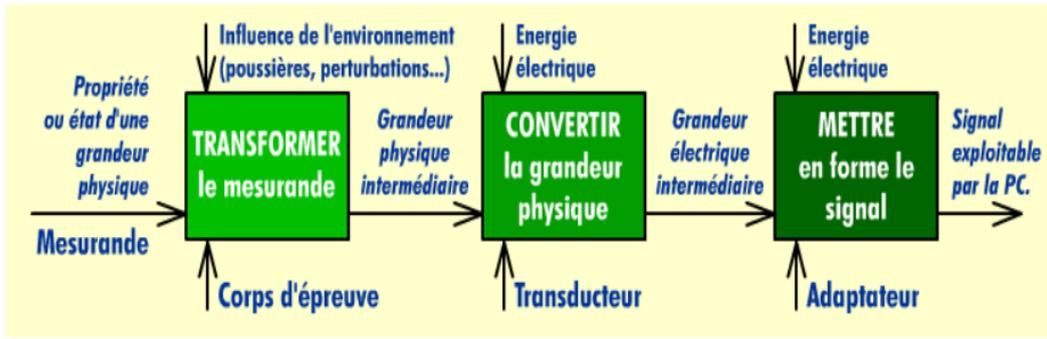


Figure 2.4: Structure fonctionnelle du capteur [5]

### 2.3.1.1 Types des capteurs

Il existe un très grand nombre de capteurs différents, chacun adopté à un type d'application, de mesure ou d'actionneur... [5]

#### a) Capteurs tout ou rien (TOR)

Ce sont des capteurs qui fonctionnent comme un interrupteur (deux états 0 ou 1).



Figure 2.5: Exemples capteurs TOR

#### b) Capteurs analogique

Donne une information varie continument et peut prendre une infinité de valeurs. [5]

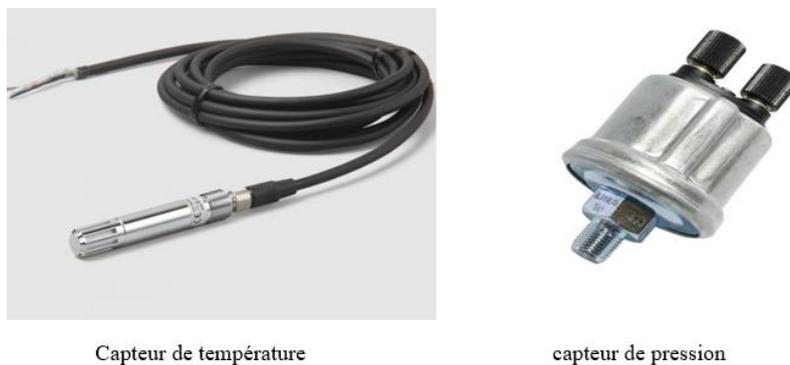


Figure 2.6: Exemples capteurs Analogiques

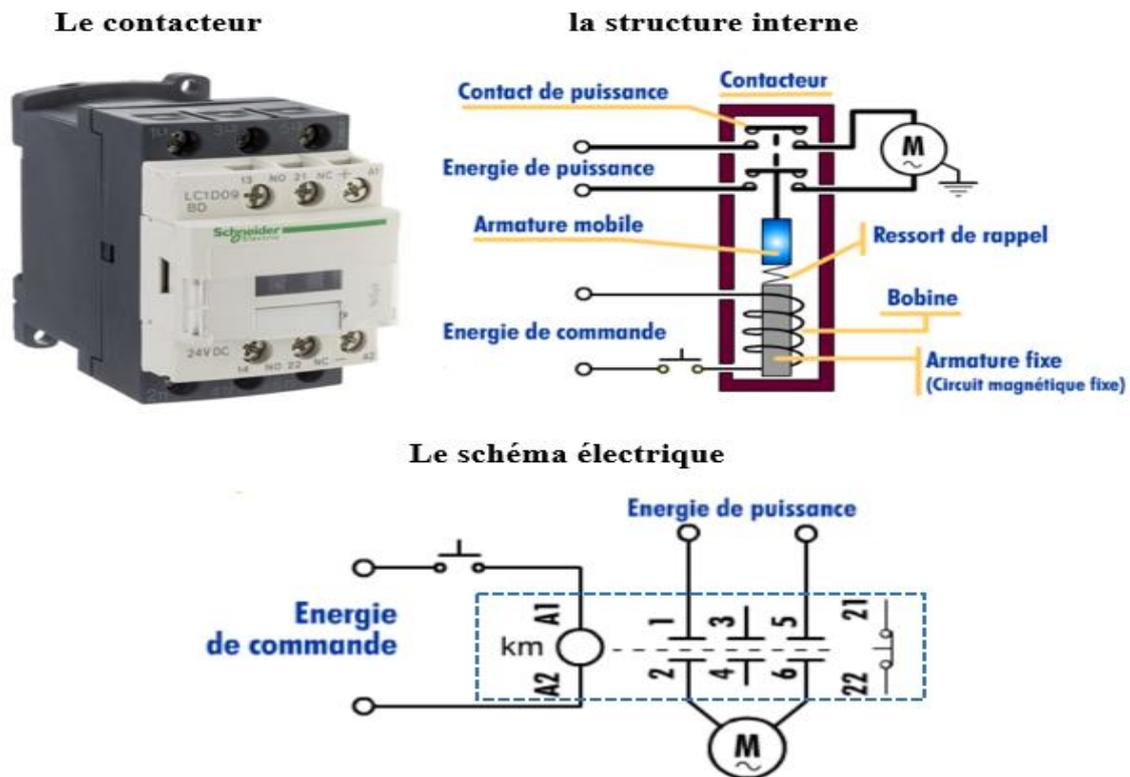
**2.3.2 Pré-actionneurs :**

Distribuent l'énergie aux actionneurs à partir des ordres reçus de la partie commande.

Le pré-actionneur peut être un distributeur (chaîne d'action pneumatique) ou un contacteur électromagnétique (chaîne d'action électrique). [5]

**2.3.2.1 Le contacteur**

Le contacteur est chargé d'alimenter le moteur en énergie électrique de puissance en fonction d'une consigne opérative issue de la partie commande, et destiné à ouvrir ou fermer un circuit électrique par l'intermédiaire d'un circuit de commande. il alimente le moteur électrique.



**Figure 2.7:** Le contacteur [5]

**2.3.2.2 Le distributeur**

Le distributeur est chargé d'alimenter le vérin en énergie pneumatique.

Les chambres d'un vérin en fonctionnement, doivent être, alternativement mises à la pression et à l'échappement.

Le distributeur aura pour rôle de réaliser les deux configurations possibles de branchements, en fonction d'un signal de commande extérieur.

Le pilotage des distributeurs commandent le déplacement du tiroir en fonction de la consigne opérative issue de la partie commande.

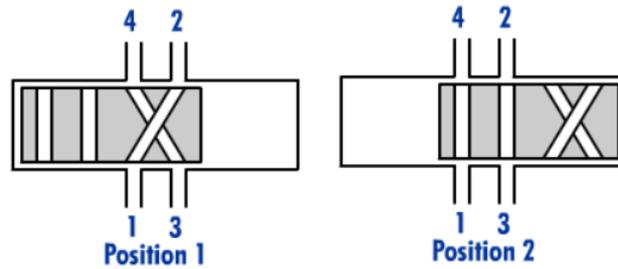


Figure 2.8: Distributeur 4/2

Il existe un grand nombre de pilotages possibles, mais les plus courants sont les suivants (figure 2.9):

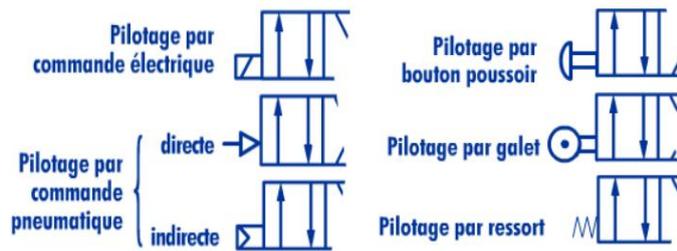


Figure 2.9: Différents commandes des distributeurs [5]

### 2.3.3 Actionneurs

Les actionneurs produisent un phénomène physique (déplacement...) à partir de l'énergie qu'ils reçoivent de ses pré-actionneurs. Ils font fonctionner les effecteurs.

La partie opérative est équipée d'actionneurs qui exécutent les ordres de la partie commande.

L'actionneur pneumatique principal est le vérin, l'actionneur électrique le plus courant est le moteur. [5]

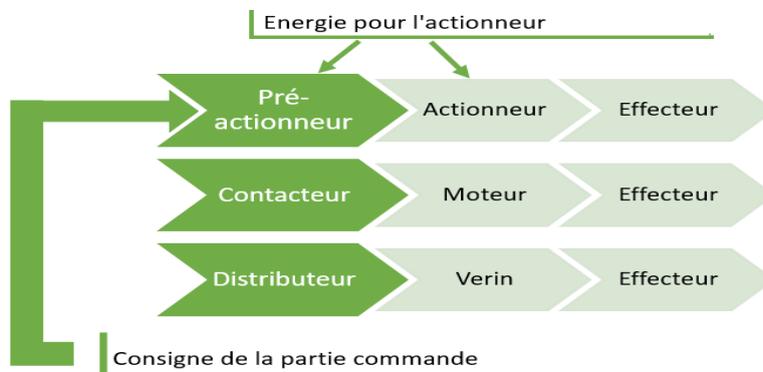


Figure 2.10: La chaîne d'action

### 2.3.3.1 Les moteurs

Les moteurs électriques sont des actionneurs qui transforment l'énergie électrique en énergie mécanique de rotation.

Le mouvement de rotation à l'intérieur d'un moteur est engendré grâce à des phénomènes magnétiques.

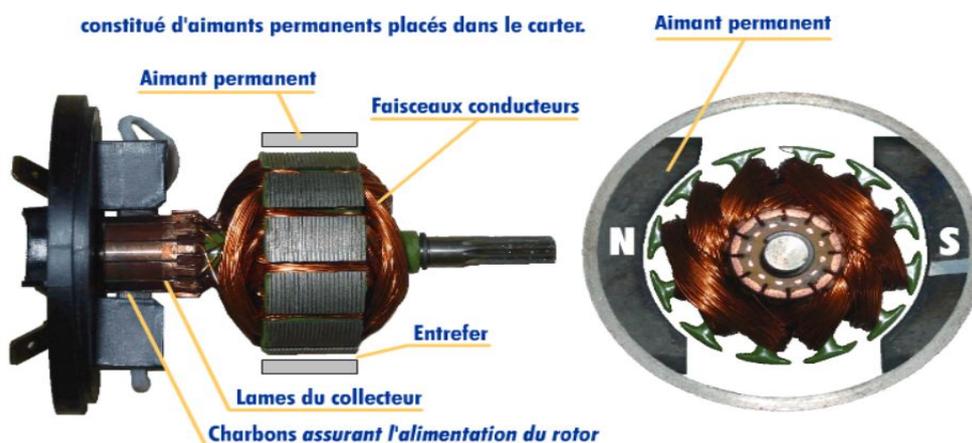
Il existe plusieurs types de moteurs chacun son caractéristiques:

- Les moteurs à courant continu.
- Les moteurs asynchrones pour courant alternatif triphasé ou monophasé.
- Les moteurs synchrones pour courant alternatif.
- Les moteurs pas à pas. [5]

#### a) Le moteur à courant continu

Le moteur à courant continu (MCC) fréquemment employé en automatismes (par exemples, en robotique). Il est alimenté par une tension continue. Il est constitué de:

- Un inducteur composé soit d'aimants permanents, soit d'enroulements bobinés autour d'un élément immobile d'inducteur. Il crée le champ magnétique.
- Un induit cylindrique composé de tôles isolées entre elles et munies d'encoches dans les quelles sont réparties les conducteurs.
- Un collecteur fixé à l'induit, il est en contact avec les charbons.
- Des charbons alimentent l'induit par le collecteur sur lequel ils frottent.



**Figure 2.11:** Constitution d'un MCC à aimant permanent

La qualité du moteur (régularité de l'entraînement, couple, vitesse...) est donc lié directement à sa constitution:

- Nombre de pôles

- Nombre de faisceaux (et donc de lames du collecteur)
- Nombre de spires dans un faisceau
- Choix des matériaux constituant l'ensemble.

La vitesse de rotation du moteur est directement liée à la tension d'alimentation.

Le sens de rotation dépend de la polarité de l'alimentation du bobinage de l'induit ou d'inducteur lorsque celui-ci est constitué d'électroaimants.



Figure 2.12: Principe de fonctionnement d'un MCC [5]

### b) Le moteur asynchrone

Le moteur asynchrone est alimenté par une tension alternative monophasée ou triphasée.

Les centrales électriques produisent et distribuent l'énergie par un réseau triphasé.

La consommation industrielle se fait en triphasé alors que la consommation des ménages est en monophasé.

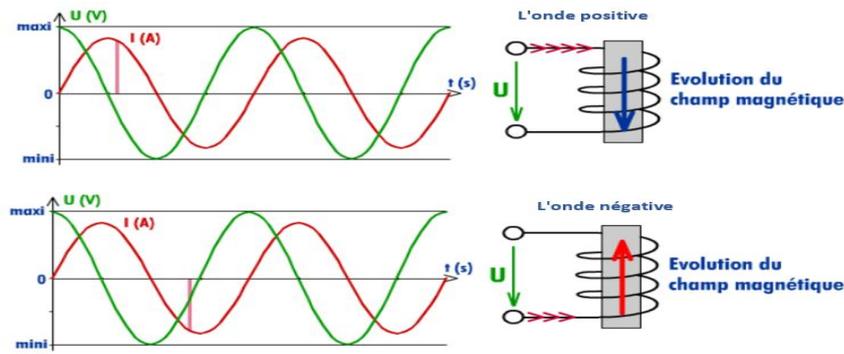
La fréquence de l'alimentation définira la vitesse de rotation du moteur.

Que ce soit en monophasé ou en triphasé, le principe de fonctionnement du moteur reste le même.

Le fonctionnement du moteur asynchrone est basé sur le phénomène d'attraction répulsion qu'opèrent entre eux deux aimants.

Une bobine alimentée par une tension alternative crée un champ magnétique dont le sens et l'intensité dépendent du sens du courant et de son intensité.

La présence de la bobine provoque un déphasage d' $1/4$  de période entre le courant et la tension (le courant est en retard par rapport à la tension), le champ est maximale quand l'intensité du courant est maximale ce qui correspond à une tension nulle.



**Figure 2.13:** Principe de fonctionnement d'un MAS

Le placement des plusieurs bobines autour d'un rotor métallique et que ces bobines créent chacune un champ magnétique déphasé l'un par rapport à l'autre, le champ résultant est animé d'un mouvement de rotation.

La vitesse de rotation du champ magnétique est appelée vitesse de synchronisme. Le rotor cherche en permanence à s'aligner avec le champ magnétique mais est toujours légèrement en retard. Le rotor ne tourne pas exactement à la vitesse de synchronisme: le moteur est asynchrone. [5]

### c) Le moteur synchrone

Le moteur synchrone (MS) est un moteur à courant alternatif dont la vitesse de rotation correspond exactement à celle du champ magnétique tournant: la vitesse de synchronisme.

C'est ce qui différencie les moteurs synchrones des moteurs asynchrones; il n'y a pas de glissement.

A la différence des moteurs asynchrones des moteurs asynchrone, le rotor du moteur synchrone crée un champ magnétique (champ inducteur) qui est accroché par le champ tournant du stator. Le champ magnétique rotorique suit le champ tournant du stator avec un retard  $\Theta$  proportionnel à la charge.

Les moteurs synchrones sont très souvent employés en robotique et dans les machines à commande numérique lorsqu'il est nécessaire de contrôler précisément leur vitesse de rotation. Ils prennent la place des moteurs à courant continu car leur réalisation est plus simple. [5]

### d) Le moteur pas à pas

Les moteurs pas à pas sont très employés dans les périphériques informatiques (entraînement du papier dans les imprimantes ou positionnement de la tête de lecture d'un disque dur) et sur certaines applications de robotique.

Ils permettent essentiellement d'obtenir un positionnement très précis: à chaque fois que le moteur reçoit une impulsion électrique de commande, son axe effectue une rotation d'un angle déterminé de moins de 1 degré à plusieurs degrés selon le moteur.

Leur commande se faisant par une suite d'impulsions électriques, ils nécessitent d'être alimentés par un circuit électronique spécifique.

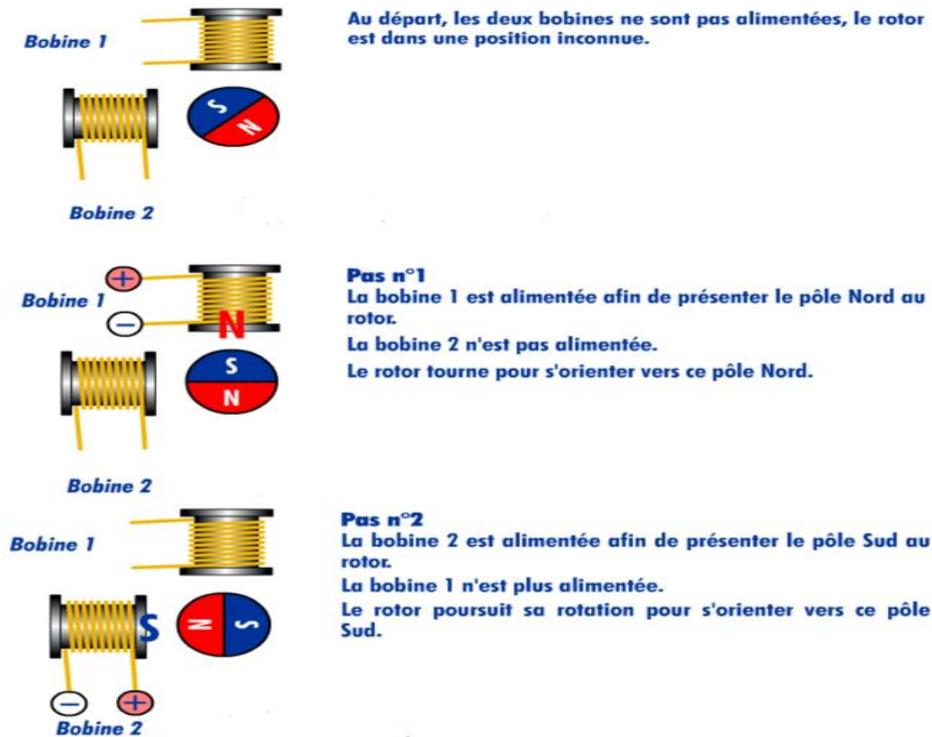


Figure 2.14: Fonctionnement d'un moteur pas à pas [5]

### 2.3.3.2 Les vérins

Le vérin pneumatique fait partie des actionneurs pneumatiques qui transforment l'énergie pneumatique en énergie mécanique qu'est produite sous forme d'un mouvement permettant de provoquer un déplacement ou de créer une force. Quelque soit le vérin, son type et son constructeur, il sera constitué des mêmes éléments.

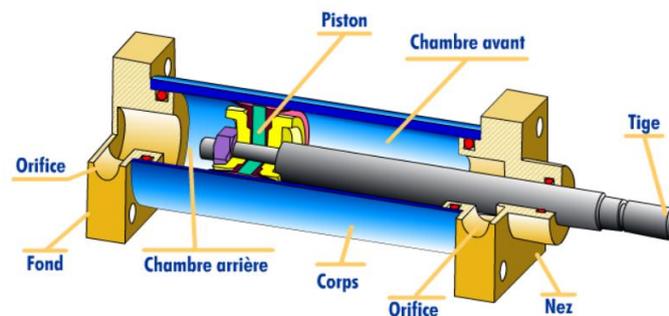


Figure 2.15: Constitution d'un vérin [5]

#### a) Principe de fonctionnement d'un vérin

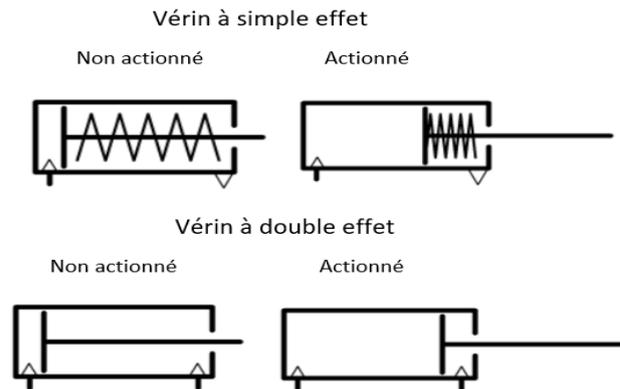
C'est l'air comprimé qui en pénétrant dans l'une des chambres pousse sur le piston. La tige se déplace. L'air présent dans l'autre chambre est donc chassé et évacué du corps du vérin.

**b) Types des vérins**

Il existe deux types de vérins pneumatiques:

Vérin à simple effet: un des deux mouvements de la tige est obtenu à l'aide d'un ressort de rappel qui se comprime lorsque s'effectue l'autre mouvement. La position obtenue lorsque le ressort se détend s'appelle la position repos.

Vérin à double effet: le piston peut se déplacer librement dans le corps lorsqu'il est poussé par l'air comprimé. En absence d'air comprimé, il reste en position de repos. [5]



**Figure 2.16:** Types des vérins

**2.3.4 Effecteurs**

L'effecteur est un composant qui réalise une action faite par l'actionneur (moteur ou vérin). Et il est le dernier élément qui agit directement sur le produit traité par le système. [5]



**Figure 2.17:** Exemples des effecteurs

**2.3.5 Les automates programmables**

L'automate programmable industriel (API) est aujourd'hui la principale partie commande que l'on rencontrera dans les systèmes automatisés. Il en existe un très grand nombre de modèles avec des caractéristiques variées, capable de communiquer avec d'autres parties commandes ou de gérer un très grand nombre de données de toutes natures.

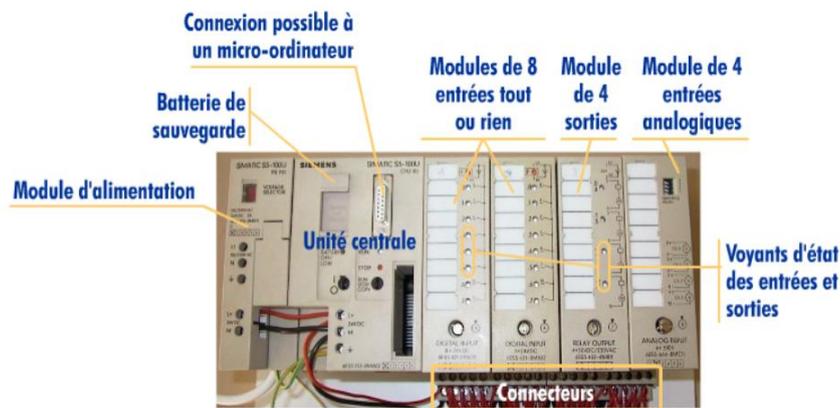


Figure 2.18: Structure d'un API

### 2.3.5.1 Les grandes marques de l'API

Siemens: SIMATIC (S5, S7. 200; 300; 400). Logiciel Step7, 1200 Logiciel Step7 TIA Portal.

Schneider : Tsx Nano, 17, 37 et 57 Logiciel PL7, M340 Logiciel UNITY PRO

Ailen Bradly : SLC-500 Logiciel RS Logix 5000

Omron : série CJ, CS logiciel CX-programmer

### 2.3.5.2 Langages de programmation d'un automate

Cinq langages qui peuvent être utilisés pour la programmation des API

- LD (LADDER program) ou langage a contact.
- IL (instruction list) ou liste d'instructions.
- FBD (function Block diagram) ou schéma par blocs.
- SFC (sequential function char) : issu du langage GRAFCET
- ST (structedtext) ou texte structuré

### 2.3.5.3 Fonctionnement d'un automate programmable

La majorité des automates programmables ont un fonctionnement cyclique asynchrone basé sur un cycle de 3 étapes successives:



Figure 2.19: Cycle de fonctionnement d'un API

Dans l'étape d'acquisition, l'automate programmable recopie dans une zone mémoire spécifique l'état de toutes ses entrées. C'est à partir de cette recopie qu'il travaillera par la suite.

A partir de l'état des entrées mémorisé, l'automate programmable exécute le programme qui a été écrit. Il réalise les différents traitements prévus et prépare, dans une zone mémoire spécifique, l'état des différentes sortie.

Le traitement étant achevé, l'automate va recopier sur ses sorties physiques les états qui ont été déterminés et mémorisés précédemment.

La durée du cycle dépend de l'automate et de la complexité du programme (sa longueur et les traitements demandés). Cette durée est de quelques millisecondes à quelques dizaines de millisecondes. Elle est cependant limitée par une sécurité ("le chien de garde" ou "Watch dog") qui interrompt le cycle et déclenche une procédure d'alerte lorsque le temps de traitement est jugé trop long. [5]

### 2.3.5.4 Liaisons PO-PC

Les entrées de l'automate programmable doivent recevoir l'information sous forme d'un potentiel électrique (souvent 24 v).

- Il existe deux familles de capteurs électriques:
- Les capteurs "2 fils" (capteurs mécaniques,...)

Les capteurs "3 fils" (détecteur optique,...)

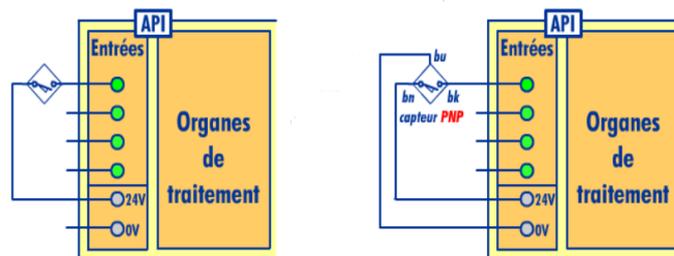


Figure 2.20: Raccordement d'un capteur sur la carte des entrées de l'automate [5]

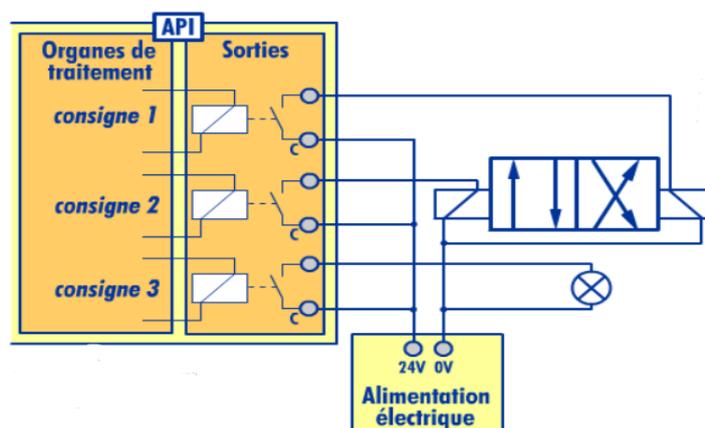


Figure 2.21: Raccordement des sorties sur la carte des sorties de l'automate [5]

## 2.4 Le GRAFCET

Le GRAFCET est un outil de représentation et d'analyse d'un automatisme, particulièrement bien adapté aux systèmes à évolution séquentielle.

Le GRAFCET est un outil graphique, qui se veut indépendant de la technologie de réalisation de la partie commande, décrit par la norme IEC 60848.

Le mot GRAFCET est construit à partir des premières lettres de "Graphe fonctionnel de commande étape/transition".

Le dessin d'un GRAFCET suit des règles strictes qu'il convient de respecter.

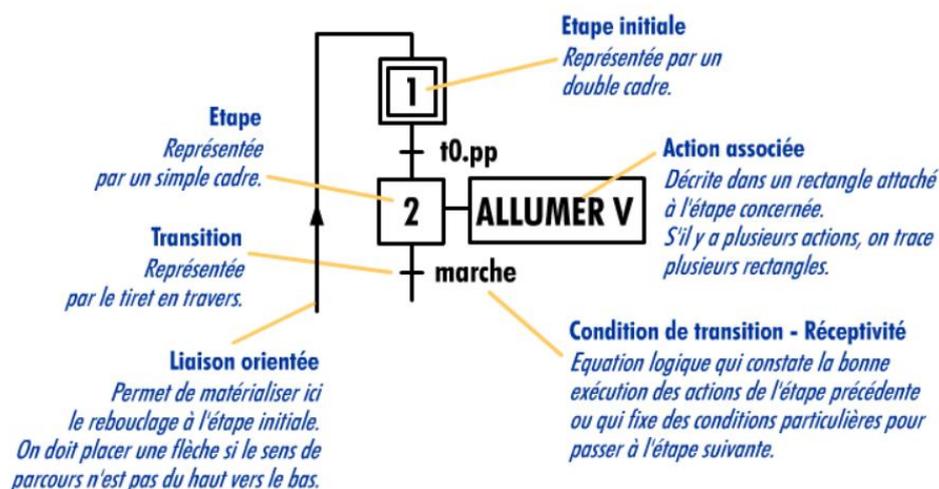


Figure 2.22: Constitution d'un GRAFCET [5]

## 2.5 Conclusion

Les systèmes automatisés existent partout et ont pris une place importante dans notre environnement quotidien.

L'automatisation a pour but de :

- Augmenter la productivité : fabriquer le maximum de produits pendant un minimum de temps.
- Obtenir une régularité dans les produits fabriqués : chaque produit est identique au précédent.
- Améliorer la qualité grâce à la régularité des produits.
- Remplacer l'homme dans des travaux pénibles et dangereux. [4]

# *Chapitre 3*

*Etude du système d'irrigation automatique*

### 3.1 Introduction

Un système d'irrigation automatique est un système qui exécute une irrigation automatique sans intervention humaine et d'une façon programmée précisément pour que chaque type agricole son besoin sans pertes d'eau.

L'automatisation d'un système d'irrigation fait par l'aide des dispositifs électroniques (capteurs, ordinateur...) qui sert à contrôler l'humidité du sol et exécuter l'opération.

Pour réaliser le système on a besoin d'un automate programmable industriel, pompe à eau, électrovanne proportionnel, d'un capteur d'humidité, un capteur du niveau d'eau du réservoir.

### 3.2 L'Automate programmable industriel

L'automate utilisé c'est l'automate de Schneider M340 BMX P34 2020.

#### 3.2.1 Présentation

Plate-forme d'automatisme Modicon M340 composée :

- 1- De processeurs de type BMXP34.
- 2- D'une plate-forme Modicon X80 I/O mono ou multi rack.
- 3- De modules complémentaires dédiés.



Figure 3.1: API de Schneider [6]

#### 3.2.2 Processeurs Modicon M340

Sept modèles de processeurs dont 1 modèle Standard (BMXP341000) et 6 modèles Performance (BMXP3420... ou BMXP3420...CL) se différencient par leurs capacités mémoire, vitesses de traitement, nombre d'entrées/sorties et nombre et type de ports de communication.

Selon le modèle, ils proposent au maximum et d'une manière non cumulative : De 512 à 1024 entrées/sorties "Tout ou Rien", b de 128 à 256 entrées/sorties analogiques.

De 20 à 36 voies métiers (comptage, commande de mouvement et liaison série processus ou RTU).

De 0 à 3 réseaux Ethernet Modbus/TCP ou Ethernet/IP (avec ou sans port intégré et 2 modules réseau maximum).

4 bus capteurs/actionneurs AS-Interface V3 “Full Extended master”, profil M4.0.

Selon le modèle, les processeurs Modicon M340 intègrent :

- Un port Ethernet Modbus/TCP 10BASE-T/100BASE-TX.
- Un port bus machines et installations CANopen.
- Un port liaison série Modbus ou Mode Caractères.

Chaque processeur dispose d'une prise TER de type USB (pour connexion d'un terminal de programmation ou d'un terminal de dialogue opérateur Magelis GTO, GTW, STU/STO, ...)

Il est fourni avec une carte mémoire qui permet :

- La sauvegarde de l'application (programme, symboles et constantes)
- L'activation d'un serveur Web de base du port Ethernet intégré de classe Transparent Ready B10 (selon modèle).

Selon le modèle, cette carte mémoire peut être remplacée par un autre type de carte mémoire, à commander séparément, supportant :

- Également la sauvegarde de l'application et l'activation du serveur Web de base.
- Une zone de 8 ou 128 Mo selon carte optionnelle pour le stockage de données additionnelles organisées en système de fichiers (répertoires et sous-répertoires). [6]

### **3.2.3 Description des processeurs avec port Ethernet Modbus/TCP intégré BMXP342020**

Les processeurs Performance BMXP342020 simple format comprennent en face avant :

- 1- Une vis de sécurité pour verrouillage du module dans son emplacement (repère 0) du rack.
- 2- Un bloc de visualisation comprenant, selon modèle 8 ou 10 voyants :
  - Voyant RUN (vert) : processeur en fonctionnement (exécution du programme).
  - Voyant ERR (rouge) : défaut processeur ou défaut système.
  - Voyant I/O (rouge) : défaut provenant des modules d'entrées/sorties.
  - Voyant SER COM (jaune) : activité sur la liaison série Modbus.
  - Voyant CARD ERR (rouge) : absence ou défaut de la carte mémoire.
  - Voyant ETH ACT (vert) : activité sur le réseau Ethernet Modbus/TCP.
  - Voyant ETH STS (vert) : état du réseau Ethernet Modbus/TCP.
  - Voyant ETH 100 (rouge) : débit binaire Ethernet Modbus/TCP (10 ou 100 Mbit/s).

- 3- Un connecteur type USB mini B pour le raccordement d'un terminal de programmation (ou d'un terminal de dialogue IHM Magelis GT/GTO/GK/GTW et STU/STO (1)).
- 4- Un emplacement équipé de sa carte mémoire Flash (2) pour la sauvegarde de l'application. Un voyant, situé au-dessus de cet emplacement indique la reconnaissance ou l'accès à la carte mémoire.
- 5- Un connecteur type RJ45 pour le raccordement au réseau Ethernet Modbus/TCP 10BASE-T/100BASE-TX. Avec en plus, selon modèle :
- 6- un connecteur type RJ45 pour liaison série Modbus ou liaison Mode Caractères (RS 232C/RS 485, 2 fils, non isolée),



**Figure 3.2:** Le processeur BMXP342020 [6]

### 3.2.4 Conception et mise en œuvre des applications Modicon M340

La mise en œuvre de processeurs de la plate-forme d'automatisme Modicon M340 nécessite l'utilisation d'un des logiciels suivants :

- Logiciel de programmation Unity Pro Small.
- Logiciel de programmation Unity Pro Medium, Large ou Extra Large ou identique à celui permettant la mise en œuvre des plates-formes d'automatisme Modicon Premium et Modicon Quantum.
- Eventuellement, selon besoins, logiciel Unity EFB toolkit pour le développement en langage C de bibliothèques de blocs fonction EFs et EFBs. [6]

### 3.2.5 Le logiciel Unity Pro

Le logiciel utilisé c'est Unity Pro XL.

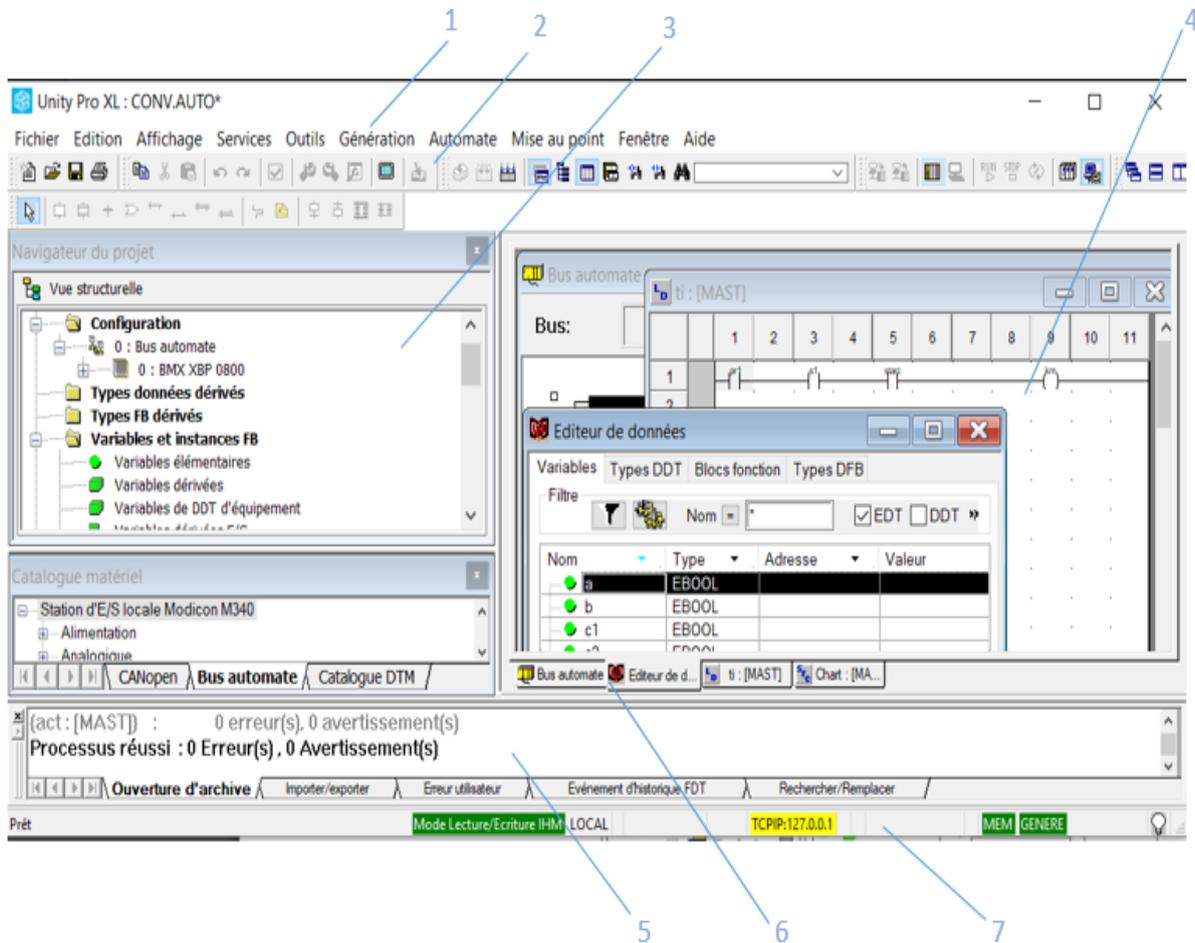
Unity Pro est le logiciel de programmation, débogage et d'exploitation commun pour les gammes de Modicon M340, M580, Premium et Quantum.

Unity Pro propose les langages suivants pour la création du programme utilisateur:

- Langage à blocs fonction (FBD)
- Langage à contacts (LD)
- Liste d'instructions IL
- Littéral structuré ST
- Diagramme fonctionnel en séquence SFC

Tous ces langages peuvent être utilisés ensemble dans le même projet.

Tous ces langages sont conformes à la norme CEI 61131-3. [7]



**Figure 3.3:** Interface utilisateur du logiciel Unity Pro XL

1. Barre de menus affiche le titre des différents menus. Les différentes commandes du menu sont indiquées dans les menus déroulants.

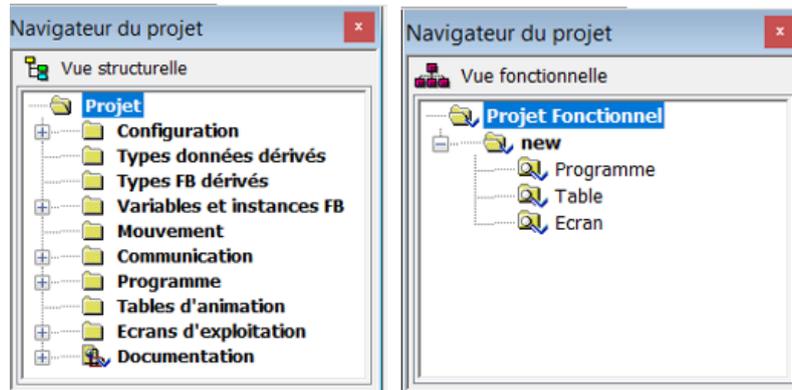
Les commandes du menu servent à exécuter des commandes ou à appeler des boîtes de dialogue.

2. Barre d'outils permettent de trouver et d'exécuter rapidement des fonctions fréquemment utilisées. Au lieu de dérouler un menu, puis d'en sélectionner une commande, il suffit de cliquer sur l'icône correspondante dans la barre d'outils pour exécuter la commande souhaitée.

3. Navigateur du projet vous permet d'afficher le contenu d'un projet Unity Pro et de vous déplacer dans ses différents éléments: configuration, données, programme, etc.

Vous pouvez afficher le projet sous deux formes :

- la vue structurelle
- la vue fonctionnelle. [7]



**Figure 3.4:** Formes affichage du projet

4. Fenêtre de l'éditeur (éditeurs de langages, éditeur de données, etc.)

5. Fenêtre d'information (donne des informations sur les erreurs survenues, le suivi des signaux, les fonctions d'importation, etc.)

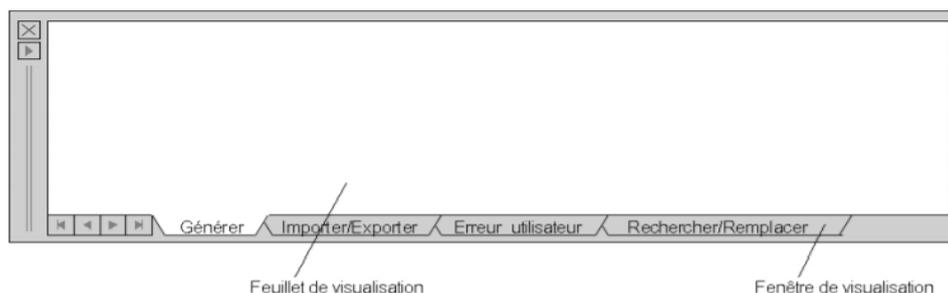
La fenêtre de sortie contient des informations sur les différents processus (génération, importation/exportation, erreur utilisateur, rechercher/remplacer).

La fenêtre de sortie est composée de plusieurs feuillets de visualisation. Chacun de ces feuillets correspond à un onglet.

Les feuillets de visualisation permettent d'afficher le résultat d'une action exécutée ou des messages d'erreur.

Double-cliquez sur le message d'erreur pour ouvrir l'éditeur approprié et marquer l'entrée erronée.

Les nouvelles entrées erronées sont affichées en rouge alors que celles qui ont déjà été contrôlées sont affichées en bleu.



**Figure 3.5:** Fenêtre d'information

6. Onglets d'accès direct aux fenêtres de l'éditeur

7. Ligne d'état

La barre d'état contient des informations sur le projet en cours sur le PC, sur l'automate et sur l'état du logiciel. [7]

### 3.2.5.1 Création d'un projet Unity Pro

Pour créer un projet, nous devons:

Appuyer sur le bouton "nouveau projet" 

Sélectionner l'automate utilisé "Modicon M340 BMX P34 2020" et le rack (on trouve ces informations dans l'automate) et appuyer "ok"

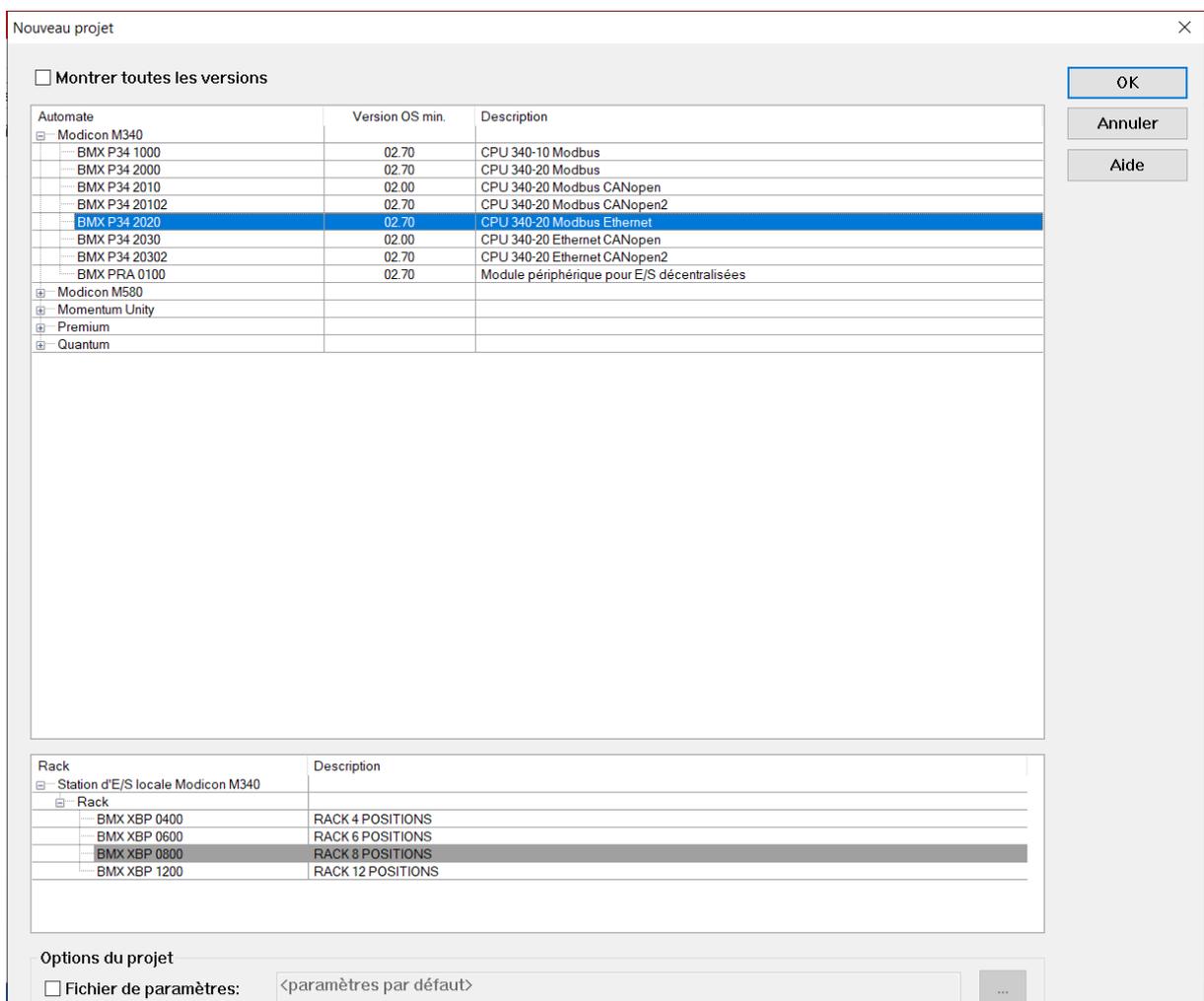


Figure 3.6: La sélection de l'automate

Ouvre une nouvelle section et entre leur nom

Choisi le langage de la programmation et appuyer sur "ok"

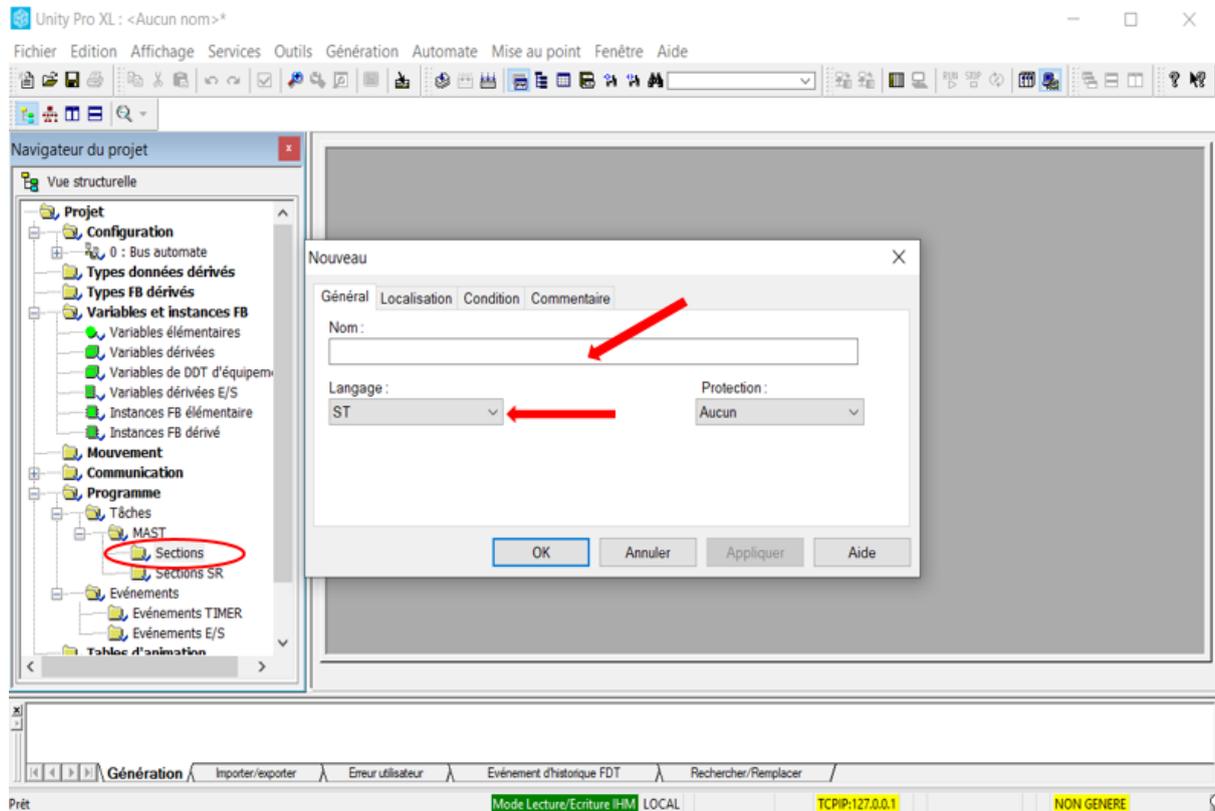


Figure 3.7: Nouveau section

## 3.3 Capteur d'humidité

### 3.3.1 Présentation

Le capteur d'humidité du sol mesure la teneur d'eau dans le sol. Le capteur est équipé de deux sorties analogique et numérique. Dans ce projet le capteur d'humidité utilisé pour gérer l'irrigation avec précision par connaitre quand et quelle quantité arroser.

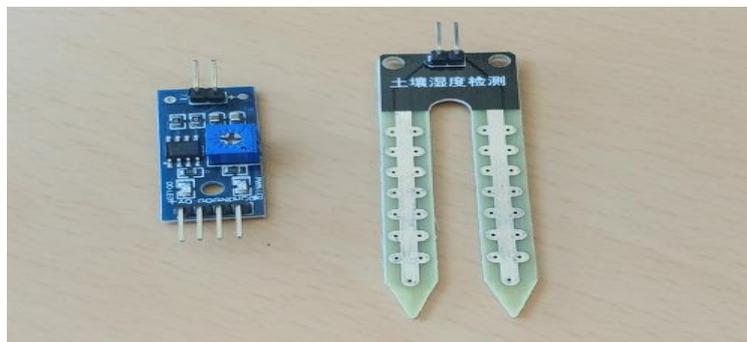


Figure 3.8: Capteur d'humidité du sol

### 3.3.2 Fonctionnement

Le capteur composé de deux sondes qui ont permis au courant de passer à travers la terre et ensuite nous donne la valeur de la résistance qui nous permet de mesurer l'humidité.

Quand il y a trop d'eau, le sol va conduire plus d'électricité ça veut dire va de faible résistance. Le sol sec va conduire faible électricité ça veut dire plus de résistance.

Le capteur peut connecter en deux modes; le mode analogique et le mode numérique. [8]

### 3.3.3 Spécifications

La spécification du capteur d'humidité du sol FC-28 est:

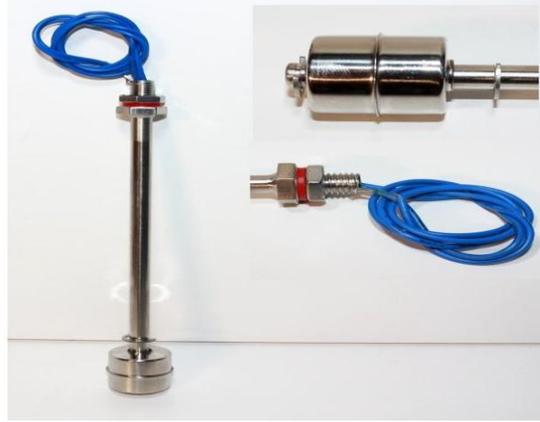
Voltage d'entrée	3.3 – 5v
Voltage de sortie	0 – 4.2v
Courant d'entrée	35mA
Signal de sortie	Analogique et numérique

**Tableau 3.1:** Spécification du capteur [8]

### 3.4 Capteur de niveau

Dans l'industrie, les capteurs de niveau sont utilisés pour mesurer le niveau d'un solide, liquide ou gaz dans une cuve, silo ou réservoir. Les capteurs de niveau peuvent être analogiques (capteur de niveau ultrasonique, hydrostatique) ou digitaux (capteur de niveau capacitif). Ainsi, on rencontre plusieurs technologies de capteurs de niveau parmi lesquelles on peut citer : les capteurs de niveau ultrasoniques, les capteurs de niveau capacitifs, les capteurs de niveau hydrostatiques, les capteurs de niveau à flotteur. [10]

Dans ce projet le capteur de niveau est utilisé pour mesurer le niveau d'eau dans le réservoir pour le remplir quand il commence à se vider.



**Figure 3.9:** Capteur de niveau

## 3.5 Électrovanne

### 3.5.1 Présentation

Dans ce projet on a choisi l'électrovanne proportionnelle parce que cette technologie est une solution économique et compacte pour réguler un débit ou une pression.

Il existe plusieurs modèles et types d'électrovannes proportionnelles selon le type de régulation et le système de commande. [9]

On a choisi la technologie proportionnelle pour avoir des positions d'ouverture intermédiaires afin de régler le débit de l'ouverture de la vanne par rapport la quantité d'eau à ajouter.

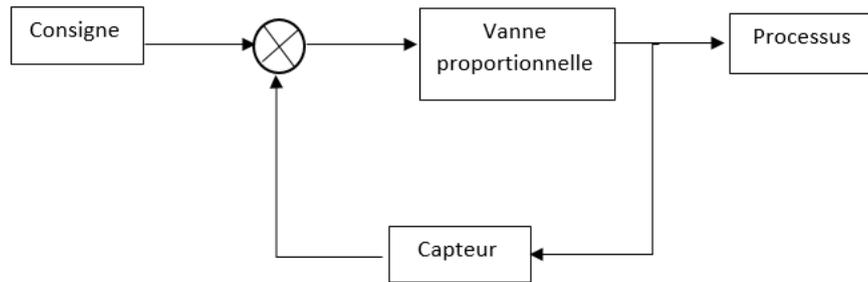


**Figure 3.10:** Electrovanne proportionnelle

### 3.5.2 Régulation de débit

Une vanne en contrôle de débit régule une quantité de fluide passant à travers le corps de vanne. Les vannes de régulation de débit répondent principalement à des signaux générés. [9]

Le débit de la vanne sera contrôler par rapport la comparaison entre la consigne et la valeur mesurée par le capteur.



**Figure 3.11:** Régulation en boucle fermée [9]

### 3.6 Pompe à eau

La pompe à eau est un dispositif utilisé pour le prélèvement d'eau du réservoir pour le fournir aux cultures. Marche et l'arrêt de la pompe est contrôlé par le PLC.



**Figure 3.12:** Pompe à eau

### 3.7 Conclusion

Ce chapitre représente un système d'irrigation automatisé basé sur l'automate programmable industriel employé un capteur d'humidité du sol qui mesure l'humidité pour contrôler l'arrosage pour ne pas causer d'un manque ou d'une quantité excessive d'eau dans le sol.

On conclure que l'automatisation d'un système d'irrigation est un grand avantage pour la culture en terme de:

- L'augmentation de la qualité des cultures.
- Une abondante production agricole.
- L'économie d'eau.

Cela conduit à une augmentation des ventes et l'économie sur les couts de production et donc une augmentation des bénéfices.

# *Chapitre 4*

*La programmation du système d'irrigation  
automatisé*

## 4.1 Introduction

Le système d'irrigation automatisé est un système logique à base d'API. Il est utilisé pour commander l'irrigation automatiquement dans le temps et la quantité qu'il faut.

Dans ce chapitre on va montrer les étapes de la programmation et la simulation du système. Selon un cahier de charge on a réalisée l'organigramme qui est un résumer schématique pour nous aider et faciliter la programmation ensuite on a programmé la commande du système et en fin le simuler en HMI.

## 4.2 Le cahier de charge

L'objectif de ce système est d'irriguer selon la consigne de la valeur d'humidité entrée par l'utilisateur selon le type des cultures et son besoin d'eau avec la comparer à la valeur du capteur qui mesure l'humidité dans le sol pour calculer l'ordre sortant à l'électrovanne.

Pour irriguer:

- Définir la consigne d'humidité.
- Le capteur d'humidité mesure l'humidité dans le sol.
- Comparer la consigne avec la valeur mesurée.
- Calculer le débit d'ouverture de la vanne.

Pour le remplissage du réservoir:

- Le capteur du niveau mesure le niveau d'eau dans le réservoir.
- Comparer la valeur mesurée du niveau avec la valeur min pour le remplissage et la valeur max pour arrêter le remplissage du réservoir.
- Calculer le débit d'ouverture de la vanne.

## 4.3 L'organigramme correspondant au cahier de charge

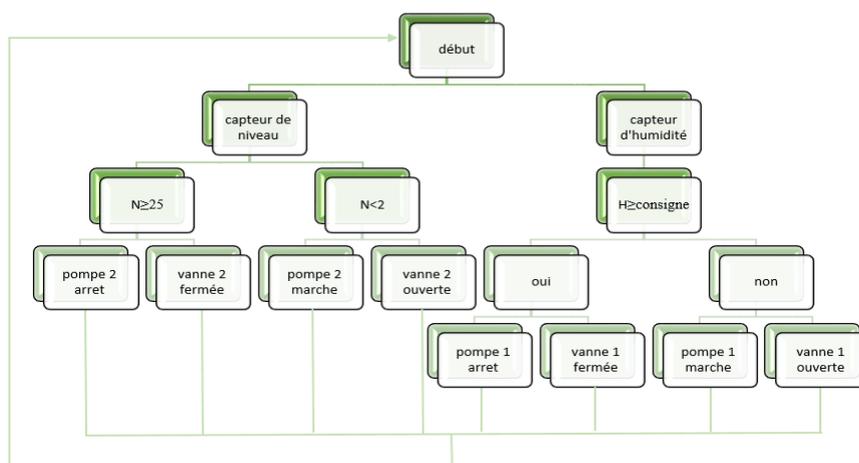


Figure 4.1: Organigramme du système

### 4.4 Création de la table des variables

Après l'ouverture d'un nouveau projet comme montré dans le chapitre précédent on va créer la table des variables.

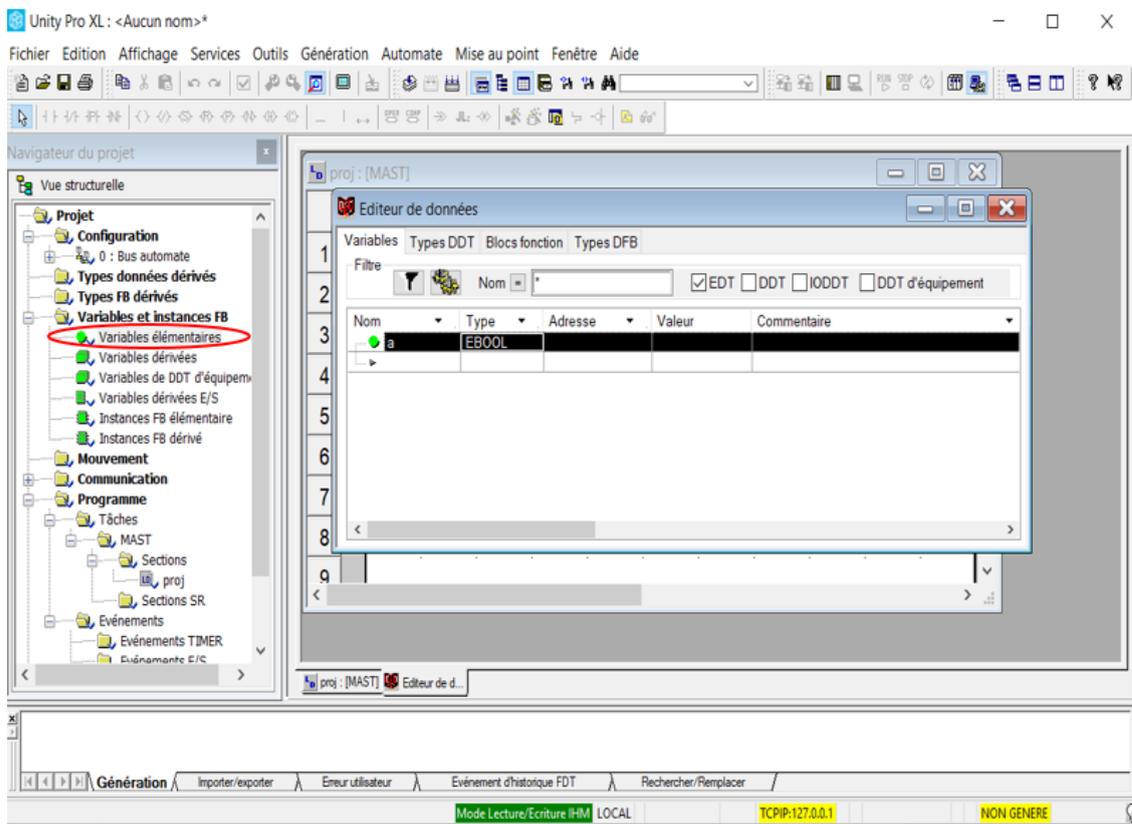


Figure 4.2: Déclaration des variables

Nom	Type	Adresse	Valeur	Commentaire
a	INT			entrée:valeur du capteur d'humidité
b	INT			memoir de la valeur d'humidité
c	REAL			valeur du capteur d'humidité en réel
cap1	REAL			
cap_niv	INT			entrée:capteur de nivea d'eau du reservoir
d	REAL			
e	INT			valeur du capteur d'humidité en %
h	REAL			
km1	EBOOL			sortie:pompe d'irrigation
km2	EBOOL			sortie:pompe de remplissage du reservoir
memo_cap	INT			
memoire_...	INT			
niv	REAL			
niv_reel	REAL			
order	REAL			
res_van	REAL			debit d'ouverture de la vanne du reservoir
res_van_c	REAL			
res_van_c...	INT			sortie:commande de la vanne du reservoir
v	REAL			
v1	EBOOL			
v2	EBOOL			
va	REAL			
van	INT			
vanne	INT			sortie:commande de la vanne d'irrigation
alarme	EBOOL			
hum	REAL			

Figure 4.3: La table des variables

## 4.5 Mise à l'échelle des entrées analogique

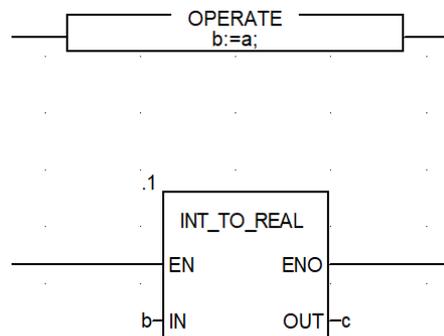
Une entrée analogique d'un module d'entrée-sortie analogique se situe dans la plage 0 à 16384 des valeurs valides.

Pour transformé la valeur analogique en unité physique on doit la mettez à l'échelle à l'aide de la règle de trois.

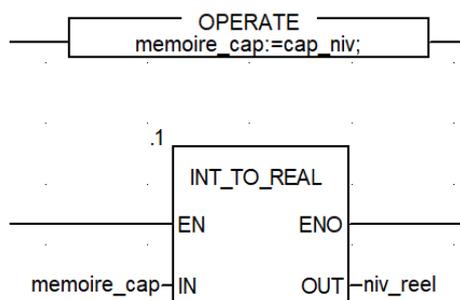
Le bloc fonction " **I\_SCALE** " de Unity Pro permet la mise à l'échelle et la conversion en format réel des entrées/sorties analogique. Ce bloc est uniquement disponible sur la plate-forme Quantum et donc non utilisable sur les Premium et les M340.

Sur TSX Premium et M340 la fonction de mise à l'échelle est paramétrée directement dans l'écran de configuration du coupleur analogique (tous les coupleurs ne le permettent pas).

Pour la conversion en format réel, utiliser la fonction de conversion **INT\_TO\_REAL**. [11]



**Figure 4.4:** Mise à l'échelle l'entrée analogique (capteur d'humidité)



**Figure 4.5:** Mise à l'échelle l'entrée analogique (capteur de niveau)

La valeur entrante d'humidité on va la convertir en pourcentage (%) et la valeur de niveau du réservoir en mètre comme suit:

$$H/100 = 16384 - X/16384 \quad (4.1)$$

$$(16384 - cap\_niv)/16384 = (25 - niv)/25 \quad (4.2)$$

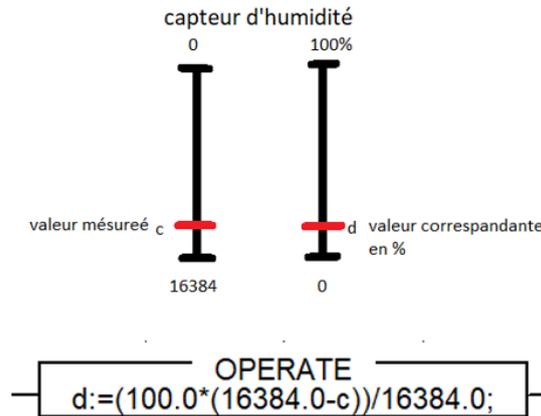


Figure 4.6: Mettre la valeur d'humidité en pourcentage

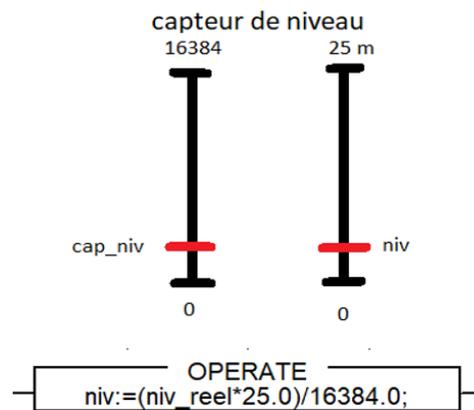


Figure 4.7: Mettre la valeur du niveau en mètre

### 4.6 Calcule de la quantité d'eau

Pour calculer la quantité d'eau à irriguer avec, on calcule la différence entre la consigne d'humidité donné par l'utilisateur et la valeur mesuré par le capteur.

Pour calculer la quantité d'eau à ajouter pour remplir le réservoir au maximum, on calcule la différence entre la valeur maximum du réservoir et la valeur mesuré par le capteur du niveau d'eau.

$$q_1 = cond - vm_1 \tag{4.3}$$

$$q_2 = val_{max} - vm_2 \tag{4.4}$$

### 4.7 Calcule du débit de la vanne

Pour calculer le débit d'ouverture de la vanne d'irrigation on a proposé que le pourcentage d'ouverture est égale à la quantité d'eau a ajouté et chaque fois que la valeur d'humidité mesuré

change le débit d'ouverture aussi va changer jusqu'à l'égalité, le débit va du zéro et la vanne va fermer.

Pour le début d'ouverture de la vanne de remplissage du réservoir on a fait cette méthode:

$$res_{van}/100 = (25 - niv)/25 \tag{4.5}$$

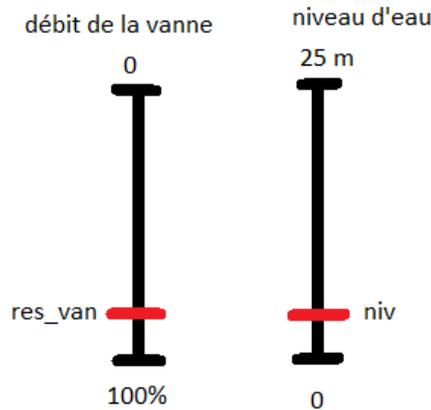


Figure 4.8: Méthode de calculer le débit d'ouverture de la vanne du réservoir

On a ajouté l'équation à l'aide du bloc "OPERATE" avec la condition de fonctionnement c'est que la vanne fonctionne quand le niveau d'eau est en niveau bas.



Figure 4.9: Le calcul de débit d'ouverture de la vanne du réservoir

### 4.8 Mise à l'échelle des sorties analogique

Pour mise à l'échelle les électrovannes d'irrigation et de remplissage on a d'abord converti les valeurs de commande en échelle de 0 à 16384 en suite on a les converti de réel à entier à l'aide de bloc "REAL\_TO\_INT".

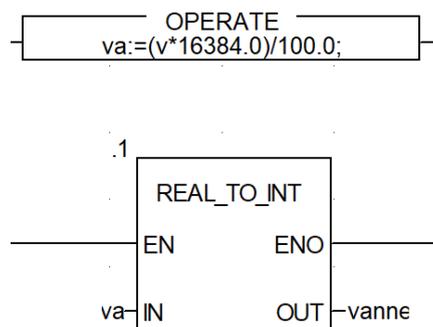


Figure 4.10: Mise à l'échelle la sortie analogique (débit d'ouverture de la vanne d'irrigation)

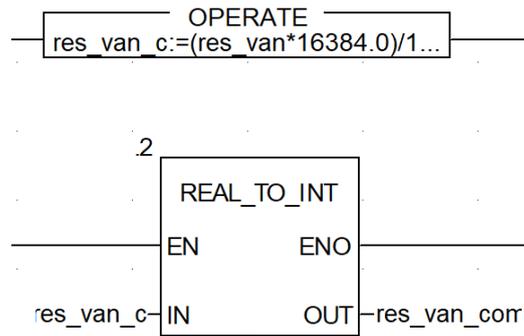


Figure 4.11: Mise à l'échelle la sortie analogique (débit d'ouverture de la vanne du réservoir)

### 4.9 La commande des sorties

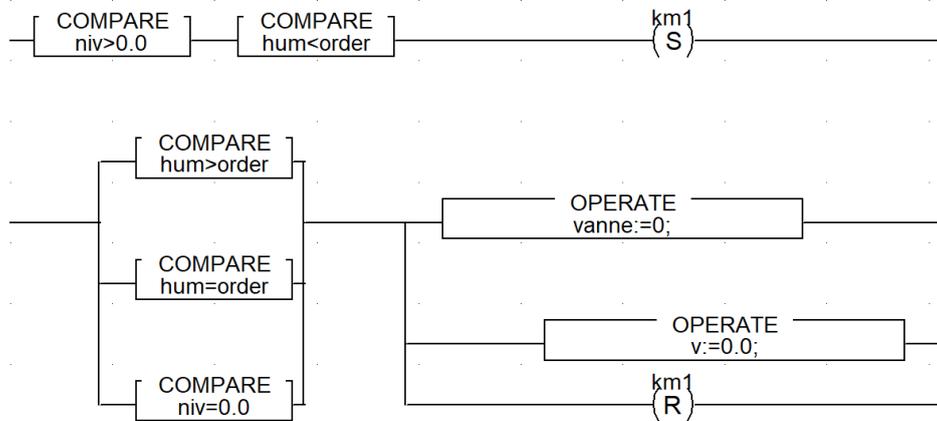


Figure 4.12: La commande de la pompe d'irrigation

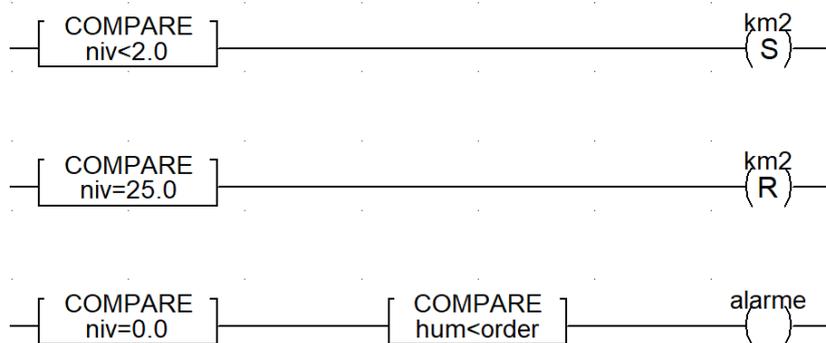


Figure 4.13: La commande de la pompe de remplissage de réservoir

### 4.10 Création du système en IHM

L'animation du programme en IHM facilite l'accès et l'observation du système par entrer les ordres comme la consigne d'humidité et surveiller le fonctionnement du système.

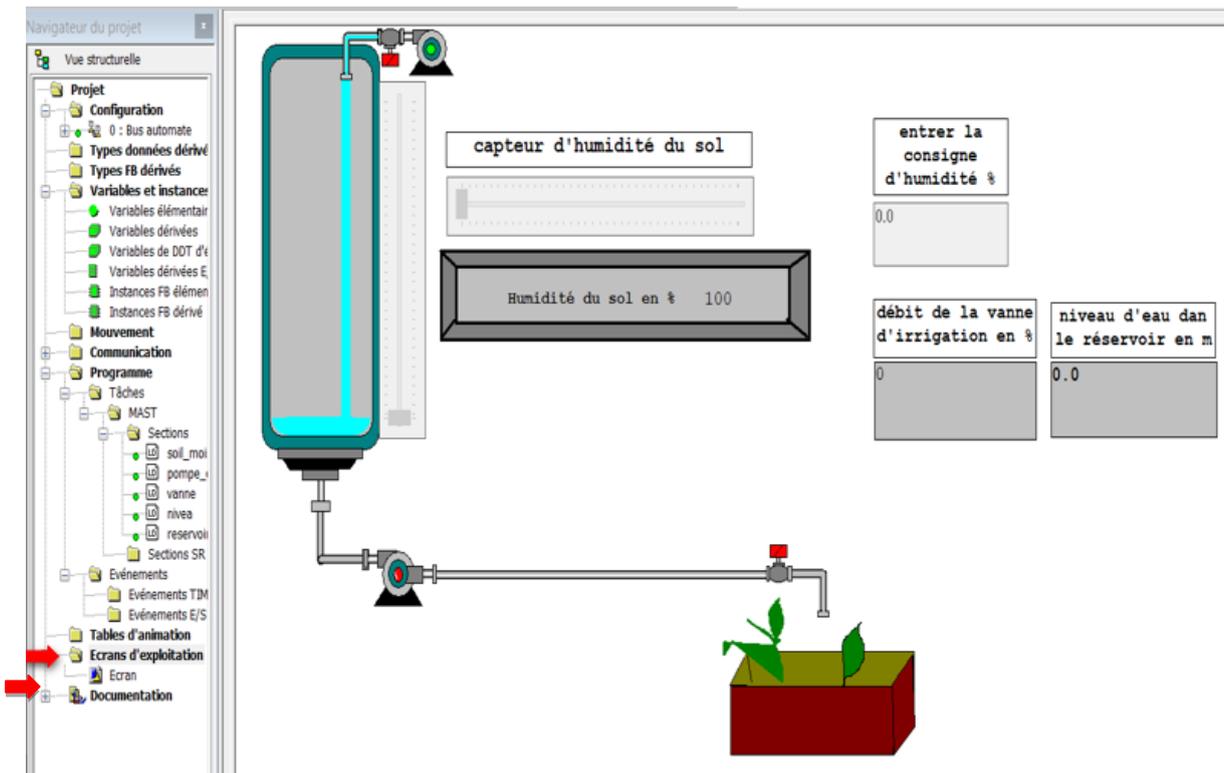


Figure 4.14: Ecran d'exploitation du système non actionné

#### 4.11 Vérification du programme et simulation du système

Pour vérifier le programme, il faut d'abord:

- 1) Enregistrer le programme par cliquant sur le symbole  "sauvegarder".
- 2) Analyser et générer le programme par cliquant sur le symbole  "Analyser le projet" et le symbole  "Générer tout le projet".
- 3) Consulter la fenêtre d'information qu'il n'y a pas d'erreurs " Processus réussi : 0 Erreur(s), 0 Avertissement(s)".
- 4) Connecter à l'automate par cliquant sur le symbole  "Connecter".
- 5) Télécharger le programme dans l'automate par cliquant le symbole  "Télécharger le projet".
- 6) Cliquer sur "RUN".
- 7) Aller à l'écran d'exploitation et cliquer sur le symbole  "valider l'écriture de variables" et entrer la consigne d'humidité.

- L'essai du système avec consigne d'humidité 30%:

Quand la valeur mesurée d'humidité est 0% la vanne est ouverte de 30%, lorsque la valeur mesurée d'humidité atteinte 18% la vanne devient ouverte de 12%.

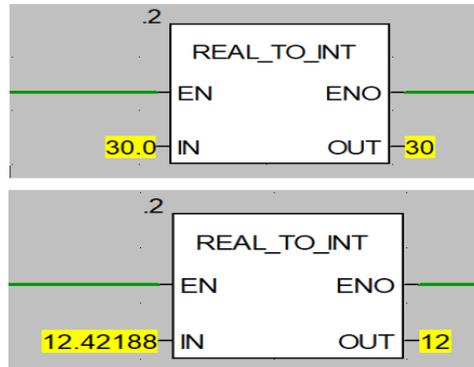


Figure 4.15: La valeur de la vanne d'irrigation en pourcentage

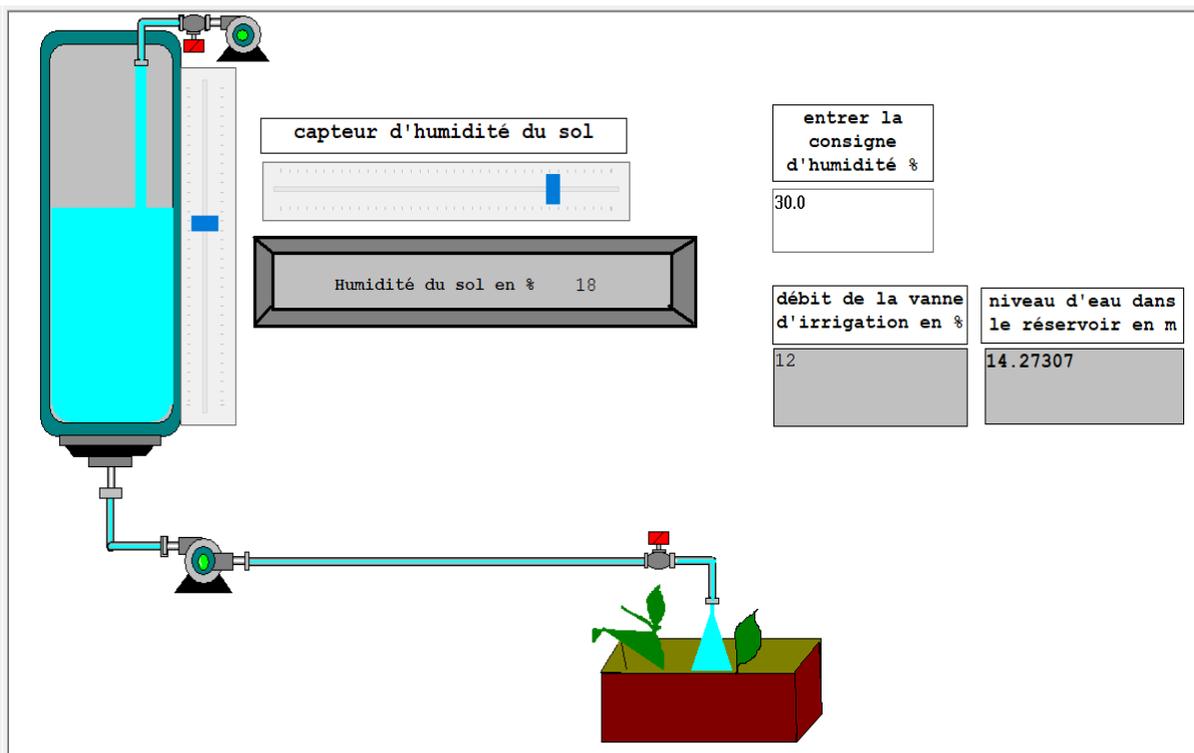


Figure 4.16: L'écran d'exploitation du système actionné

#### 4.12 Conclusion

Dans ce chapitre on a présenté la programmation de notre système d'irrigation avec le logiciel Unity Pro XL du Schneider, les étapes et les procédures suivis pour la réalisation et la simulation du programme pour l'automate qui est basé sur la commande des sorties analogiques (l'électrovanne proportionnelle), et aussi on a le testé et nous avons obtenu des bons résultats

# *Conclusion générale*

## **Conclusion générale**

Notre travail représente l'étude et la programmation d'un système d'irrigation automatisé par API à l'aide des capteurs qui mesure l'humidité et le niveau d'eau dans le réservoir d'irrigation et transforme l'information pour la mise en marche des pompes et commander le débit d'ouverture des électrovannes et afficher les paramètres en écran d'exploitation (IHM).

Premièrement, on a fait une recherche sur le domaine d'irrigation et ses différentes méthodes anciennes et modernes, le matériel utilisé et comment choisir la méthode d'irrigation appropriée aux conditions locales.

On a étudié aussi une généralité sur les systèmes automatisés qui sont aujourd'hui plus utilisés dans presque tous les domaines de la vie à cause de ces avantages de faciliter le travail en termes de temps et de précision d'achèvement.

En suite on a fait une simple étude d'un système automatisé par API dans laquelle on a défini le matériel commandable utilisé dans la programmation et son fonctionnement comme on a aussi défini le logiciel "Unity Pro" utilisé pour la programmation du système.

En résultant de ses études et du cahier de charge on a fait un résumé schématique "Organigramme" pour faciliter la programmation, en suite on a commencé la programmation et après la simulation, en suite on visualiser le fonctionnement du système en IHM.

Finalement, on espère que ce travail sera utile pour tous qui sont intéressés au domaine des agricultures.

# *Bibliographique*

## **Bibliographiques**

- [1] M. Ladki. (2004). Les externalités de l'irrigation gravitaire. Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'ingénieur de l'ENGEES à Strasbourg, Mémoire du DEA de l'ENGREF Science de l'Eau dans l'Environnement Continental, Université Montpellier II
- [2] L. Rieul. Techniques d'irrigation de l'avenir et leur coût. In : Dupuy B. (ed.). Aspects Économiques de la gestion de l'eau dans le bassin méditerranéen. Bari : CIHEAM, 1997. p. 233-251  
(Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 31)
- [3] C. Brouwer. Méthodes d'irrigation. Manuel de formation n° 5. Institut international pour l'amélioration et la mise en valeur des terres
- [4] O VITRY, Description fonctionnelle d'un système automatisé, BAC PRO MEI, Lycée Léon de Lepervanche.
- [5] application: Guide des automatismes
- [6] Plate-forme d'automatisme Modicon M340, Catalogue, Septembre 2014
- [7] Unity Pro modes de marche, 05/2010
- [8] <http://www.circuitstoday.com/arduino-soil-moisture-sensor>
- [9] <https://www.asco.com/fr-fr/Pages/proportional-technology.aspx>
- [10] <https://www.automation-sense.com/blog/automatisme/qu-est-ce-qu-un-capteur-de-niveau.html>
- [11] <https://www.se.com/fr/fr/faqs/FA17370/>