

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE

**UNIVERSITÉ IBN-KHALDOUN DE TIARET**

FACULTÉ DES SCIENCES APPLIQUÉES  
DÉPARTEMENT DE GENIE ELECTRIQUE



# MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Pour l'obtention du diplôme de Master

Domaine : Sciences et Technologie

Filière : Automatique

Spécialité : Automatique et Informatique Industriel

## THÈME

**Supervision et commande PID de niveau par  
automate programmable industriel**

Préparé par :

- SASSI AHMED WALID
- HIRECHE MOHAMED

Devant le Jury :

C. Ogab	MCB	Président
R. Ouared	MAA	Examineur
H. Boumediene	MCB	Examineur
M. Sebaa	MCA	Encadreur

PROMOTION 2019 /2020

# Remerciements

---

Nous remercions, en premier lieu, notre grand **Dieu** qui a bien voulu nous donner la force pour effectuer le présent travail.

Nous tenons à remercier notre promoteur et professeur **Mr SEBAA Morsli** pour son confiance, et ses orientations et ses conseils durant l'évolution de ce travail.

Nos remerciements vont également aux membres du jury pour l'honneur qu'ils nous font en acceptant d'examiner et de juger notre travail.

Enfin, nous tenons également à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

# SOMMAIRE

---

Introduction Général .....	01
----------------------------	----

## **CHAPITRE I : Présentation du système de régulation de niveau d'eau**

I.1- Introduction.....	02
I.2- Historique.....	02
I.3- Notions de la régulation de niveau.....	03
I.3.1- Régulation manuelle de niveau.....	03
I.3.2- Régulation automatique de niveau .....	03
I.4- Types de régulation .....	04
I.5 - La maquette de gestion de niveau d'eau (REGULEAU).....	04
I.6- Description de la maquette REGULEAU.....	05
I.7- Caractéristiques du REGULEAU.....	06
I.7.1- Alimentation externe.....	06
I.7.2- Alimentation interne.....	07
I.7.3- Connecteur Harting.....	08
I.8- Conclusion.....	09

## **Chapitre II : Matériels utilisés du système REGULEAU**

II.1- Introduction.....	10
II.2- Organisation du système automatisé REGULEAU .....	10
II.2.1- Le poste de contrôle.....	10
II.2.1.1 Interface Homme/Machine Magelis XBTGT .....	11
II.2.2 La Partie commande.....	13
II.2.2.1 L'automate utilisé pour commander le REGULEAU.....	13
II.2.2.2 Le module d'expansion TM2AMM3HT.....	14
II.2.2.3 Le module d'interface Ethernet 499 TWD 01100.....	15
II.2.2.4 Le variateur de vitesse ATV312.....	16
II.2.2.5 Le Switch Ethernet (commutateur).....	17
II.2.2.6 Le Relais Thermique LRD07.....	18
II.2.3 Partie opérative).....	18
II.2.3.1 la pompe de surface.....	18
II.2.3.2 Les capteurs.....	19
II.3- Conclusion .....	21

## Chapitre III : LA COMMANDE DU REGULEAU

III.1 Introduction.....	22
III.2 Présentation et lancement du logiciel TwidoSuit.....	22
III.3 Description de la fenêtre d'automate.....	22
III.4- Paramétrage pour Liaison Ethernet D'un Automate Twido .....	23
III.5 Types de commande de la maquette REGULEAU.....	24
III.5.1 La commande tout ou rien .....	24
III.5.1.1 Description des entrées/ sorties dans la commande TOR du REGULEAU.....	25
III.5.1.2 Cahier de charge du programme.....	25
III.5.1.3 Programme écrit au TwidoSuite.....	27
III.5.2 La commande PID.....	28
III.5.2.1 Modèle du PID de l'automate.....	28
III.5.2.2 Loi du PID de l'automate .....	29
III.5.2.3 Rôle et influence des paramètres PID.....	29
III.5.2.4 configuration de l'automate PID au TwidoSuite.....	31
III.5.2.5 Description des entrées/ sorties dans la commande PID du REGULEAU.....	32
III.5.2.6 Programme PID écrit au TwidoSuite.....	38
III.5.2.7 Ecran Trace de la fonction PID.....	39
III.5.2.8 Ecran Trace de la fonction PID.....	40
III.6 Conclusion.....	40

## Chapitre IV : LA SUPERVISION DU REGULEAU

IV.1 Introduction.....	41
IV.2 Logiciel utilisé pour la supervision.....	41
IV.3 Lancement du logiciel Vijeo Designer.....	41
IV.4 Création d'écrans IHM du REGULEAU.....	44
IV.4.1 Ecran d'accueil.....	44
IV.4.2 Ecran Fonctions.....	44
IV.4.3 Ecran Mode Manuel.....	45
IV.4.4 Ecran Flotteurs.....	45
IV.4.5 Ecran Sondes.....	46
IV.4.6 Ecran Capteur hydrostatique.....	46
IV.4.7 Ecran PID.....	47
IV.5 Paramétrage de protocole Ethernet TCP/IP entre l'API et l'IHM.....	48

IV.6 Paramétrage des adresses de communication.....	49
IV.7 Transfert de projet REGULEAU.....	50
IV.8 Conclusion .....	50
<hr/>	
Conclusion Générale .....	51
Références bibliographiques.....	52
Liste des tableaux .....	54
Liste des figures .....	55
Annexes .....	57

# INTRODUCTION GÉNÉRALE

Actuellement, il est impossible de rencontrer un procédé industriel n'utilisant pas de régulation. Cela veut dire que la régulation industrielle est plus qu'indispensable pour le bon fonctionnement et donc pour la compétitivité de tout procédé industriel. Le contrôle en boucle fermée, régulation ou asservissement, est le plus populaire chez la majorité des industriels car il est à la fois polyvalent et robuste pour certains procédés et s'adapte facilement au changement du point de fonctionnement du procédé.

En effet vue l'importance de la régulation de niveau dans notre vie modernes ils nous étaient bénéficiaire d'étudier ce système de près en terme de projet de fin d'étude en réalisant la commande PID et la supervision du système gestion de niveau par un automate Programmable industriel(API) de marque **Schneider Electrique**, disponible au laboratoire de l'automatique du département de génie électrique, utilisable sous trois modes de détection.

Pour une meilleure présentation de notre travail, le mémoire a été organisé en quatre chapitres :

- ✓ Le premier chapitre sera consacré à des généralités sur la régulation de niveau réel, ensuite une description générale du Système REGULEAU didactique sera présentée,
- ✓ Le deuxième chapitre sera dédié à la description détaillée des matériels utilisés dans le système de gestion de niveau,
- ✓ Dans le troisième chapitre, on entamera les différents types de commande du **REGULEAU** et la programmation de ce système en utilisant le langage de programmation **LADDER** et la configuration du correcteur PID intégré avec le logiciel **TwidoSuite**,
- ✓ Le quatrième chapitre étudiera la supervision et la programmation par l'écran tactile représentant l'Interface Homme Machine(IHM) associée au système REGULEAU en utilisant le logiciel **Vijeo Designer**



# Chapitre I

---

Présentation du système  
de régulation de niveau  
d'eau



## I.1 Introduction

La majorité des processus industriels nécessitent le contrôle d'un certain nombre de paramètres : température, pression, niveau, débit, pH, concentration d'oxygène, etc.

Il appartient à la chaîne de régulation de maintenir à des niveaux prédéterminés les paramètres qui régissent le fonctionnement du processus.

Toute chaîne de régulation comprend trois maillons indispensables :

l'organe de mesure, l'organe de régulation et l'organe de contrôle. Il faut donc commencer par mesurer les principales grandeurs servant à contrôler le processus. L'organe de régulation récupère ces mesures et les compare aux valeurs souhaitées, plus communément appelées valeurs de consigne. En cas de non-concordance des valeurs de mesure et des valeurs de consigne, l'organe de régulation envoie un signal de commande à l'organe de contrôle (vanne, moteur, etc.), afin que celui-ci agisse sur le processus. Les paramètres qui régissent le processus sont ainsi stabilisés en permanence à des niveaux souhaités. [01]

## I.2 Historique

- **1746** : William Salmon décrit un robinet à flotteur propre à maintenir le niveau d'eau des réservoirs domestiques.
- **1765** : par le Russe Ivan Polzounov pour réguler le niveau d'eau de la machine à vapeur dont il a équipé les soufflets des mines d'argent de Barnaoul
- **1840** : Régulateur de Watt (Besoins de l'industrie à vapeur)
- **1945** : Deuxième guerre mondiale (développement de l'automatique dans l'aviation)
- **1960** : Apparition de l'informatique (cosmos, traitement rapide de l'information, possibilité de résolution des systèmes complexes etc.) Importance : Qualité des produits finis, précision des opérations, protection de l'environnement, répétitivité des opérations etc. [02]

### I.3 Notions de la régulation de niveau

La régulation de niveau, se distingue deux notions ; régulation manuelle et automatique

#### I.3.1 Régulation manuelle de niveau

Pour effectuer la régulation manuellement nous avons besoin de trois opérateurs.

- **Observation** : Mesurer  $h$  et transmission de la mesure.
- **Réflexion** : Reçoit la mesure, comparaison de la mesure avec la consigne,
- **Action** : Agir sur la vanne pour modifier le débit  $Q_a$ , puis retour à l'observation.

Cette régulation est dite boucle de régulation fermée .[03]

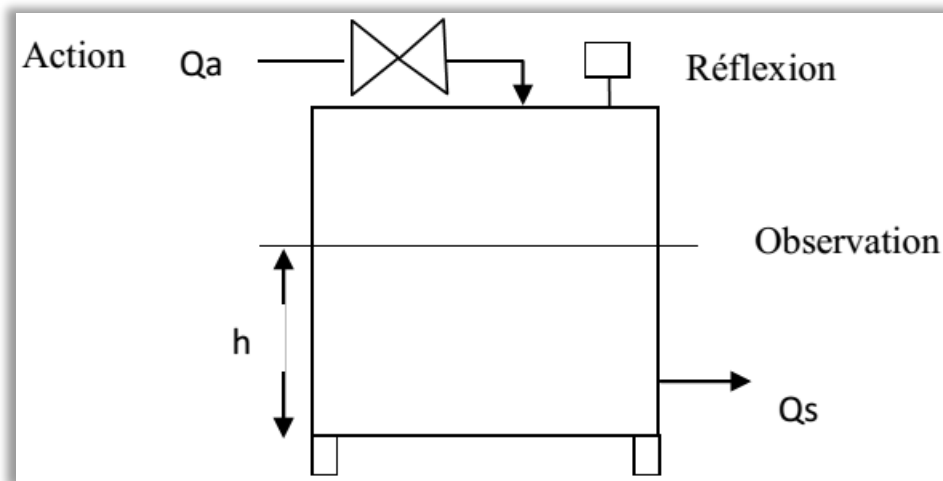


Figure I.1 schéma Régulation manuelle de niveau

Pour automatiser cette boucle, il faut remplacer chaque maillon humain par un appareil. Il faut également faire communiquer ces appareils les uns avec les autres.

#### I.3.2 Régulation automatique de niveau

Dans ce cas, la mesure de la grandeur réglée et la modification de la grandeur réglante s'effectuent automatiquement au moyen d'appareils appelés Régulateurs dans lesquels est implantée une loi de commande (algorithme).

Les individus sont remplacés par des appareils. [04]

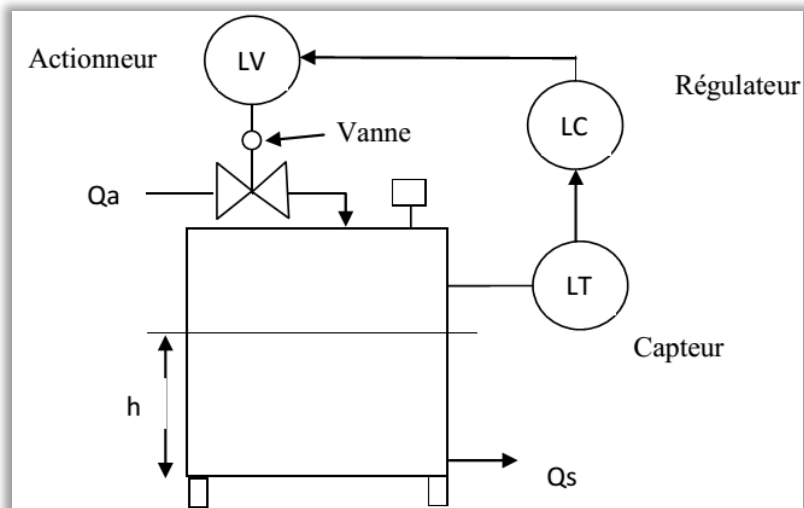


Figure I.2 schéma regulation automatique

## I.4 Types de régulation

Il existe plusieurs types de régulation industrielle possibles telles que :

- 1- **TOR** : Tout Ou Rien (ON-OFF Control).
- 2- **PID** : Proportionnelle, Intégrateur, Dérivateur.
- 3- **MLI** : Modulation de Largeur d'Impulsion (PWM).
- 4- **FUZZY** : Continue PID avec l'introduction de la logique **floue**.
- 5- **MULTI-BOUCLES** : Maître Esclave, Cascade, Rapport.
- 6- **NUMERIQUE** : Modèle de référence

## I.5 La maquette de gestion de niveau d'eau (REGULEAU)



Figure I.3 la maquette REGULEAU

La maquette REGULEAU consiste à réaliser un système de gestion de niveau, en se basant sur le principe d'automatisation et régulation par un automate programmable et écran tactile(IHM), utilisable sous trois modes de détection, soit par :

- 3 flotteurs TOR.
- 4 sondes conductrices.
- 1 capteur de pression hydrostatique 4-20Ma. [05]

## I.6 Description de la maquette REGULEAU

Le REGULEAU est un système pédagogique constitué d'une cuve inférieure de 100L, et une cuve supérieure de 60L transparente et graduée en cm. L'eau puisée dans la cuve inférieure alimente la cuve supérieure où se trouvent les capteurs, ce REGULEAU contient une pompe de surface actionnée par un moteur électrique à courant alternatif (240V) qui fournit de l'eau nécessaire pour atteindre le niveau souhaitée et le maintenir.



**Figure I. 4 cuve inférieure de 100L**



**Figure I.5 cuve supérieure de 60L**

Et une armoire électrique qui gère la commande et la protection du système, un pupitre de commande incorporé à l'armoire qui contient des boutons poussoirs pour le fonctionnement en mode manuel et un écran tactile (IHM), et un Switch RJ45 à 4 ports pour la communication Ethernet.



**Figure I.6 système de commande du REGULEAU**

Le REGULEAU est équipée aussi d'un variateur de vitesse triphasé qui commande la pompe à débit variable régulant le niveau.

La maquette est équipée de plus, d'un pupitre d'alimentations principales et une Vanne manuel permettant de vidanger la cuve. [06]

## I.7 Caractéristiques du REGULEAU

### I.7.1 Alimentation externe

La maquette REGULEAU est alimenté par un pupitre alimentations principales qui fournée une source d'énergie alternative (220V-230 V).



**Figure I.7 Pupitre alimentation générale**

**Tab.1 Appareillages alimentation générale**

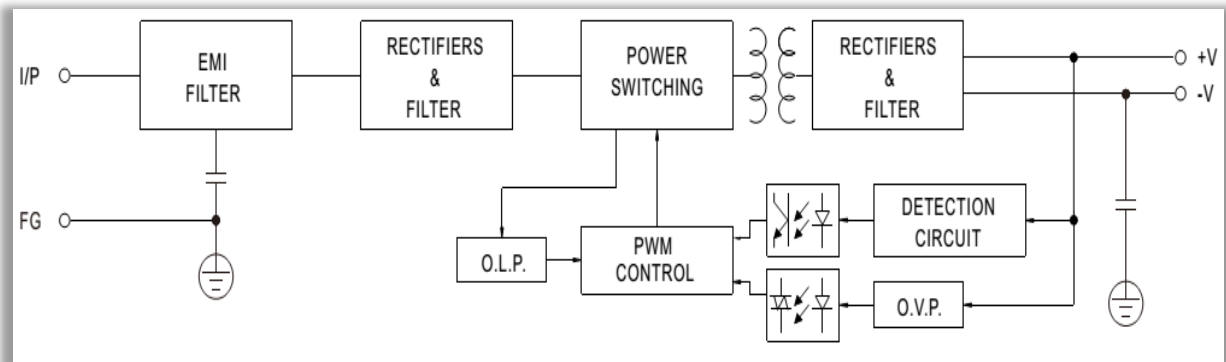
N	Types d'appareillages
1	- Interrupteur-Sectionneur Général qui permet de couper toute l'installation en cas de danger
2	- Interrupteur- Différentiel Général qui assure la protection de plusieurs circuits et personnes des risques d'électrisation plus un Disjoncteur tetrapolaire pour la protection Triphasé
3	- Disjoncteur Bipolaire pour la protection 24V
4	- Deverrouillage sous habilitation
5	- Bouton poussoir General Marche Arrêt avec voyant
6	- Bouton coup de poing Arrêt d'Urgence

**I.7.2 Alimentation interne**

C'est une alimentation à découpage AC/DC, qui fournit une tension 24V pour alimenter l'écran tactile IHM et le capteur de pression hydrostatique. [07]



**Figure I.8 alimentation à découpage AC/DC**



**Figure I.9 Diagramme fonctionnel de l'alimentation**

### I.7.3 Connecteur Harting

Les connecteurs de la société HARTING constituent la solution la plus rapide et la plus simple de technologie de raccordement d'appareils dans les environnements industriels et d'automatisation. Les données, les signaux et l'alimentation électrique peuvent être raccordés et verrouillés rapidement. [08]

L'armoire électrique du système contient 4 connecteurs Harting, qui sont :

- Connecteur Harting alimentation
- Connecteur Harting pompe
- Connecteur Harting capteurs
- Connecteur Harting pupitre de commande



Figure I.10 connecteurs Harting AC/DC

Contact de sécurité ouverture de porte

Les interrupteurs de position de sécurité sont dédiés à la protection des personnes opérant sur des machines industrielles dangereuses.

Ils se montent sur des protecteurs mobiles (panneaux, capots, portillons, écrans...) et captent leur position, et assurent efficacement des fonctions de sécurité adaptées selon le type de machine, arrêt immédiat du mouvement dangereux dès l'ouverture de l'armoire. [09]

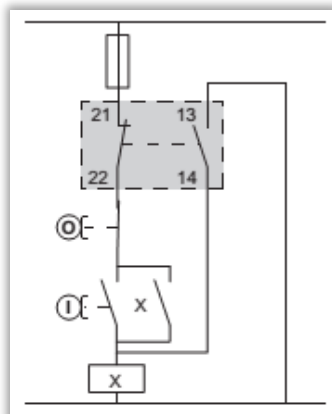


Figure I.12 Schéma de câblage



Figure I.11 Interrupteur à clef-langette XCS

## **I.8 Conclusion**

Dans ce chapitre, nous avons fait une présentation générale sur la régulation de niveau réelle (différentes parties, historique, type, Principes), et nous avons fait aussi une présentation détaillée sur la maquette didactique REGULEAU, ce qui nous a permis de créer une idée générale sur la gestion de niveau et de la méthode de contrôle.



# Chapitre II

---

Matériels utilisés du  
système REGULEAU

## II.1 Introduction

En tant qu'automaticien on a tendance à avoir une vue systémique sur le système REGULEAU et les processus. Notre objectif consiste à automatiser et à réguler ces systèmes afin d'accroître la productivité, améliorer la qualité et la sécurité. Dans ce chapitre, nous allons définir les différents types du matériel à utiliser et les parties qui constituent ces systèmes.

## II.2 Organisation du système automatisé REGULEAU

Le système REGULEAU peut se décomposer selon le schéma ci-dessous en trois parties : poste de contrôle, partie de commande et partie opérative (voir figure II.1)

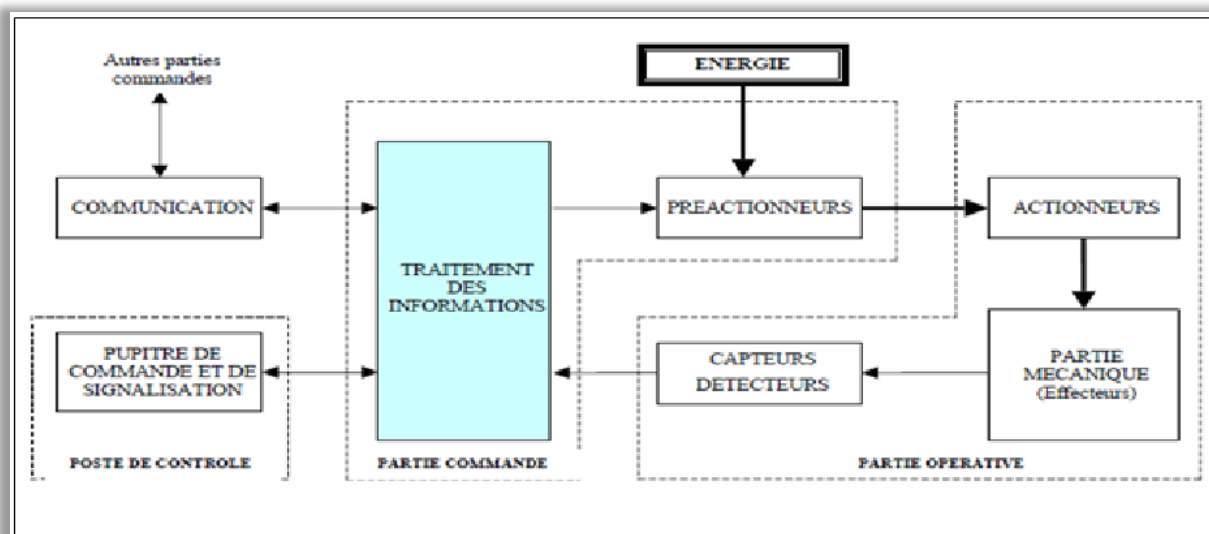


Figure II.1 Structure du système automatisé REGULEAU

### II.2.1 Le poste de contrôle

Le poste de contrôle du REGULEAU est composé des pupitres de commande et de signalisation. Il permet à l'opérateur de commander le système (marche, arrêt, départ cycle ...). Il permet également de visualiser les différents états du système à l'aide de voyants, et de terminal de dialogue ou d'interface homme machine (IHM) de type écran tactile. [10]



Figure II.2 Poste de control

Tab.2 Appareillages poste de control

N	types d'appareillages
1	- Bouton arrêt d'urgence
2	- Bouton poussoir marche/arrêt avec voyant
3-4	- Bouton poussoir marche
5-6	- Voyants
7	- Bouton poussoir arrêt
8	- Ecran tactile

### II.2.1.1 Interface Homme/Machine Magelis XBTGT

Les interfaces (ou interactions) homme-machine (IHM) définissent les moyens et les outils mis en œuvre afin qu'une personne puisse contrôler et communiquer avec un système informatique ou un automatisme.

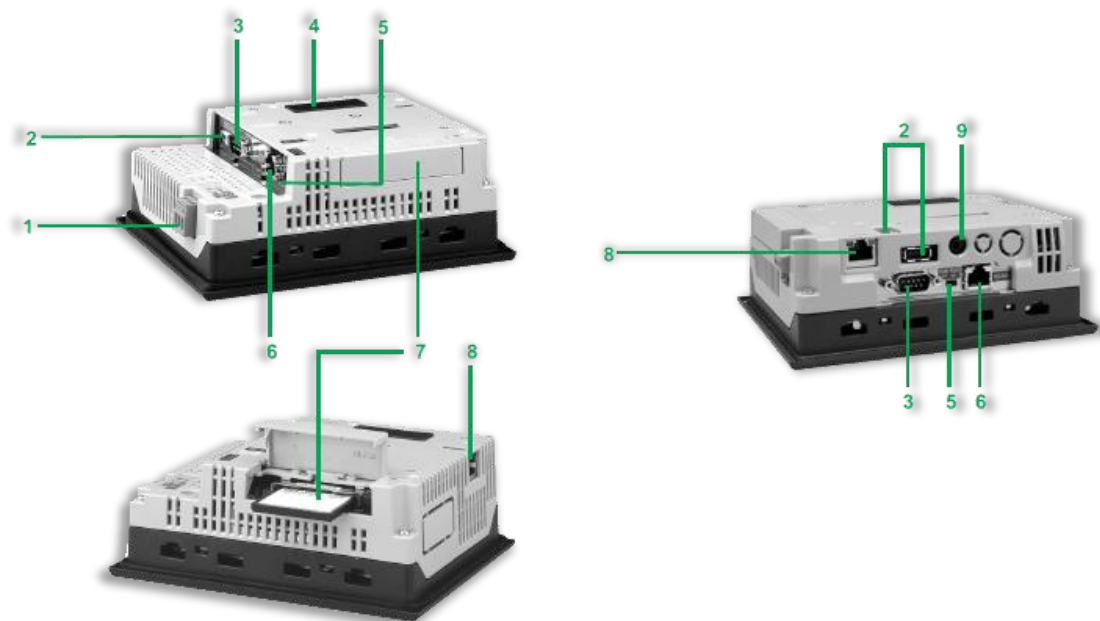
Schneider Electric développe un large choix de terminaux graphiques tactiles ainsi qu'un logiciel Vijeo Design qui permet de configurer et d'optimiser ses terminaux de la gamme Magelis. [11]



Figure II.3 Face avant du Magelis XBT GT 2330

Les XBTGT comportent en face avant :

1. Un écran tactile d'affichage de synoptiques (x" monochrome ou couleur).
2. Un voyant multi-couleur (vert, orange et rouge) indiquant le mode de fonctionnement du terminal.



**Figure II.4 Face arrière du Magelis XBT GT 2330**

Les XBTGT comportent en face arrière :

1. Un bornier à vis débrochable pour l'alimentation 24 V DC.
2. Un connecteur USB type A maître pour connexion périphérique et transfert d'application et communication prise terminal Modicon M340.
3. Un connecteur mâle type SUB-D 9 contacts pour liaison série RS 232C ou RS 422/485 vers automates (COM1).
4. Une interface d'unité d'extension pour carte de communication bus de terrain (Device Net, Profibus DP).
5. Un commutateur pour polarisation de la liaison série COM2, utilisé en Modbus.
6. Un connecteur type RJ45 pour liaison série RS 485 (COM2).
7. Un emplacement pour carte mémoire Compact Flash, avec cache.
8. Un connecteur type RJ45 pour liaison Ethernet TCP/IP, 10BASE-T/100BASE-TX.
9. Un connecteur mini-jack pour sortie audio.

## II.2.2 La Partie commande

La partie de commande du REGULEAU a pour tâche de donner les ordres de fonctionnement à la partie opérative. Elle est constituée de pré-actionneurs qui permettent de commander les actionneurs. Ils assurent le transfert d'énergie entre la source de puissance et les actionneurs. La partie commande est constitué de l'équipement de l'armoire électrique. [12]



Figure II.5 L'équipement de l'armoire électrique.

### II.2.2.1 L'automate utilisé pour commander le REGULEAU

C'est un automate compact **Schneider Twido TWDLCAA24DRF** qui comporte les caractéristiques techniques suivante :

- Alimentation alternative AC (100-240 V /50-60 Hz) ;
- 14 entrées TOR DC 24 V (%I0.0 ..... %I0.13) et 10 sorties relais TOR (%Q0.0 .... %Q0.9) ;
- Mémoire de programme EEPROM 32 Kbytes ;
- Modules d'extension E/S : 4 modules au maximum ;
- 128 compteurs (%C), 128 temporisateurs (%TM) ,256 bits internes (%M), 3000 mots internes (%MW) ;
- Temps d'exécution d'une instruction de 1 kilo: 1 ms ;
- Comprend les langages de programmations : Liste d'instructions, Ladder, et Grafcet.
- 14 PID programmable intégré. [13]



Figure II.6 Automate TWIDO TWLDCAA24DRF

### II.2.2.2 Le module d'expansion TM2AMM3HT

Ce module d'expansion est un module analogique qui contient 2 entrées à 2 points (IW1.0 et IW1.1) et une sortie à 1 point (QW1.0) de 24V avec un bornier, qui accepte les signaux des capteurs.

Les schémas suivants indiquent les dimensions du module d'E/S analogiques TM2AMM3HT. [14]

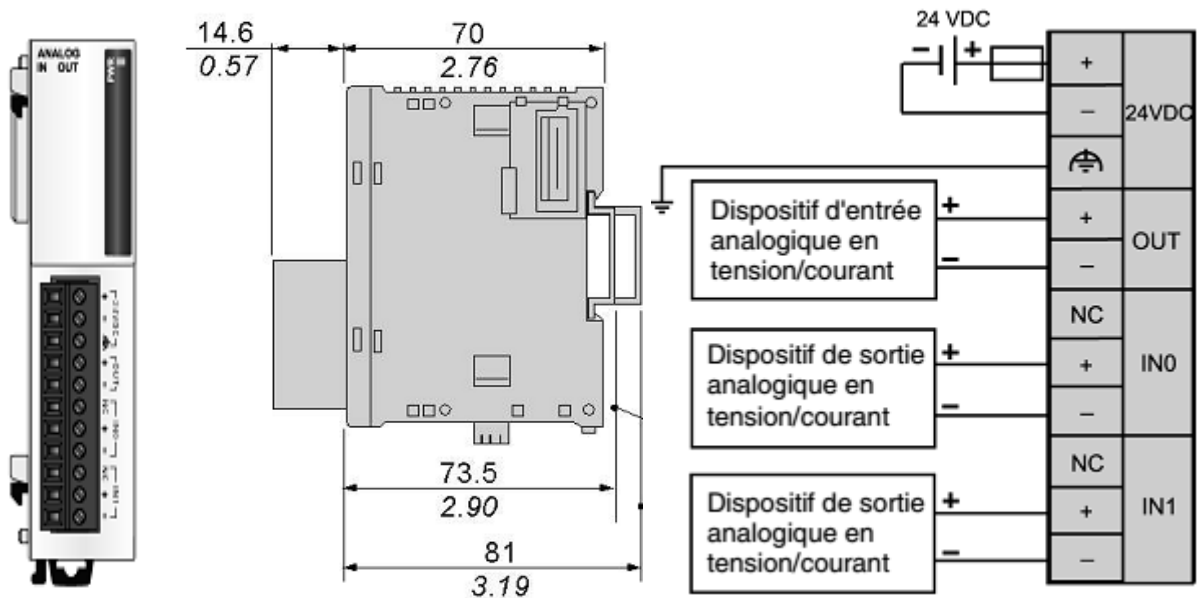


Figure II.7 Module TM2AMM3HT avec le schéma de câblage

### II.2.2.3 Le module d'interface Ethernet 499 TWD 01100

Le module TwidoPort 499 TWD 01100 est une interface Ethernet facile à utiliser et dédiée au contrôleur programmable Twido compact ou modulaire. Le module interface TwidoPort est une passerelle entre le réseau Ethernet TCP/IP et la liaison série Modbus du contrôleur Twido. [15]

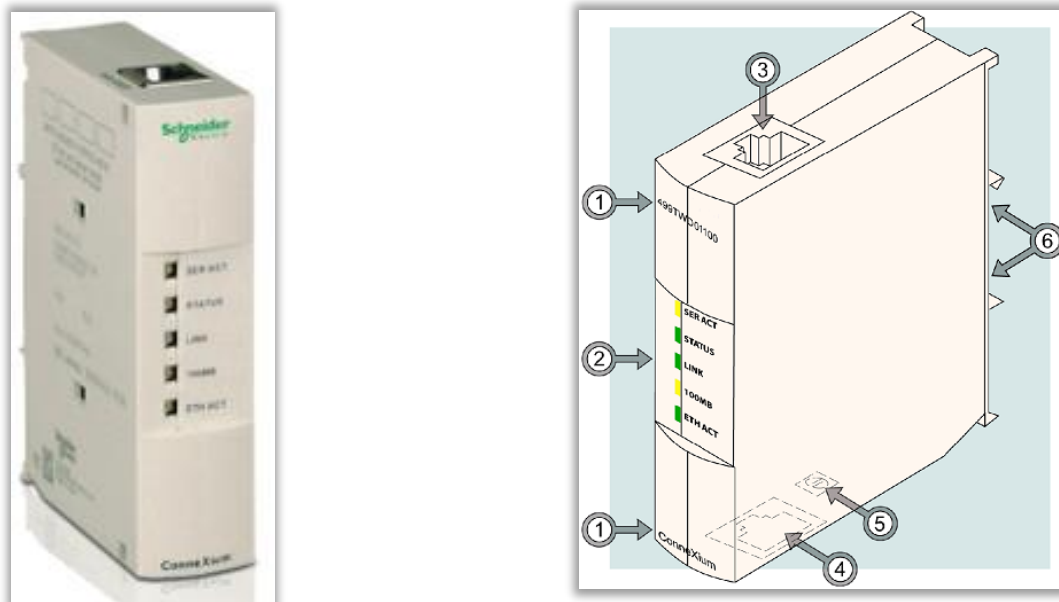


Figure II.8 module TwidoPort 499 TWD 01100

Le tableau ci-après répertorie les caractéristiques externes de la passerelle.

Tab.3 Caractéristiques externes TwidoPort 499 TWD 01100

Caractéristique		Fonction
1	Numéro de modèle Nom du modèle	499TWD01100 ConneXium
2	Affichage des voyants	Indications visuelles de l'état de fonctionnement de la passerelle
3	Connecteur RJ45	Connexion d'alimentation et de communication avec le port RS485 de l'automate (via le câble XBTZ9980)
4	Connecteur RJ45	Connexion TCP/IP via le câble Ethernet
5	Point de mise à la terre PE	Terre de protection (PE) (bornier à vis M3)
6	Connecteur du rail DIN	Pour montage sur rail DIN

### II.2.2.4 Le variateur de vitesse ATV312

Le variateur Altivar 312 de Schneider Electric est un convertisseur de fréquence pour des moteurs asynchrones triphasés (200...600 V) de 0,18 kW à 15 kW, Ses fonctions intégrées sont particulièrement adaptées pour répondre aux applications de machines industrielles.

Le variateur Altivar 312 intègre des fonctions répondant aux applications les plus courantes, notamment :

- Manutention (petits convoyeurs, palans, ...).
- Machines d'emballage et de conditionnement (petites ensacheuses, étiqueteuses, ...).
- Machines spéciales (mélangeurs, malaxeurs, machines textiles, ...).
- Pompe, compresseur, ventilateur.

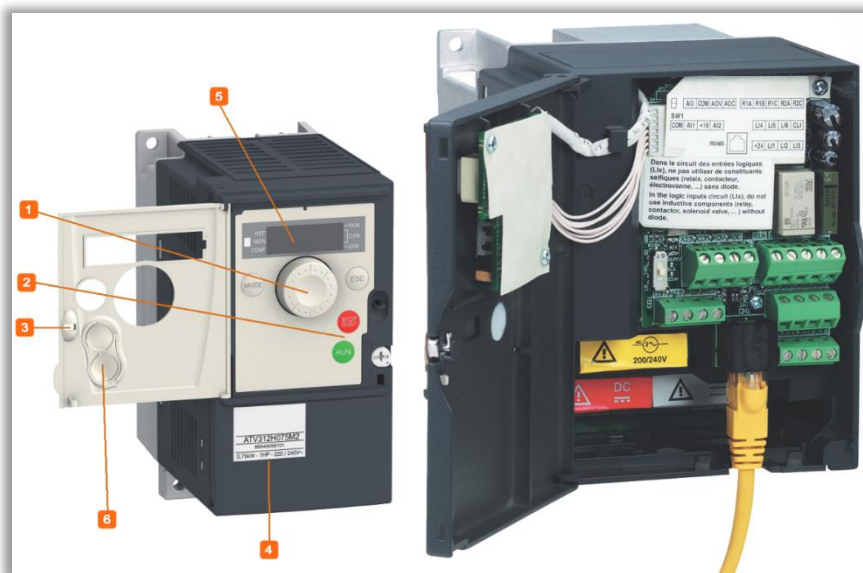


Figure II.9 Le variateur Altivar 312

Le tableau ci-après répertorie la description du variateur de vitesse altivar 312

Tab.4 Description altivar 312

Description		Fonction
1	Bouton de navigation simplifiée	Il permet de naviguer dans les menus, de modifier les valeurs et de modifier la vitesse du moteur en mode local.
2	Commandes Marche-Arrêt	Les touches "RUN" et "STOP/RESET" permettent de commander la marche et l'arrêt du moteur en mode local. Ces deux touches peuvent être rendues accessibles en face avant en ôtant l'obturateur (6) de la porte.
3	Verrouillage	Possible par plombage.
4	Zone de marquage	ATV312H037M2
5	Afficheur à 4 digits	Permet d'afficher les états, les défauts et les valeurs des paramètres du variateur.
6	Obturateur	Cache du bouton (2)



❖ Schéma de raccordement ATV312

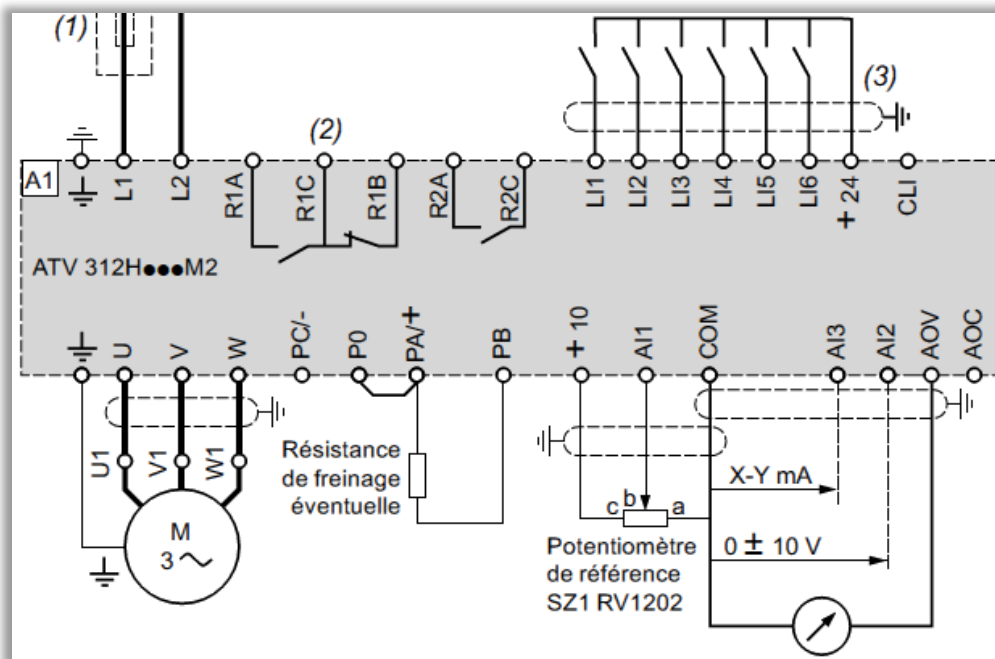


Figure II.10 Schémas de raccordement ATV312

- (1) Inductance de ligne (1 phase ou 3 phases).
- (2) Contacts du relais de défaut. Permet de signaler à distance l'état du variateur.
- (3) Le raccordement du commun des entrées logiques dépend du positionnement du commutateur. [16]

II.2.2.5 Le Switch Ethernet (commutateur)

Un commutateur réseau (en anglais switch), est un équipement qui relie plusieurs segments (câbles ou fibres) dans un réseau informatique et de télécommunication et qui permet de créer des circuits virtuels. Dans les réseaux locaux (LAN), il s'agit le plus souvent d'un boîtier disposant de plusieurs ports RJ45 (entre 4 et plusieurs centaines), il a donc la même apparence qu'un concentrateur HUB.[17]



Figure II.11 Switch Ethernet GS605NA

### II.2.2.6 Le Relais Thermique LRD07

Les relais tripolaires de protection thermique modèle LRD07 sont destinés à la protection des circuits et des moteurs alternatifs contre les surcharges, les coupures de phases, les démarrages trop longs et les calages prolongés du moteur. [18]

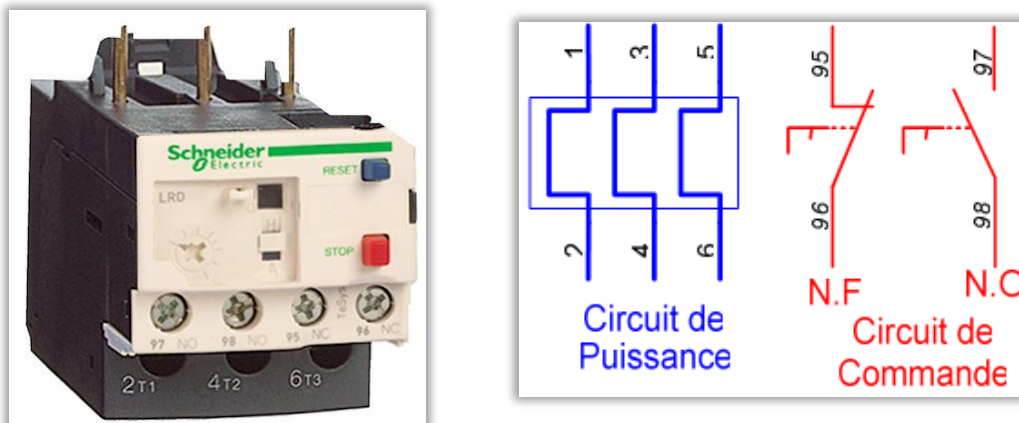


Figure II.12 le relais de protection thermique LRD07

### II.2.3 Partie opérative

La partie opérative est l'ensemble des moyens techniques qui effectuent directement le processus de transformation de la matière d'oeuvre à partir des ordres fournis par la partie commande et l'opérateur. Les informations circulent d'une partie à l'autre par l'intermédiaire d'interfaces. Elle regroupe l'ensemble des opérateurs techniques qui assurent la production des effets utiles lesquels le système automatisé a été conçu. On retrouve dans la partie opérative les actionneurs et les capteurs. [19]

#### II.2.3.1 la pompe de surface

Ces pompes sont dites de surface car elles sont conçues pour être installées au-dessus de points d'eau et peuvent pomper par aspiration jusqu'à 7 à 8 mètres de profondeur, sont souvent accompagnées d'un réservoir qui stabilise les fréquences de fonctionnement tout en régulant le débit et la pression. [20]

Caractéristique de la pompe

Tension : 240/400V

Intensité : 1,3/0,8A

**Fig.21 pompe de surface**

Cos Phi : 0,78

Puissance : 370W



Figure II.13 la pompe de surface

### II.2.3.2 Les capteurs

Le Système de gestion de niveau utilisable sous trois modes de détection, soit par :

#### 1- capteurs de niveau à flotteur

Cet interrupteur à flotteur est un appareil utilisé pour détecter le niveau de liquide dans un réservoir, il peut commander un relais qui à son tour actionnera une pompe, un indicateur, une alarme, ou un autre dispositif.

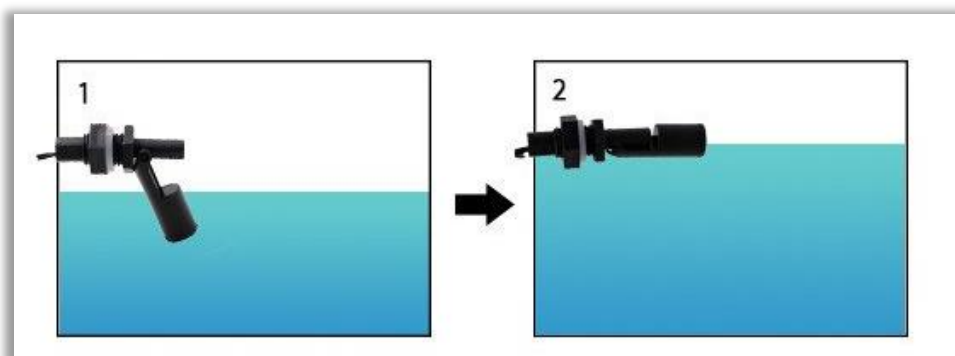
Vous pouvez l'utiliser avec la culture hydroponique, dans un réservoir d'eau salée, dans un réservoir d'eau douce, pour le jardinage, les aquariums, bols pour animaux de compagnie, filtration, chauffage, ou quel que soit votre projet.



**Figure II.14 Interrupteurs à flotteur**

Dans le système REGULEAU on a 3 capteurs de niveau à flotteur. Cet interrupteur à flotteur monté horizontalement peut être configuré aussi bien comme un commutateur normalement fermé ou bien un commutateur normalement ouvert.

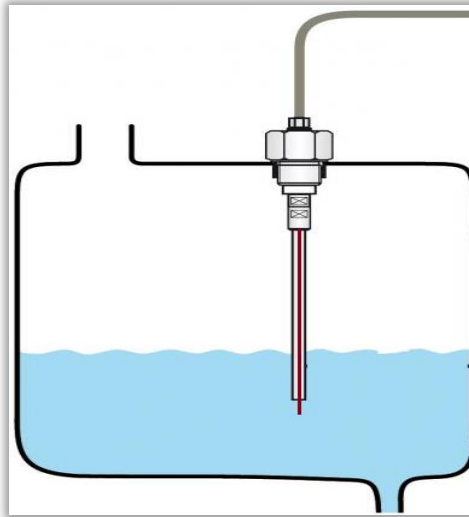
Lorsque le niveau d'eau atteint, le flotteur déplace un aimant interne et active un relais reed incorporé dans le dispositif. [21]



**Figure II.15 Détection à flotteurs et leur fonctionnement**

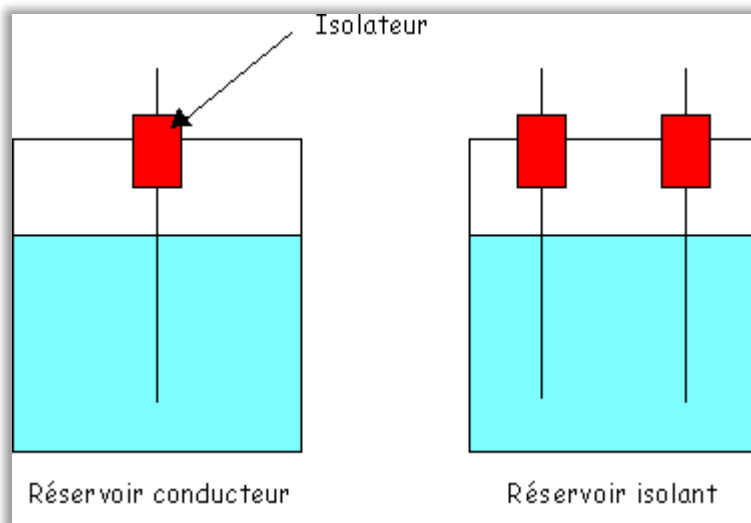
## 2- capteurs de niveau à sonde conductrice immergée

Elles ne conviennent que pour les produits conducteurs (liquides, pâtes, granuleux...), ne sont pas sujettes à l'usure et permettent la détection d'un niveau haut, bas ou intermédiaire. Ces sondes sont dotées d'une ou plusieurs électrodes selon les modèles.



**Figure II.16 sonde conductrice immergée**

Chaque électrode est installée par un passage étanche de telle sorte que leur extrémité inférieure se situe au niveau à détecter. Elle doit être isolée électriquement de la masse du réservoir quand il est métallique. Dès que le liquide touche une électrode, il met à la masse un circuit alternatif basse tension. La masse est constituée soit par le réservoir métallique, soit par une deuxième électrode quand le réservoir n'est pas métallique. Le faible courant parcourant l'électrode est d'amplitude proportionnelle à la longueur d'électrode immergée et suffit à actionner un relais. On utilise une basse tension alternative afin d'éliminer tout risque d'électrolyse du liquide. [22]



**Figure II.17 Détection par Sondes conductrices**

### 3- capteurs de niveau hydrostatique

Les capteurs de niveau hydrostatique sont utilisés pour mesurer le niveau d'un liquide au niveau d'un réservoir. Ils sont montés au fond des cuves et permettent de mesurer la pression hydrostatique d'un liquide et par conséquent déterminer le niveau de ce liquide.

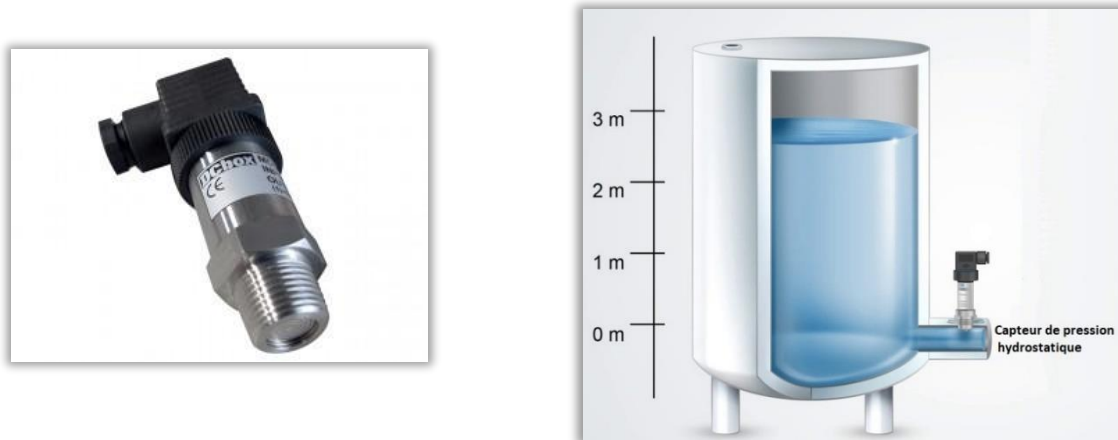
Pour un liquide homogène donné, la pression relative au fond d'un réservoir est proportionnelle au Niveau de celui-ci.

Selon le principe de Pascal :

$$h = \frac{p}{\rho * g}$$

- h : la hauteur du liquide en m.
- p : la pression en Pa.
- $\rho$  : la masse volumique du liquide en  $\text{kg/m}^3$
- g : la gravité en N/kg

Les capteurs de niveau hydrostatiques ont l'avantage d'être plus précis que les autres capteurs...[23]



**Figure II.18 Détection par capteur de niveau hydrostatique**

## II.3 Conclusion

Les systèmes automatisés de production devient indispensable pour obtenir une compétitivité des produits fabriqués de haute qualité. Dans ce chapitre on a vu en générale la structure des systèmes automatisés de production et les appareils essentiels à lier à ces systèmes pour la communication, la distribution d'énergie et la protection des machines. Nous avons présenté les différentes parties du REGULEAU à savoir, le poste de contrôle, la partie commande, et la partie opérative.

# Chapitre III

---

LA COMMANDE DU  
REGULEAU

### III.1 Introduction

L'objectif de ce chapitre est de présenter une description des logiciels (TwidoSuite) utilisés pour l'implémentation des lois de commande pour réaliser une régulation du processus de niveau REGULEAU, par la commande TOR et le correcteur PID intégré à base d'un API TWIDO et leur module d'expansion analogique TM2AMM3HT qui est programmé sous le logiciel TwidoSuite ainsi que la conception d'une interface de communication Ethernet 499 TWD 01100. [24]

### III.2 Présentation et lancement du logiciel TwidoSuite

La figure suivante présente un exemple d'écran du lanceur d'applications TwidoSuite pour la paire de langues anglais- français :

Cliquez sur «mode Programmation" pour accéder à l'interface de programmation de l'automate.



Figure III.1 Fenêtre principale de logiciel TwidoSuite

### III.3 Description de la fenêtre d'automate

Cette fenêtre décrit le type d'automate Twido utilisé et les différents modules d'entrées et les sorties sélectionnées. Dans notre cas, le type d'automate utilisé est l'automate twido TWDLCAA24DRF et le module d'expansion analogique d'entrée et sortie TM2AMM3HT

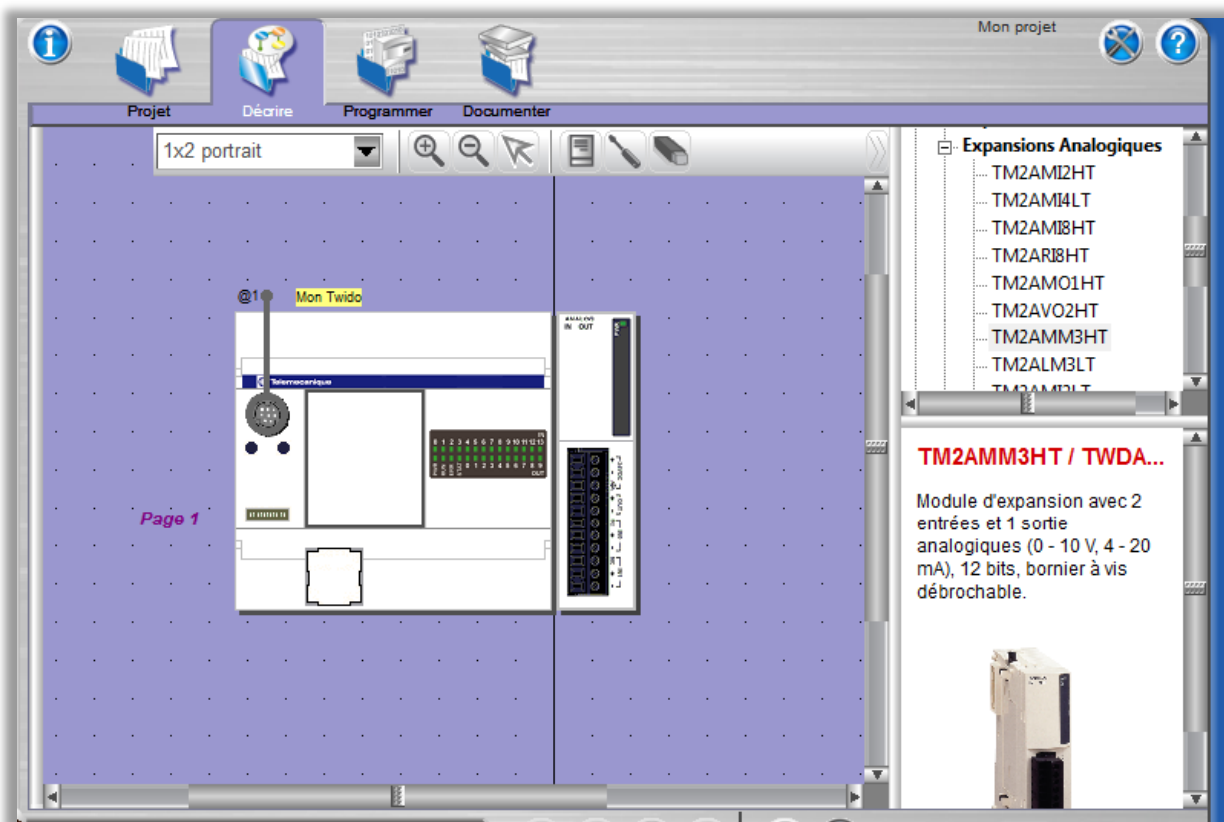


Figure III.2 Décrire la base d'automate sur TwidoSuite

### III.4 Paramétrage pour Liaison Ethernet D'un Automate Twido

Accès à la configuration du port de communication Ethernet par un double clic sur l'interface Ethernet 499TWD01100

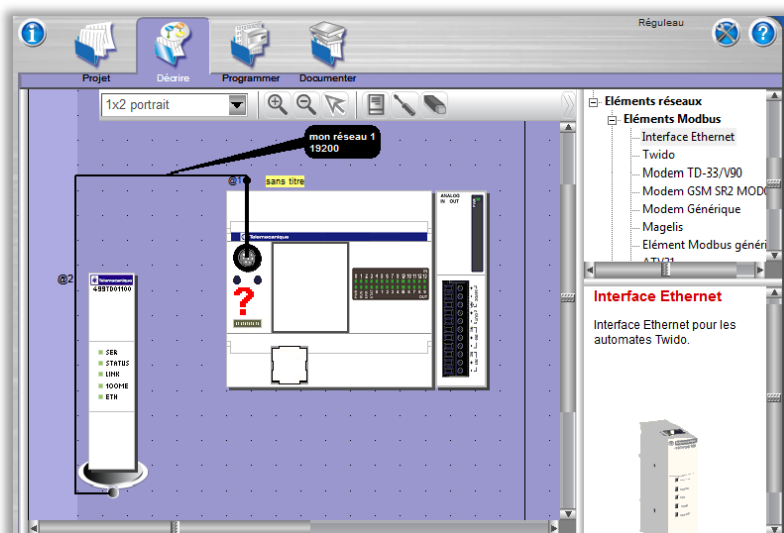
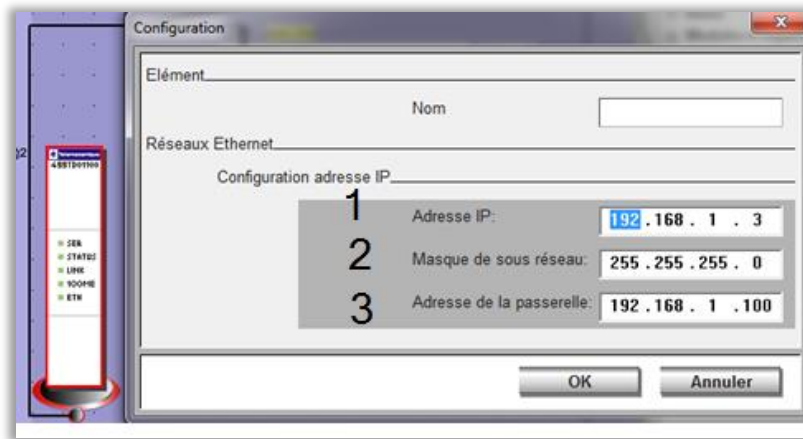


Figure III.3 Configuration du port de communication

La fenêtre suivante apparaît, elle permet de vérifier ou configurer les paramètres de la liaison Ethernet de l'automate





**Figure III.4 Configuration adresse IP Ethernet**

- Vérifier ou configurer les paramètres de la liaison Ethernet de l'automate
- ❖ Adresse IP du port de communication Ethernet (1)
- ❖ Masque de sous réseau (2)
- ❖ Adresse de la passerelle. (3)
- Fermer la fenêtre en cliquant sur « OK » pour valider

Raccorder votre automate au réseau Ethernet par l'intermédiaire du câble droit RJ45 et Vérifier la conformité de la liaison en effectuant un ping sur l'adresse IP de l'automate.

### III.5 Types de commande de la maquette REGULEAU

#### III.5.1 La commande tout ou rien

En automatique, le concept TOR (tout ou rien) se ramène au binaire : 0 ou 1. Cela signifie que l'information à traiter ne peut prendre que deux états (marche-arrêt). Seuls ces deux niveaux logiques sont possibles.

D'où l'appellation commande tout ou rien (en anglais : bang-bang-control ou on-off-control).

Alors que dans le système détection de niveau (REGULEAU) on trouve deux types de capteur TOR pour la détection de niveau d'eau on a détection par flotteur et a sondes conductrice. [25]

Ces capteurs ne renverront que deux niveaux logiques :

0 = absence d'eau

1 = présence d'eau

### III.5.1.1 Description des entrées/ sorties dans la commande TOR du REGULEAU

**Tab.5 Entrées automate**

Réf entrées automate	Description des entrées	Réf ladder
<b>Marche manuelle</b>		
I0.0	Bouton poussoir Marche 1 de la pompe	BPM1
I0.1	Bouton poussoir arrêt de la pompe	BPA
I0.2	Bouton poussoir Marche 2 de la pompe	BPM2
<b>Détecteur à sondes conductrice</b>		
I1.3	Capteur a sonde niveau bas	CSB
I0.4	Capteur a sonde niveau moyen	CSM
I0.5	Capteur a sonde niveau haut	CSH
<b>Détecteur à flotteur</b>		
I1.6	Capteur a flotteur niveau haut	CFH
I0.7	Capteur a flotteur niveau moyen	CFM
I0.8	Capteur a flotteur niveau bas	CFB

**Tab.6 Sorties automate**

Réf sorties automate	Description des sorties	Réf ladder
<b>Voyant</b>		
Q0.2	Voyant 1 marche de la pompe	H2
Q0.3	Voyant 2 marches du système	H3
<b>Variateur de vitesse commande 2 files</b>		
Q0.4	Marche en avant du moteur	LI1
Q0.5	Marche en arrière du moteur	LI2
Q0.6	Il fonctionne dans la commande des 3 files	LI3

**Tab.7 Sorties analogique d'automate**

Réf sorties automate	Description des sorties	Réf ladder
<b>vitesse de référence</b>		
QW1.0	varier la vitesse du moteur	AI1

### III.5.1.2 Cahier de charge du programme

#### 1. Gestion de niveau par des capteurs à flotteurs

- Mémorisation du changement de la vitesse de la pompe dans un mot interne (%QW) ;
- La pompe tourne à 100% de sa puissance jusqu'au niveau BAS ;
- jusqu'au niveau MOYEN la pompe tourne à 75% de sa puissance ;

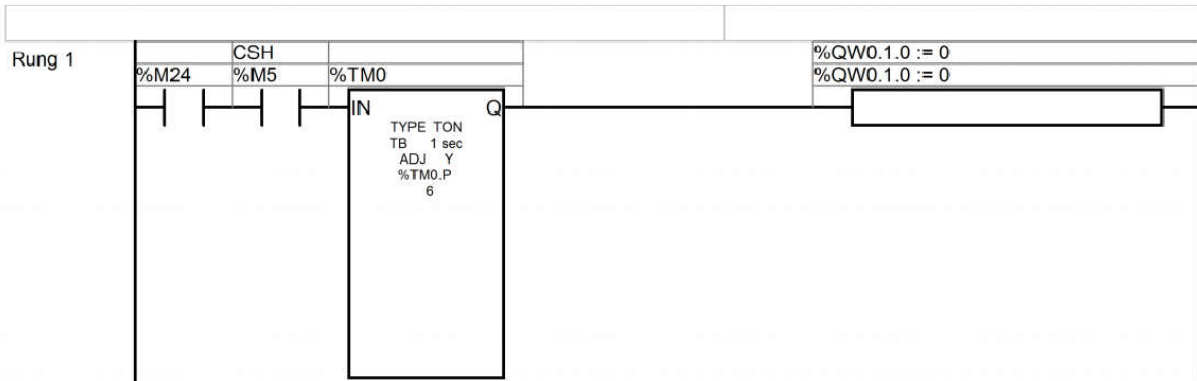
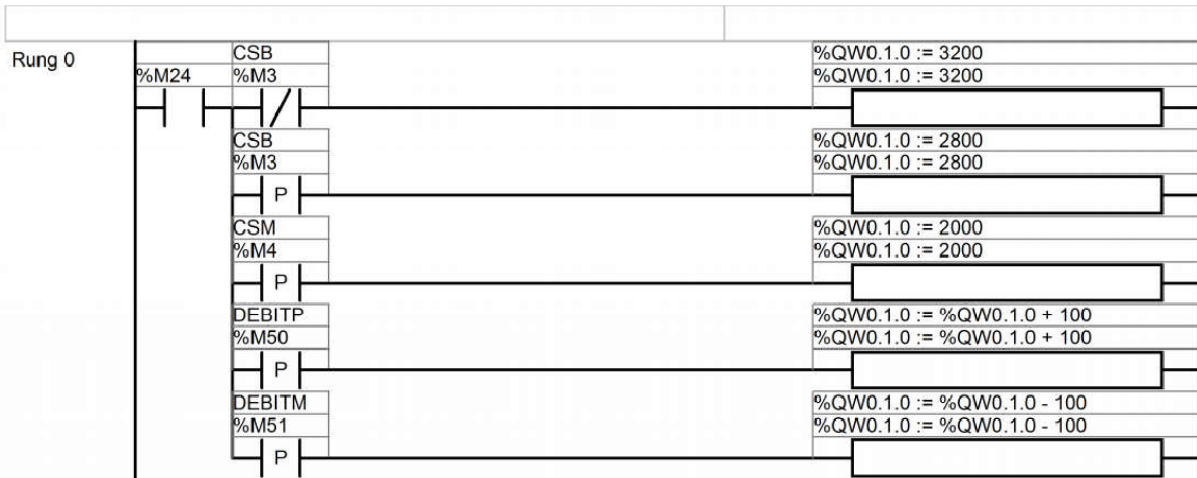
- □ □ La pompe tourne à 50% de sa puissance jusqu'au niveau HAUT Puis s'arrête lorsque le niveau d'eau de la cuve est HAUT ;

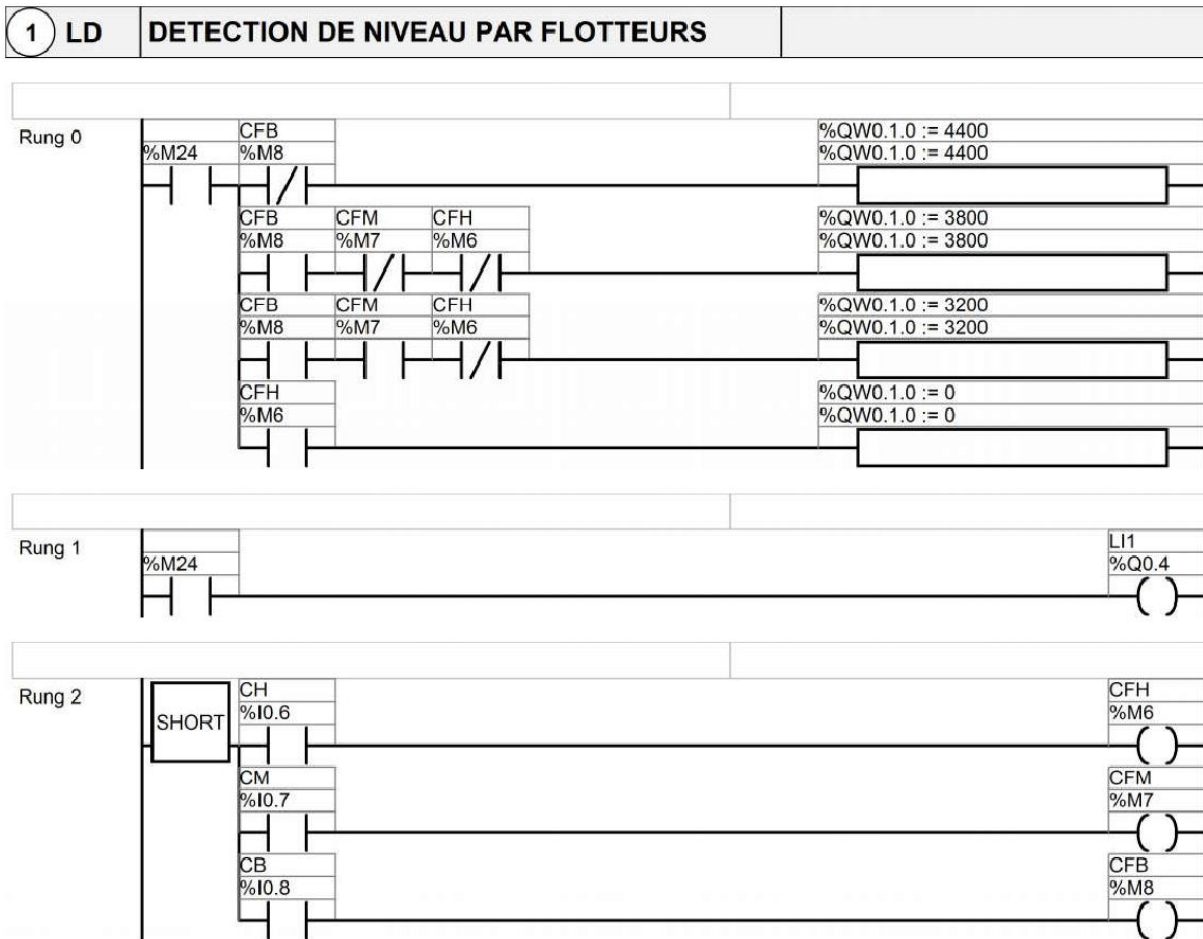
## 2. Gestion de niveau par des sondes conductrices

- □ □ Mémorisation des détecteurs à sondes dans un bit interne (%M) ;
- □ □ Mémorisation le débit de la pompe dans un mot interne (%QW) ;
- □ □ Lorsque le niveau d'eau atteint la sonde niveau BAS, Vous pouvez alors modifier le débit de la pompe en appuyant sur les touches + ou - ;
- □ □ Lorsque l'eau atteint le niveau moyen, le débit de la pompe diminue ;
- □ □ Lorsque l'eau atteint le niveau HAUT, la pompe s'arrête. Vous pouvez ouvrir la vanne pour que le cycle recommence.

### III.5.1.3 Programme en LADDER réalisé sous logiciel TwidoSuite

**1 LD DETECTION DE NIVEAU PAR SONDES CONDUCTRICE**





### III.5.2 La commande PID

Le régulateur PID, appelé aussi correcteur PID (proportionnel, intégral, dérivé) est un système de contrôle permettant d'améliorer les performances d'un asservissement, c'est-à-dire un système ou procédé en boucle fermée. C'est le régulateur le plus utilisé dans l'industrie où ses qualités de correction s'appliquent à de multiples grandeurs physiques.

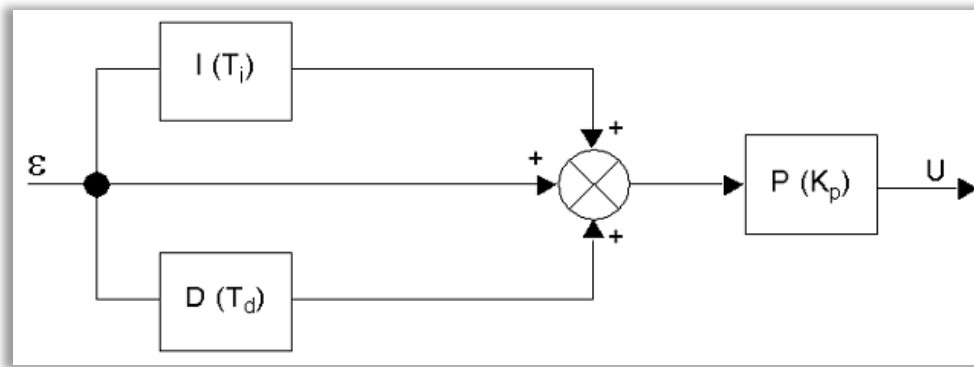
La fonction du contrôle PID intégrée à tous les automates Twido permet de contrôler efficacement les processus industriels simples qui comprennent un déclencheur système (appelé consigne dans ce document) et une propriété mesurable du système (appelé mesure ou variable de régulation). [26]

#### III.5.2.1 Modèle du PID de l'automate

L'automate PID Twido implémente une correction PID mixte (série – parallèle) (figure III.5).

A partir d'une mesure et d'une consigne analogiques au format [0 – 10 000] le correcteur PID fournit une commande analogique au processus contrôlé.

La forme mixte du modèle de l'automate PID est décrite dans le schéma suivant :



**Figure III.5** Modèle du PID de l'automate

Où :

I = action intégrale (agissant indépendamment et parallèle à l'action dérivée),

D = action dérivée (agissant indépendamment et parallèle à l'action intégrale),

P = action proportionnelle (agissant en série sur la sortie associée des actions intégrales et dérivées,

U = sortie du PID de l'automate (alimentation ultérieure comme entrée dans le processus contrôlé.)

### III.5.2.2 Loi du PID de l'automate

L'automate PID comprend une association mixte (série - parallèle) du gain de l'automate ( $K_p$ ) et des constantes de temps intégrales ( $T_i$ ) et dérivées ( $T_d$ ). Ainsi, la loi de régulation PID utilisée par l'automate Twido à la forme suivante (Eq.1) :

$$u(i) = K_p \cdot \left\{ \varepsilon(i) + \frac{T_s}{T_i} \sum_{j=1}^i \varepsilon(j) + \frac{T_d}{T_s} [\varepsilon(i) - \varepsilon(i-1)] \right\}$$

- Où

$K_p$  = Gain proportionnel de l'automate,

$T_i$  = Constante de temps intégrale,

$T_d$  = Constante de temps dérivée,

$T_s$  = Période d'échantillonnage,

$\varepsilon(i)$  = Ecart ( $\varepsilon(i)$  = consigne – variable de régulation.)

### III.5.2.3 Rôle et influence des paramètres PID

Les paramètres du régulateur PID sont le gain proportionnel  $K_p$ , le temps intégral  $T_i$  et le temps dérivatif  $T_d$ .

- **L'action proportionnelle :**

$$P = K_p \varepsilon(t)$$

Le rôle de l'action proportionnelle est de minimiser l'écart  $\varepsilon$  entre la consigne et la mesure et elle réduit le temps de monter et le temps de réponse. On constate qu'une augmentant du gain  $K_p$  du régulateur entraîne une diminution de l'erreur statique et permet d'accélérer le comportement global de la boucle fermée. Il doit prendre des valeurs de gain élevées pour accélérer la réponse du procédé mais on est limité par la stabilité de la boucle fermée. En effet, une valeur trop élevée du gain augmente l'instabilité du système et donne lieu à des oscillations.

- **L'action intégrale :**

$$I = \frac{1}{T_i} \int_0^t \varepsilon(t) dt$$

L'action intégrale agit proportionnellement à la surface de l'écart entre la consigne et la mesure, et elle poursuit son action tant que cet écart n'est pas nul. On dit que l'action intégrale donne la précision statique (Elle annule l'erreur statique). L'action intégrale est conditionnée par le temps d'intégrale  $T_i$ .

- **Le terme dérivatif :**

$$D = T_d \frac{d\varepsilon(t)}{dt}$$

Elle est une action qui tient compte de la vitesse de variation de l'écart entre la consigne et la mesure, elle joue aussi un rôle stabilisateur, contrairement à l'action intégrale. En effet, elle délivre une sortie variant proportionnellement à la vitesse de variation de l'écart  $\varepsilon$

Le comportement des systèmes change en fonction du changement des actions de régulateur. Le tableau (8) résume l'influence sur les performances du système, par rapport aux paramètres  $K_p$ ,  $T_i$  et  $T_d$ .

**Tab.8 Synthèse sur les actions PID**

Action	Points forts	Points faibles
P	Action instantanée	Ne permet pas d'annuler une erreur statique mais permet de la réduire
I	Annule l'erreur statique	Action lente Ralentit le système (effet déstabilisant)
D	Action très dynamique Améliore la rapidité Apporte un effet Stabilisant	Forte sollicitation de l'organe de commande

### III.5.2.4 Méthodes de réglages des paramètres PID

Le problème de la détermination des régulateurs est connu par la synthèse des systèmes bouclés. Les méthodes de synthèse sont très nombreuses et une classification rigoureuse n'est pas une tâche facile. Néanmoins, on distingue les deux types de méthodes :

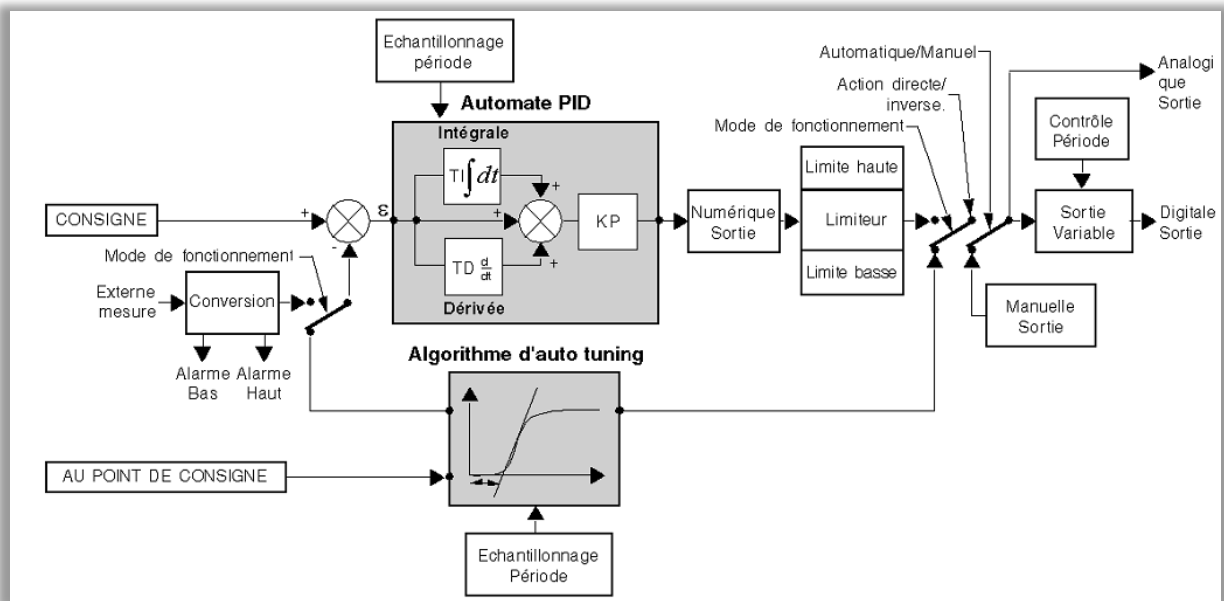
#### ❖ Méthode d'auto tuning AT de la fonction PID

L'algorithme d'auto tuning de la fonction PID est un processus en boucle ouverte qui agit directement sur le processus de contrôle sans régulation ni autre limitation que celles définies par la limite de la variable du processus et la consigne de sortie.

L'auto tuning de la fonction PID permet de déterminer automatiquement et correctement les valeurs des quatre éléments du PID suivants :

- ❖ Le facteur de gain ;
- ❖ La valeur de l'intégrale ;
- ❖ La valeur de la dérivée.

Le schéma suivant décrit le principe de fonctionnement de la fonction AT, ainsi que son interaction avec les boucles PID :



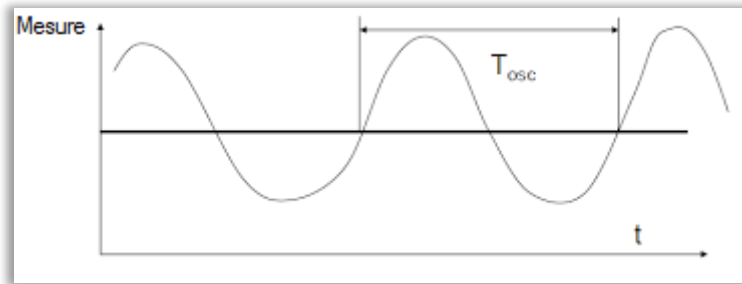
**Figure III.6 Principe de fonctionnement de l'auto tuning**



### ❖ méthode de Ziegler Nichols en boucle fermée

Cette méthode est la plus connue des méthodes pratiques de réglage des boucles de régulation. L'avantage de cette méthode est qu'il n'y a pas besoin de connaître la fonction de transfert du procédé et que le réglage se fait directement sur le site en chaîne fermée.

Ce principe consiste à utiliser une commande proportionnelle ( $T_i = \infty$  ;  $T_d = 0$ ) pour démarrer le processus, en augmentant la production jusqu'à ce que l'oscillation recommence après application d'un niveau à la consigne du correcteur PID. Il suffit d'augmenter le niveau de production critique ( $K_{pc}$ ) qui a entraîné l'oscillation non amortie, et d'augmenter la période d'oscillation ( $T_{osc}$ ) pour réduire les valeurs, permettant ainsi une régulation optimale du régulateur.



**Figure III.7 Procédés en oscillations entretenues en boucle fermée**

Ziegler et Nichols proposent alors les valeurs de réglage du tableau suivant (tab.)

**Tab.9 Tableau pour le calcul des paramètres PID**

action	$K_p$	$T_i$	$T_d$
PID mixte	$K_{pc}/1.7$	$T_{osc}/2$	$T_{osc}/8$
PI	$K_{pc}/2.22$	$0.83 \times T_{osc}$	-

Où  $K_p$  = production proportionnelle,  $T_i$  = temps d'intégration et  $T_d$  = temps de diversion

#### III.5.2.5 configuration de l'automate PID au TwidoSuite

- Le tableau suivant présente la démarche à suivre pour accéder aux écrans de configuration d'un PID :

**Tab.10 accès aux écrans de configuration d'un PID**

Si ...	Alors ...	Résultat
Vous êtes en mode connecté.	Sélectionnez <b>Programme</b> → <b>Mise au point</b> → <b>Surveiller la configuration du logiciel</b> → <b>Objets avancés</b> → <b>PID</b> .	Vous accédez à l'onglet Animation et aux paramètres de mise au point et de réglage.
Vous êtes en mode local.	Sélectionnez <b>Programme</b> → <b>Configurer</b> → <b>Configurer les données</b> → <b>Objets avancés</b> → <b>PID</b> .	Vous accédez à l'onglet par défaut Général et aux paramètres de configuration.

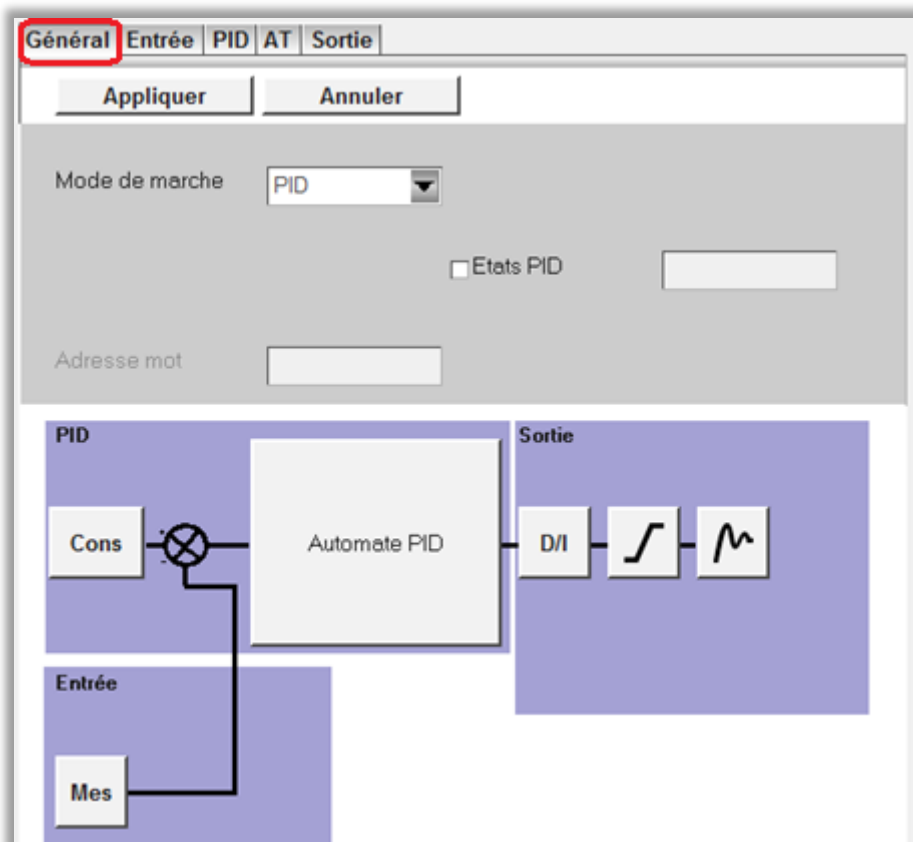
- Le tableau ci-dessous permet de sélectionner le PID souhaité pour la configuration ou la mise au point.

**Tab.11 Le PID souhaité pour la configuration**

Tous		
Utilisé	Adresse	Configuré
<input checked="" type="checkbox"/>	PID 0	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	PID 1	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	PID 2	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	PID 3	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	PID 4	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	PID 5	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	PID 6	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	PID 7	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	PID 8	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	PID 9	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	PID 10	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	PID 11	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	PID 12	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	PID 13	<input type="checkbox"/>

### 1. Onglet Général de la fonction PID

L'écran suivant permet de renseigner les paramètres généraux du PID.



**Figure III.8 Les paramètres généraux du PID**

- **PID numéro**

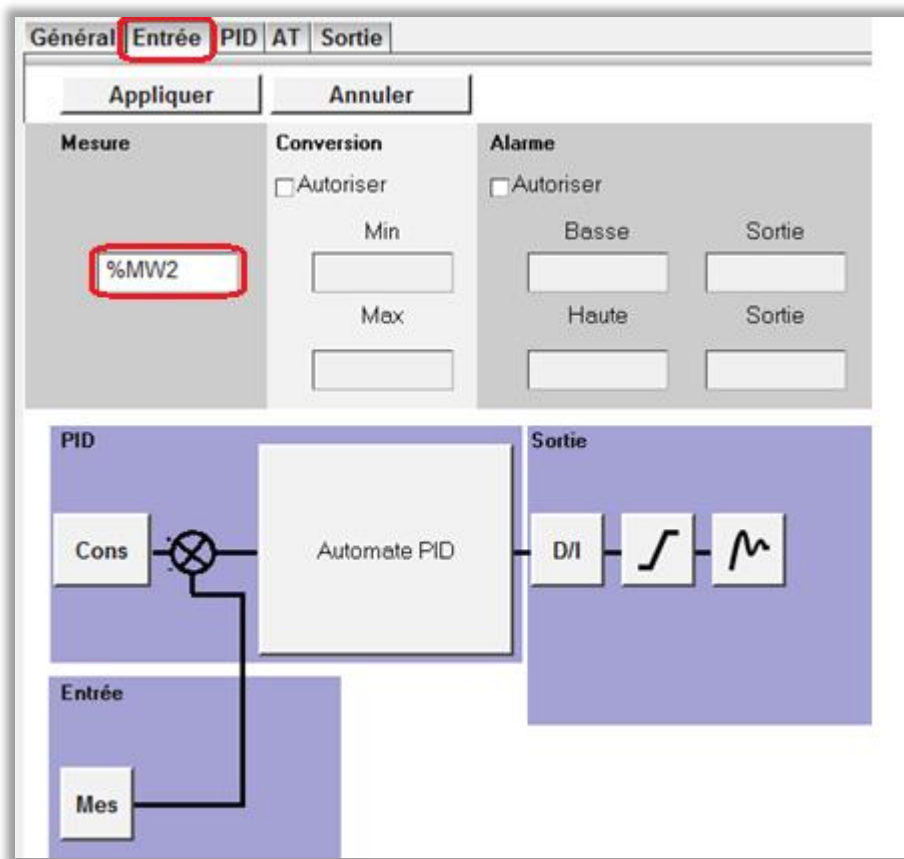
Indiquez ici le numéro de la fonction PID à configurer. La valeur est comprise entre 0 et 13, soit 14 PID maximum par application.

- **Configuré**

Cette case doit être cochée pour pouvoir configurer la fonction PID. Si tel n'est pas le cas, aucune action ne peut être effectuée dans ces écrans et la fonction PID, bien qu'existant dans l'application, ne peut pas être utilisée

## 2. Onglet Entrée de la fonction PID

L'écran suivant permet de renseigner les paramètres d'entrée du PID.



**Figure III.9 Les paramètres d'entrée du PID**

- **Mesure**

Indiquez ici la variable qui contiendra la valeur de la mesure du processus à réguler. L'échelle par défaut est comprise entre 0 et 10 000.

Vous pouvez saisir soit un mot interne comme notre mesure %MW2 ou une entrée analogique (%IWx.0 a %IWx.1).

- **Conversion**

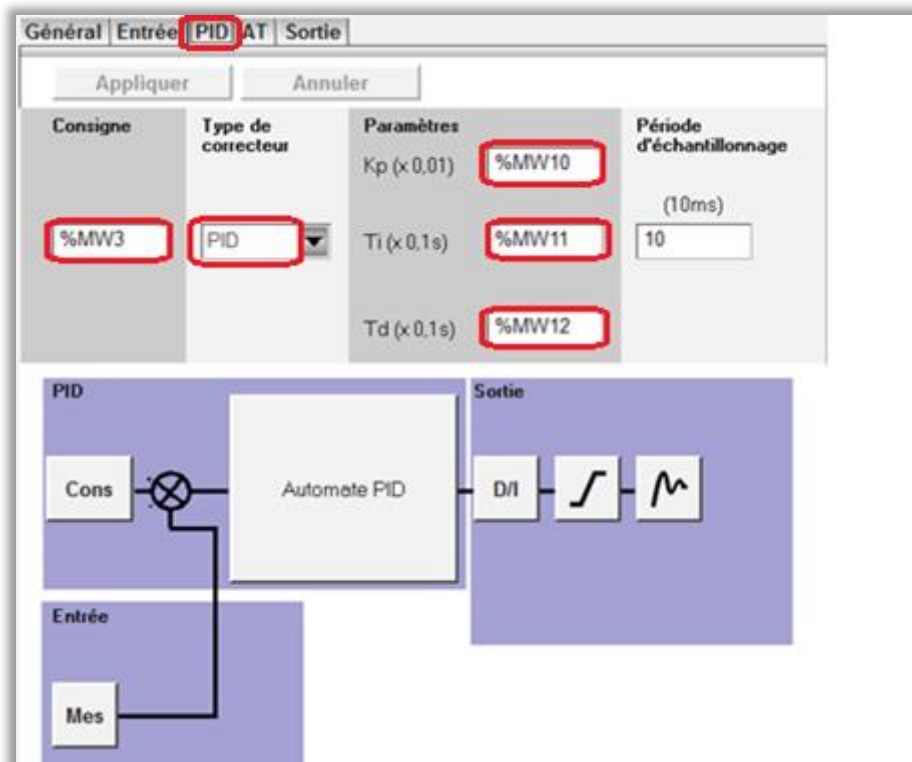
Cochez cette case si vous désirez effectuer une conversion de la variable du processus indiquée en entrée du PID.

Si cette case est cochée, les deux champs Valeur min et Valeur max sont accessibles.

La conversion est linéaire et convertit une valeur comprise entre 0 et 10 000 en une valeur dont les minimum et maximum peuvent être compris entre -32 768 et +32 767.

### 3. Onglet PID de la fonction PID

Cet onglet permet de renseigner les paramètres internes de la fonction PID.



**Figure III.10 Les paramètres internes de la fonction PID**

- **Consigne**

Saisissez ici la valeur de consigne de la fonction PID. Cette valeur et le mot interne %MW3

Cette valeur doit donc être comprise entre 0 et 10 000 lorsque la conversion est inhibée. Sinon, elle doit être comprise entre les valeurs minimum et maximum pour la conversion.

- **Type de correcteur**

Si vous avez préalablement sélectionné le mode de fonctionnement PID dans l'onglet Général, vous pouvez sélectionner le type de correcteur souhaité (PID ou PI) dans la liste déroulante.

- **Kp \* 100**

Indiquez ici le coefficient proportionnel de la fonction PID multiplié par 100. Cette valeur prend le mot interne %MW10.

La plage valide pour le paramètre  $K_p$  est :  $0 < K_p < 10000$ .

**Remarque :** Si  $K_p$  est défini de manière incorrecte sur 0 ( $K_p \leq 0$  est non valide), la valeur par défaut  $K_p=100$  est automatiquement affectée par la fonction PID.

- **Ti (0,1 s)**

Indiquez ici le coefficient d'action intégrale par rapport à une base temps de 0,1 seconde.

Cette valeur prend le mot interne %MW11, Elle doit être comprise entre 0 et 20 000.

- **Td (0,1 s)**

Indiquez ici le coefficient d'action dérivée par rapport à une base temps de 0,1 seconde.

Cette valeur prend le mot interne %MW11, Elle doit être comprise entre 0 et 10 000.

- **Période d'échantillonnage**

Indiquez ici la période d'échantillonnage PID par rapport à une base de temps de  $10^{-2}$  secondes (10 ms).

Cette valeur prend le mot interne %MW12, Elle doit être comprise entre 1 (0,01 s) et 10 000 (100 s).

#### 4. Onglet AT de la fonction PID

L'écran suivant permet d'activer/désactiver la fonction AT et de paramétrer cette dernière.

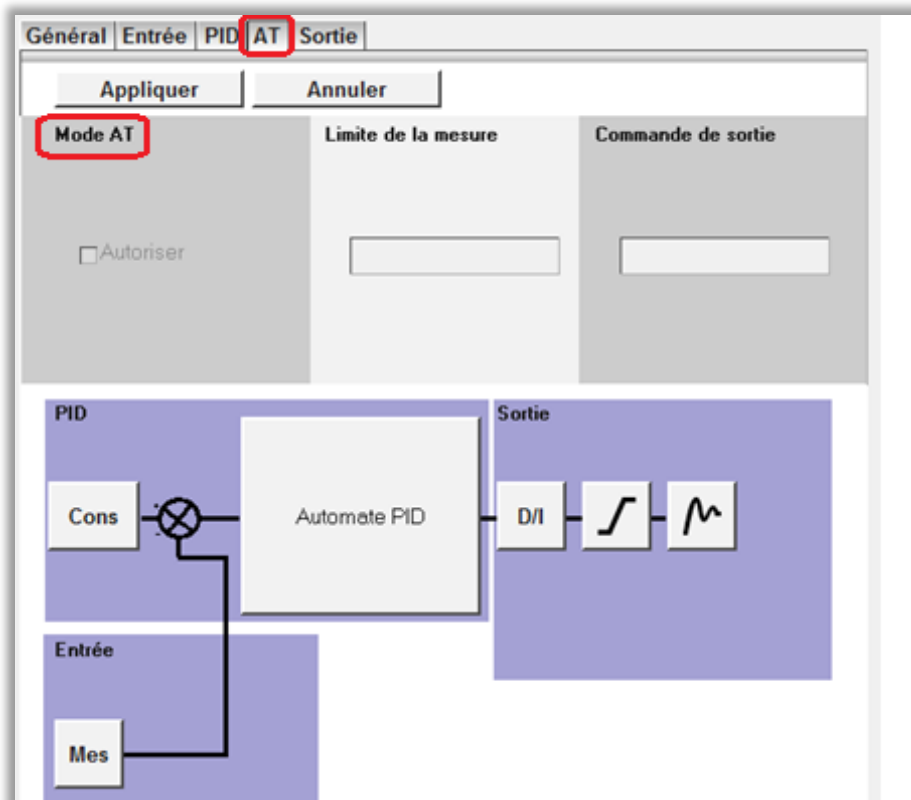


Figure III.11 La configuration de la fonction AT

- **Objectif de l'auto tuning**

La fonction AT de l'automate Twido est spécifiquement adaptée au réglage automatique des processus thermiques. Etant donné que les valeurs des paramètres PID peuvent varier considérablement d'une régulation à une autre, la fonction d'auto tuning fournie par l'automate Twido peut vous aider à déterminer des valeurs plus précises que celles basées sur vos hypothèses et ce, avec moins d'effort.

## 5. Onglet Sortie de la fonction PID

Cet onglet permet de renseigner les paramètres de sortie de la fonction PID.

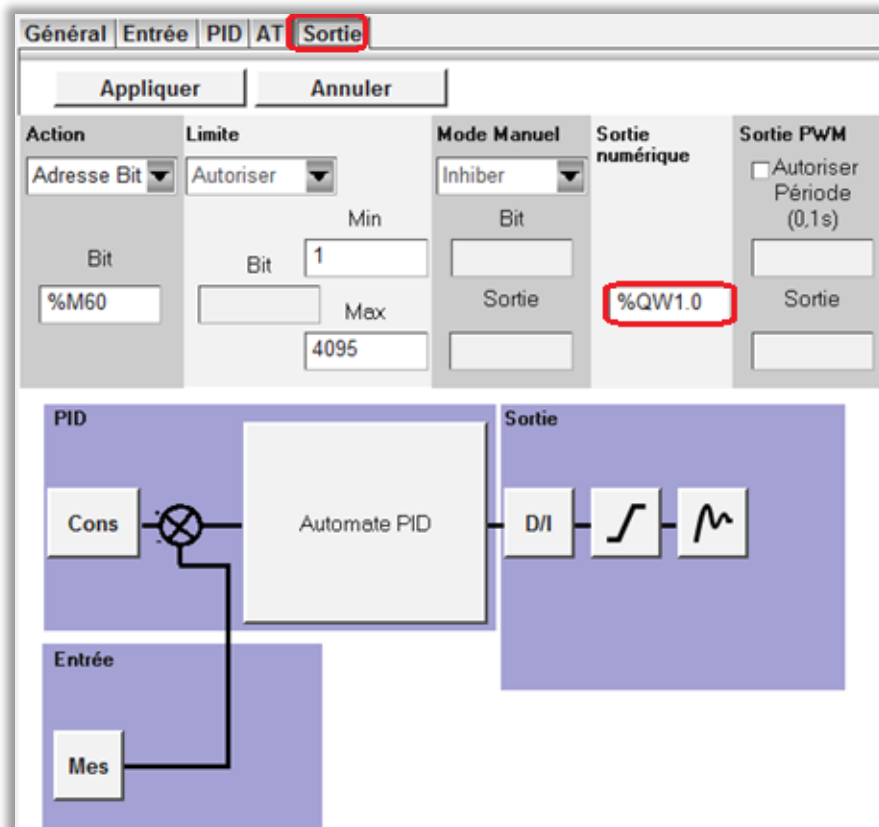


Figure III.12 Les paramètres de la sortie PID

- **Action**

Indiquez ici le type d'action de la fonction PID sur le processus. Trois options sont disponibles : **Inverse**, **Directe** ou **adresse bit**.

Si vous avez sélectionné **adresse bit**, vous pouvez modifier ce type par programme, en modifiant le bit associé qui est le bit interne %M60.

L'action est directe si le bit est à 1, et inverse dans le cas contraire.

- **Limites Bit**

Indiquez ici si vous désirez limiter la sortie de la fonction PID. Trois options sont disponibles :

**Autoriser, Inhiber** ou **adresse bit**.

Si vous avez sélectionné **adresse bit**, vous pouvez autoriser (bit à 1) ou inhiber (bit à 0) la gestion des limites par programme, en modifiant le bit associé qui est soit un bit interne (%M0 à %M255), soit une entrée (%Ix.0 à %Ix.32).

- **Min. Max.**

Définissez ici les limites haute et basse pour la sortie du PID, comprise entre 1 et 4095

- **Mode Manuel Bit Sortie**

Indiquez ici si vous désirez activer le mode Manuel pour la fonction PID.

Trois options sont disponibles : **Autoriser, Inhiber** ou **adresse bit**.

Si vous avez sélectionné **adresse bit**, vous pouvez passer en mode Manuel (bit à 1) ou en mode automatique (bit à 0) par programme.

- **Sortie analogique**

Indiquez ici la sortie de la fonction PID en mode automatique. Cette Sortie analogique peut être de type %QW1.0.

- **Sortie PWM**

Cochez cette case si vous souhaitez utiliser une sortie TOR.

### III.5.2.6 Description des entrées/ sorties dans la commande PID du REGULEAU

#### 1. Entrées PID

**Tab.12 Entrées automate PID**

Réf entrées automate	Description des entrées	Réf ladder
<b>Détecteur de pression hydrostatique</b>		
IW1.1	Entrée analogique du capteur (mesure)	MSR
<b>Onglet PID</b>		
MW3	Consigne	CONSG

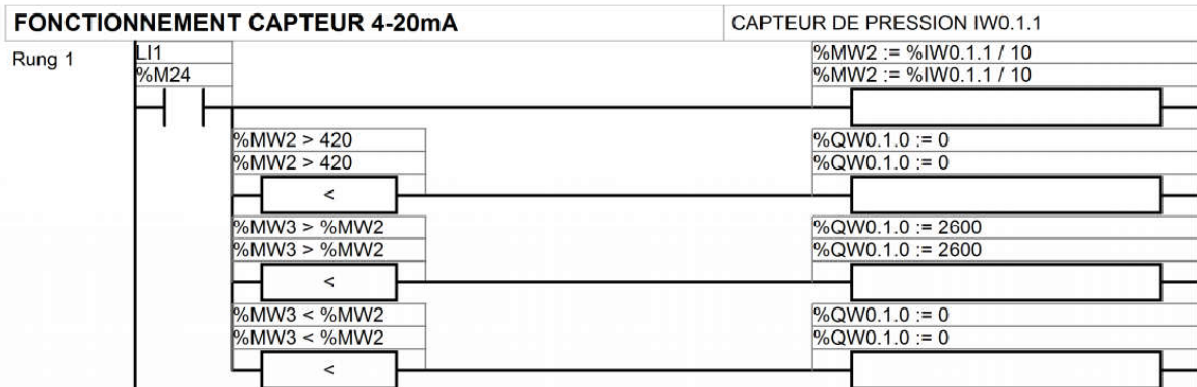
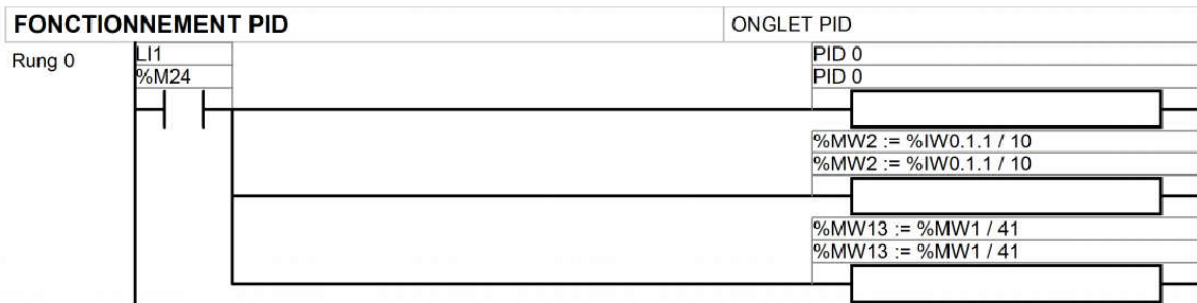
2. Sortie PID

Tab.13 Sortie automate PID

Réf sorties automate	Description des sorties	Réf ladder
<b>vitesse de référence</b>		
QW1.0	varier la vitesse du moteur	AI1

III.5.2.7 Programme PID écrit sous logiciel TwidoSuite

1	<b>LD</b>	<b>DETECTION PAR CAPTEUR DE PRESSION 4-20mA + PID</b>
---	-----------	---

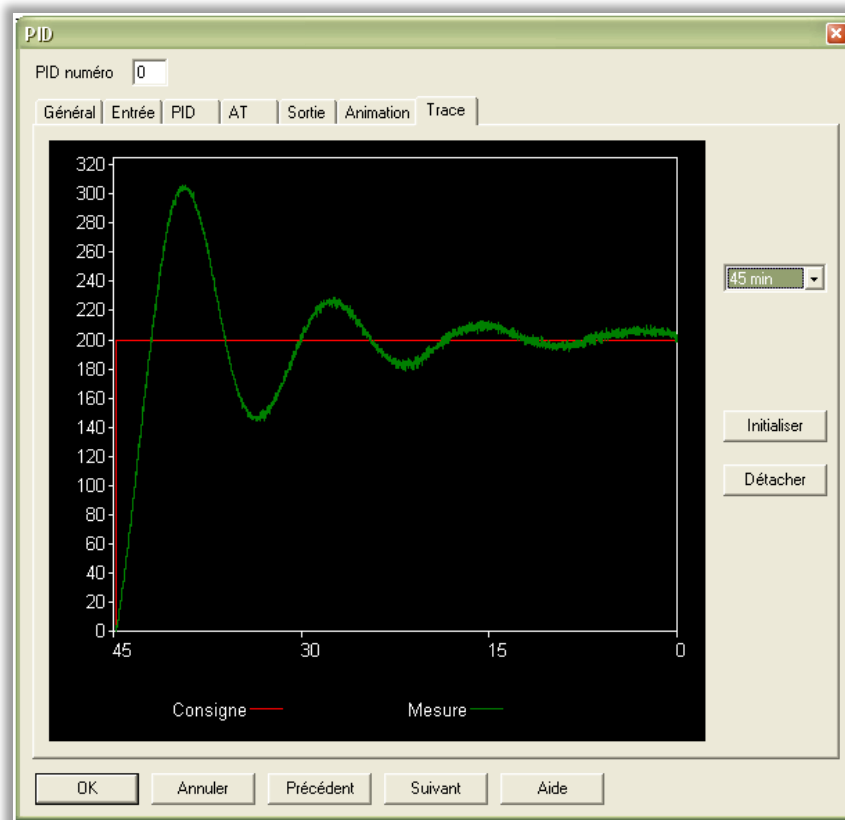




### III.5.2.8 Ecran Trace de la fonction PID

Cet écran permet de visualiser le fonctionnement du PID et d'effectuer ses réglages.

Le tracé des courbes débute dès l'affichage de la fenêtre de mise au point.



**Figure III.13 écran trace de la fonction PID**

### III.6 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons exposé notre démarche qui a conduit à l'implémentation de notre travail.

En premier lieu, nous avons expliqué le choix des périphériques adéquats. Puis nous avons procédé à la configuration du matériel.

En deuxième lieu, nous avons montré la méthode de programmation des deux commandes de régulation TOR et les correcteurs PID à utiliser dans le système.

En dernier lieu nous avons vu la trace de la fonction PID et les résultats que nous avons trouvés sont concluants, à savoir une meilleure régulation de niveaux.



# Chapitre IV

---

LA SUPERVISION DU  
REGULEAU



## IV.1 Introduction

Les outils de supervision dans les milieux industriels sont nécessaires. L'opérateur a besoin d'un maximum de la vision à distance des organes physiques (capteurs et actionneurs). Cette vision s'obtient au moyen de l'interface Homme-Machine (IHM). Notre objectif dans ce chapitre est de réaliser une plateforme de supervision. .

## IV.2 Logiciel utilisé pour la supervision

Schneider Electric propose divers choix en termes de pupitre de supervision et de contrôle.

Dans notre cas, la supervision du REGULEAU se fait avec le logiciel Vijeo Designer.

Vijeo Designer permet de créer des écrans IHM dynamiques. Il combine différentes fonctions, telles que les objets en mouvement, les zooms, les indicateurs de niveau et de marche/arrêt et les commutateurs, le tout dans une simple application. L'utilisation de symboles animés permet de générer et de modifier un écran graphique très simplement (manuelle). [27]

## IV.3 Lancement du logiciel Vijeo Designer

1. Une fois le logiciel lancé, une fenêtre doit s'ouvrir vous proposant plusieurs possibilités :

Cliquez maintenant sur « Créer un nouveau projet » puis sur « Suivant ».

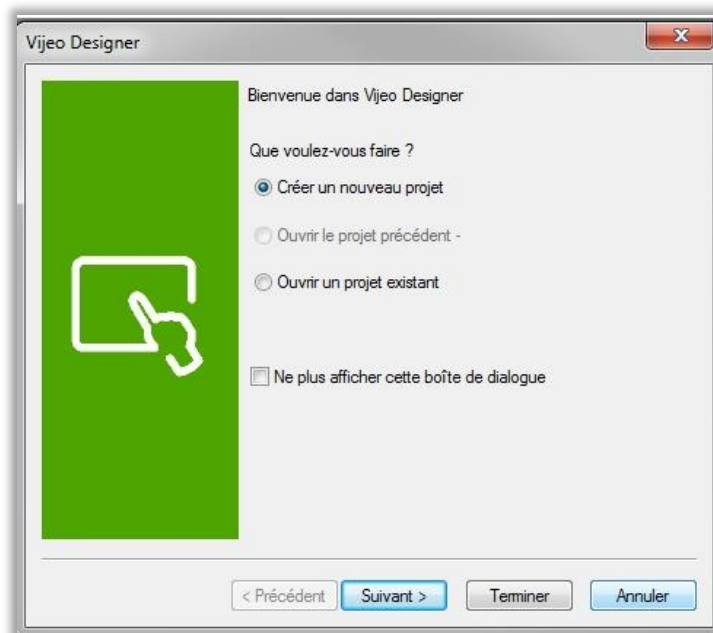
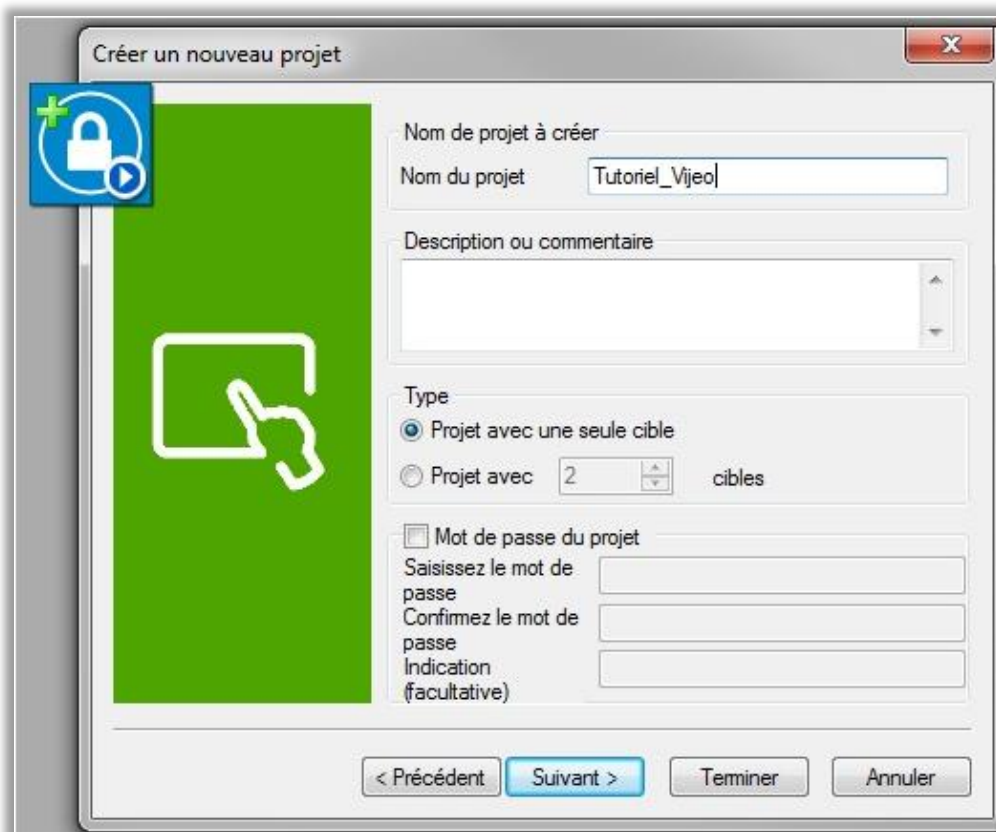


Figure IV.1 écran trace de la fonction PID

2. Dans la boîte de dialogue, configurer les champs suivants :

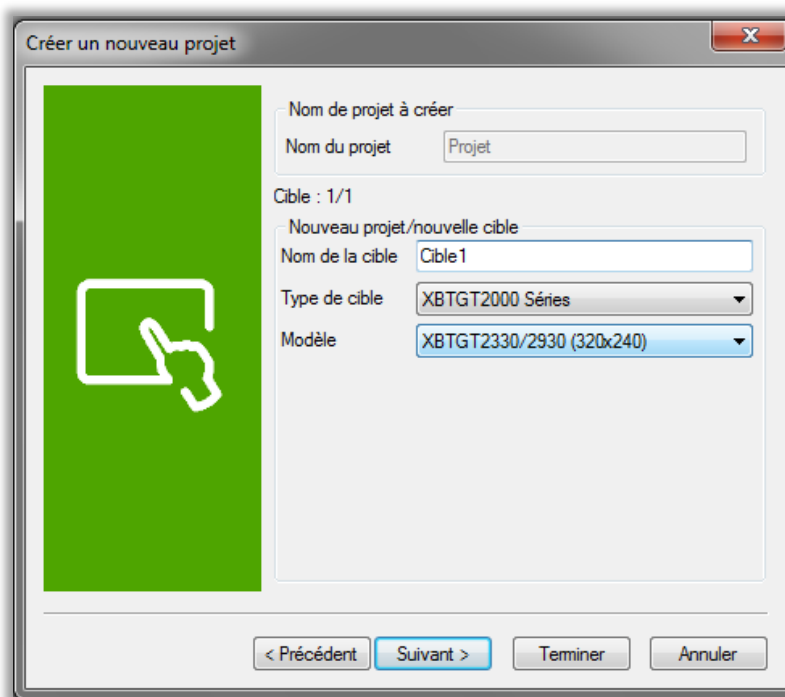
- Nom de projet : saisissez un nom pour le projet.
- Description ou commentaire : saisissez la description du projet, si nécessaire (ce champ est limité à 255 caractères).
- Type : Indiquer si votre projet dispose d'une cible ou plusieurs cibles, Si vous avez plusieurs cibles, indiquer le nombre.
- Mot de passe du projet : définir un mot de passe pour protéger l'accès à votre programme.



**Figure IV.2 configuration des champs sur Vijeo Designer**

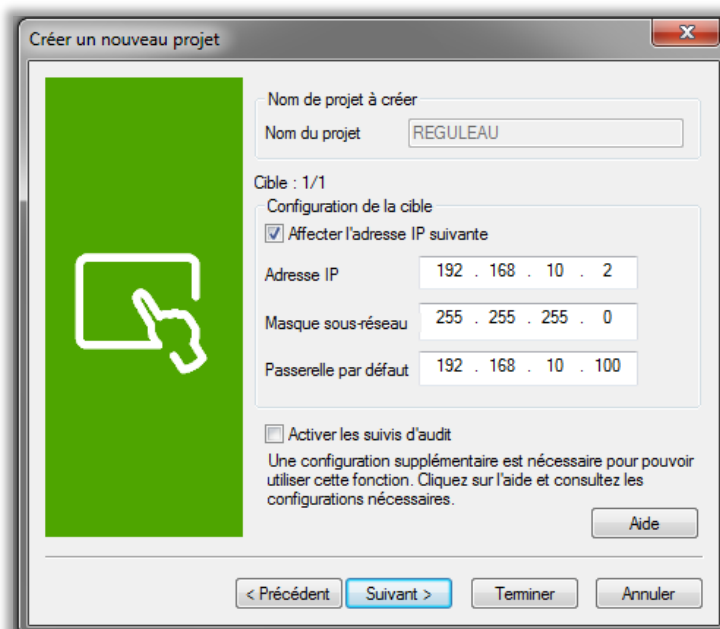
3. Configurer les champs suivants pour cette boîte de dialogue :

- Nom de la cible : saisir un nom pour votre cible.
- Type de cible : Il faut définir à présent quel matériel correspond à notre cible.
- Modèle : sélectionner votre modèle de cible à partir de la liste modèle.



**Figure IV.3 configuration du type et le modèle de la cible XBTGT**

4. Vous pouvez configurer une adresse IP pour votre IHM si vous souhaitez communiquer via un réseau Ethernet. Pour notre projet nous allons communiquer avec l'automate TWIDO en utilisant le protocole Modbus/TCP. Cliquez sur « Affecter l'adresse IP suivante » puis indiquez l'adresse IP comme montré ci-dessous.



**Figure IV.4 configuration de l'adresse IP pour l'IHM**

#### IV.4 Création d'écrans IHM du REGULEAU

L'application Vijeo Designer que nous avons élaborée permet de contrôler la commande du REGULEAU qui est constituée de sept (7) écrans.

##### IV.4.1 Ecran d'accueil

Il s'agit de l'écran principal de notre projet (Figure) qui sera tout le temps visible sur le pupitre, Elle contient les informations de l'université et les noms des concepteurs. Cette fenêtre permet aussi l'accès aux écrans suivants.

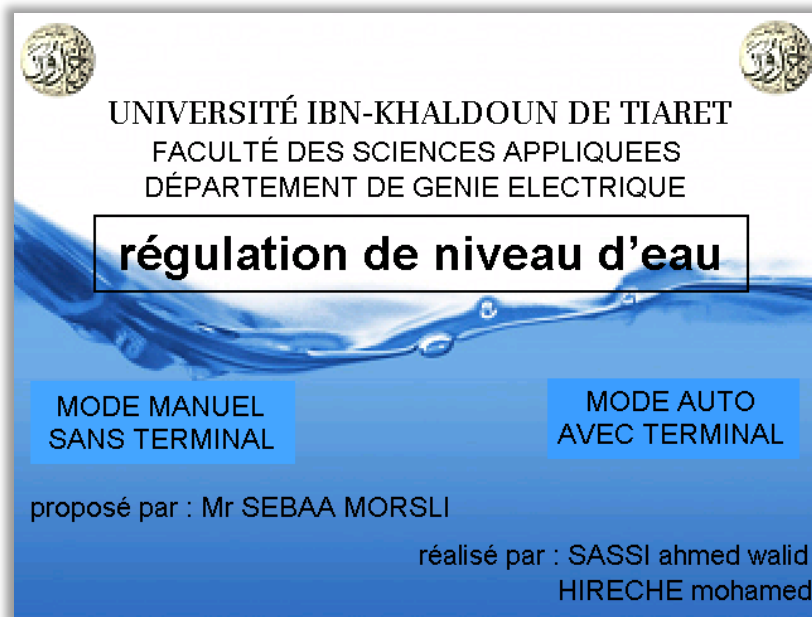


Figure IV.5 Vue d'accueil

##### IV.4.2 Ecran Fonctions

La figure IV.6 représente les différents modes de fonctionnement du REGULEAU. Elle Permet aussi le retour à l'écran d'accueil.

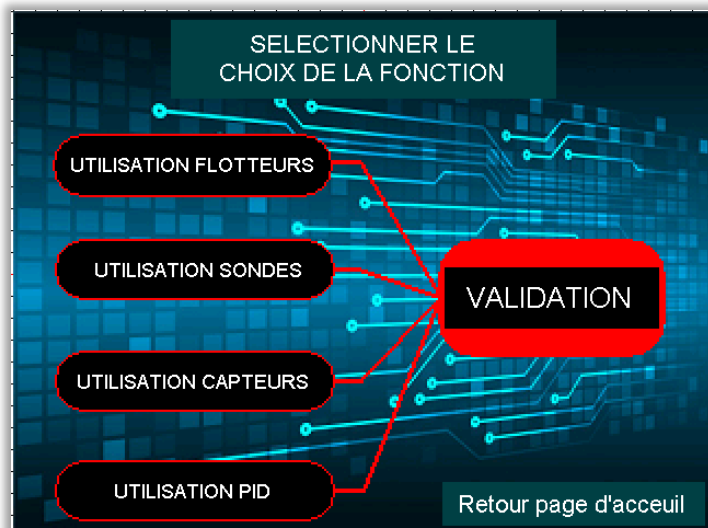


Figure IV.6 Vue fonction



#### IV.4.3 Ecran Mode Manuel

Dans ce mode l'écran tactile n'est pas opérationnel. Seuls les boutons MARCHE et ARRET sur la platine de commande permettent de commander la pompe. Les détections de niveaux ne sont pas actives.

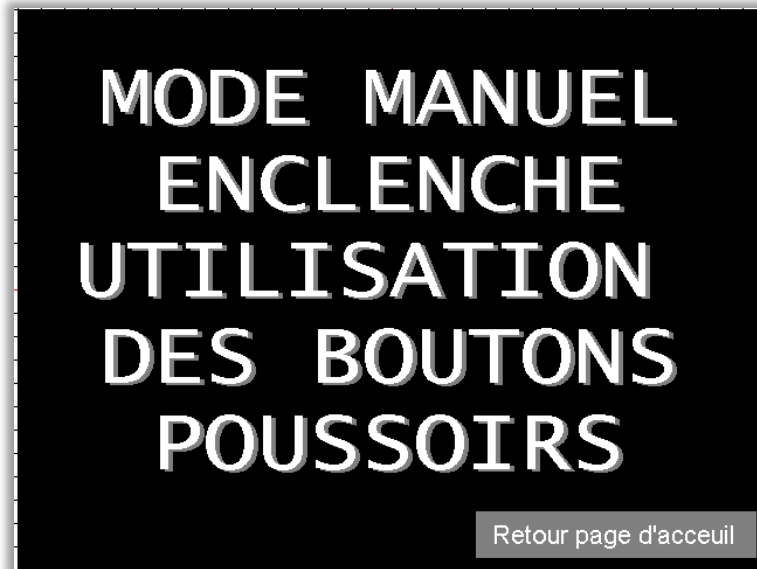


Figure IV.7 mode manuel

#### IV.4.4 Ecran Flotteurs

Dans cette vue (figure IV.8) se trouve la détection de niveau d'eau par flotteurs

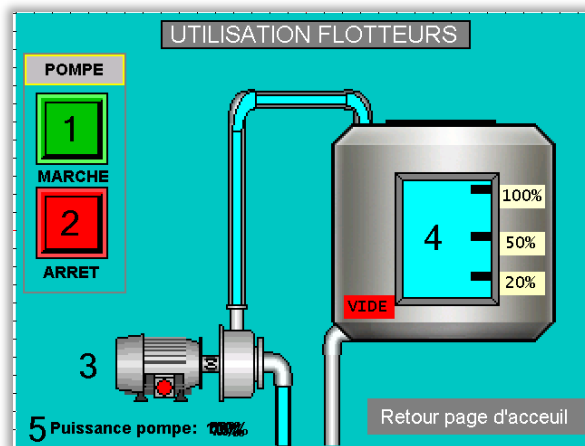


Figure IV.8 Vue Flotteurs

- 1) Bouton Marche
- 2) Bouton Arrêt
- 3) Pompe avec son voyant
- 4) Cuve avec niveaux d'eau
- 5) Indique la puissance de la pompe

#### IV.4.5 Ecran Sondes

Cette vue (figure IV.9) représente la détection de niveau d'eau par sondes

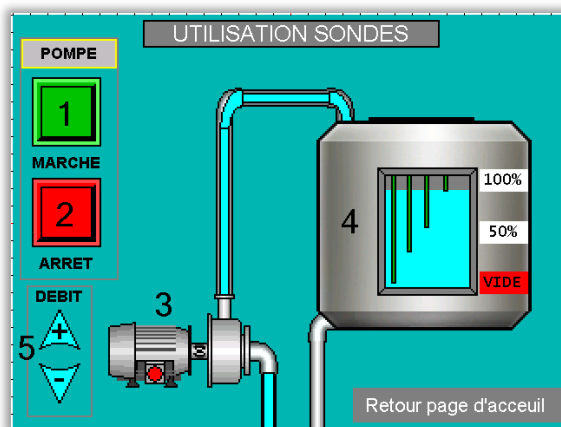


Figure IV.9 Vue Sondes

- 1) Bouton Marche
- 2) Bouton Arrêt
- 3) Pompe avec son voyant
- 4) Cuve avec niveaux d'eau (Sondes)
- 5) Bouton à deux actions Permet de modifier le débit de la pompe

#### IV.4.6 Ecran Capteur hydrostatique

Dans cette figure nous utilisons le capteur hydrostatique seul, pour la détection de niveau d'eau.

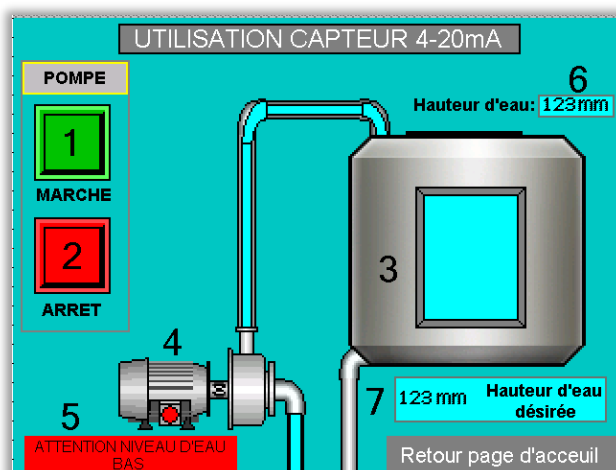


Figure IV.10 Vue Capteur hydrostatique

- 1) Bouton Marche
- 2) Bouton Arrêt
- 3) Cuve avec capteur de niveau hydrostatique
- 4) Pompe avec son voyant
- 5) Indique que le niveau d'eau dans la cuve est BAS
- 6) Indique le niveau d'eau dans la cuve
- 7) Permet de Rentrer la valeur d'eau désirée dans la cuve

#### IV.4.7 Ecran PID

Dans cet écran nous utilisons la détection du niveau d'eau par la régulation PID

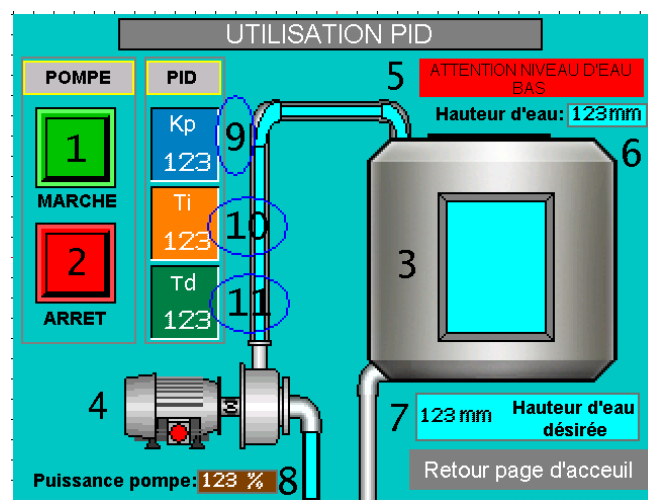


Figure IV.11 Vue PID

- 1) Bouton Marche
- 2) Bouton Arrêt
- 3) Cuve avec les niveaux de l'eau (Capteurs 4-20mA)
- 4) Pompe avec son voyant
- 5) Indique que le niveau de l'eau dans la cuve est BAS
- 6) Indique le niveau d'eau dans la cuve
- 7) Permet d'introduire la valeur de l'eau désirée dans la cuve
- 8) Indique la puissance de la pompe
- 9) Coefficient Kp pour la régulation par PID
- 10) Coefficient Ti pour la régulation par PID
- 11) Coefficient Td pour la régulation par PID

### IV.5 Paramétrage de protocole Ethernet TCP/IP entre l'API et l'IHM

Sélectionner **Gestionnaire d'Entrée/Sortie**, puis faire un double clic sur **ModbusTCP/IP01**

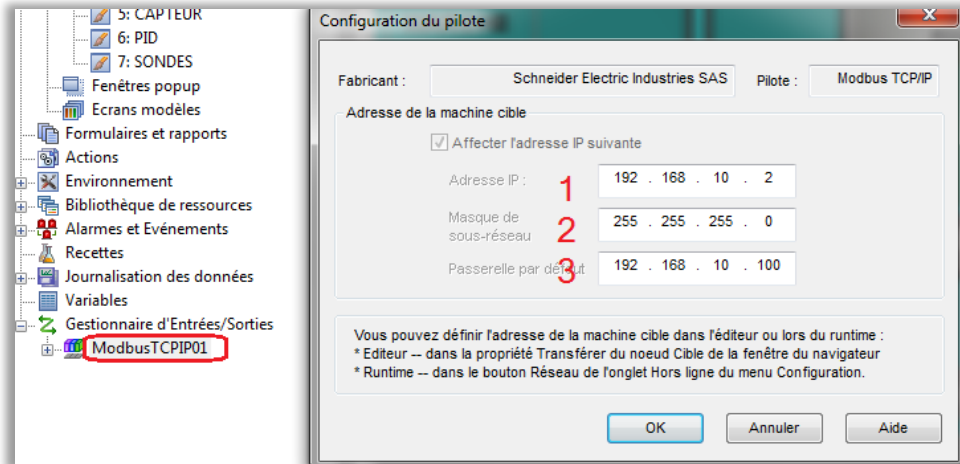


Figure IV.12 ModbusTCP/IP01

- 1) Adresse IP IHM
- 2) Masque de sous-réseau
- 3) Passerelle par défaut

Ensuite faire un double clic sur **EquipementModbus01** pour la configuration de l'équipement.

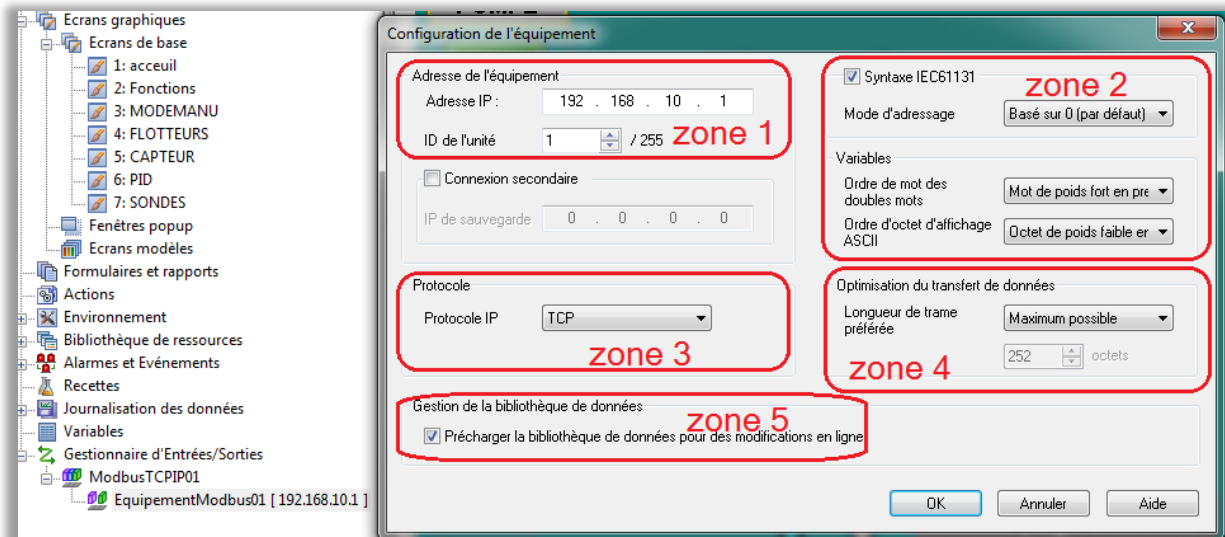


Figure IV.13 EquipementModbus01

**Zone 1 - Adresse de l'équipement :**

- Adresse IP : Indiquer ici l'adresse de l'automate dans lequel le terminal doit lire/écrire les données.
- ID de l'unité : Utilisez la valeur par défaut (255) pour communiquer avec d'autres équipements Modbus TCP/IP Ethernet.

**Zone 2 - Syntaxe IEC 61131et variables :**

- Syntaxe IEC1131 cochée : L'adresse est de la forme %MW0, %MW1, %M0, %M1, etc. (basé sur 0 pour TSX Micro, Premium, M340, Twido ou basé sur 1 pour le Quantum)

**Zone 3 – Protocole :**

- Protocole IP : laisser TCP

**Zone 4 - Optimisation du transfert de données :**

- Maximum possible : la longueur de trame maximum autorisée par le serveur est utilisée (l'optimisation est validée).

**Zone 5 - Gestion de la bibliothèque de données :**

- La fonction Précharger la bibliothèque de données pour des modifications en ligne permet de récupérer régulièrement les nouvelles adresses des variables non localisées de l'automate.

**IV.6 Paramétrage des adresses de communication**

Vous pouvez insérer tous les variables nécessaires pour cette procédure, cliquée sur variable, et choisir le type de variable à gérer, puis ajouté à cette variable une adresse.

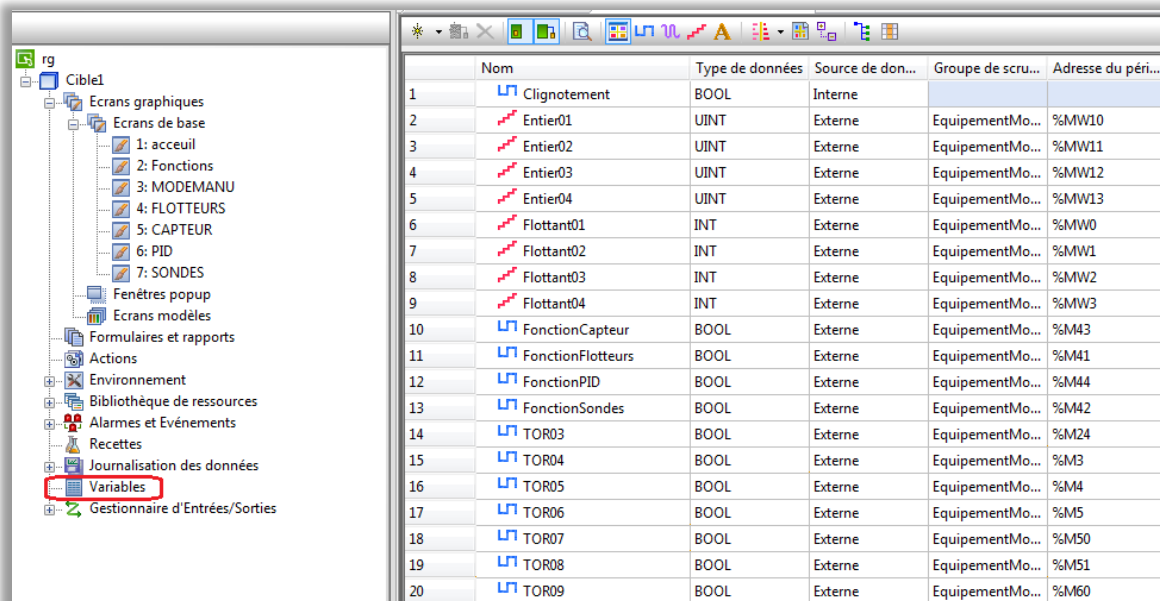
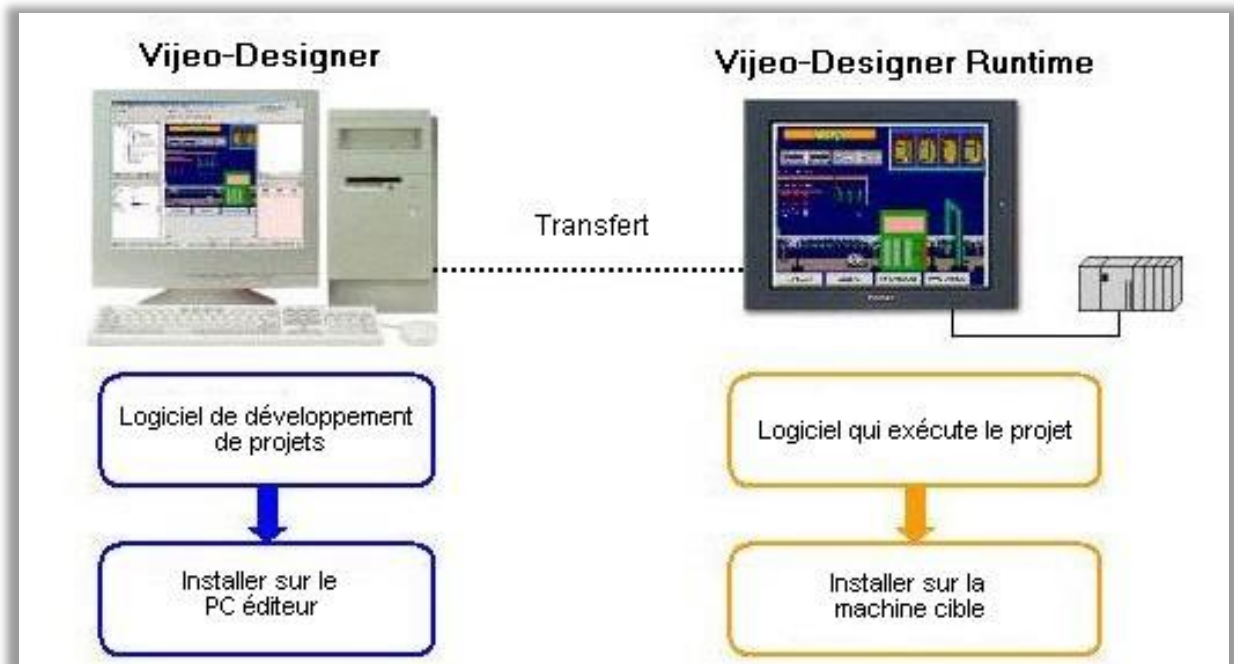


Figure IV.14 Ajout des variables sur Vijeo Designer

### IV.7 Transfert de projet REGULEAU

Une fois l'application utilisateur IHM est créée dans l'éditeur Vijeo Designer, on peut la transférer vers la machine cible. C'est-à-dire le magelis (afficheur) où nous allons afficher et exécuter nos applications d'écran avec Vijeo Designer Runtime.



**Figure IV.15 Transfert et exécution du projet sur la machine cible**

### IV.8 Conclusion

Dans ce dernier chapitre, consacré à la supervision du REGULEAU, nous avons décrit la supervision en précisant sa place dans le domaine de l'automatique et de la régulation, puis nous avons élaboré sous le logiciel Vijeo Designer les écrans qui permettent de suivre l'évolution du procédé, en fin, nous avons abouti à transférer et exécuter le projet avec vijeo designer runtime et d'intervenir directement sur la commande du processus.



# **Conclusion Générale**



Tout au long de ce projet de fin d'études, qui consiste à faire la commande et la supervision du Système de régulation de niveau REGULEAU, avec un Automate programmable industriel et Ecran tactile de marque Schneider Electric, nous avons eu la possibilité d'enrichir nos Connaissances sur la gestion de niveau et surtout sur le PID de l'automate et le variateur de Vitesse qui commande la pompe à débit variable régulant le niveau, nous avons appris la Programmation de l'automate Schneider Twido TWLDCAA24DRF, de plus, nous nous Sommes initié à des programmes sur le logiciel TwidoSuite, et faire la supervision et la Simulation à l'aide du logiciel Vijeo Designer.

Ensuite, nous avons proposé une solution de commande TOR avec deux programmes qui Contient les deux types de détection, par flotteurs et sondes conductrices et la deuxième Commande par le correcteur PID intégré. L'efficacité de la solution proposée a été illustrée en simulation sous le logiciel **TwidoSuite**.

Enfin en dernière partie, nous avons développé une plateforme de supervision basée sur **Vijeo Designer**. Cette plateforme permet à l'opérateur de suivre le fonctionnement du processus physique et d'intervenir en cas de défaillance ou de dysfonctionnement ou encore de modifier les conditions de fonctionnement.

Enfin nous pouvons dire que ce travail n'a pas été facile parce que nous avons rencontré beaucoup de problèmes durant sa réalisation, mais nous avons réussi à le réaliser grâce à la volonté de notre équipe.

En perspective, nous espérons qu'il y aura d'autres travaux pratiques sur ce sujet pour les promotions des années prochaines.



**Références**

**bibliographiques**

1. [https://www.academia.edu/8975059/La\\_r%C3%A9gulation\\_industrielle\\_notion\\_de\\_base?auto=download](https://www.academia.edu/8975059/La_r%C3%A9gulation_industrielle_notion_de_base?auto=download) (consulté le : 01.06.2020)
2. <https://fr.wikipedia.org/wiki/R%C3%A9gulation> (consulté le : 01.06.2020)
3. [https://www.univ-usto.dz/images/coursenligne/Polycopie\\_D\\_Rached.pdf](https://www.univ-usto.dz/images/coursenligne/Polycopie_D_Rached.pdf)
4. [https://www.academia.edu/40455627/Cours\\_R%C3%A9gulation\\_Industrielle\\_avec\\_exercices\\_corrig%C3%A9s](https://www.academia.edu/40455627/Cours_R%C3%A9gulation_Industrielle_avec_exercices_corrig%C3%A9s) (consulté le : 11.06.2020)
5. <https://langlois-france.com/fr/regulation/910-regulation-de-niveau-par-automate-et-ecran-tactile.html> (consulté le : 03.01.2020)
6. Manuelle du REGULEAU," Version CD 2.0.
7. <https://www.cats-france.fr/ac-dc-enclosed-power-supply-output-24vdc-at-1-8a-s--40--24>
8. <https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&q=Connecteur+Harting+ALIMENTATION> (consulté le : 01.06.2020)
9. <https://fr.rs-online.com/web/p/interrupteurs-de-position-de-securite/2964669/> (24.06.2020)
10. Manuelle REGULEAU," guide de mise en œuvre matériel," Edition 06/2011.
11. <https://blog.formatis.pro/ihm-tactiles-industrielles> (consulté le : 11.02.2020)
12. <http://dictionnaire.sensagent.leparisien.fr/Partie%20commande/fr-fr/> (con : 14.02.2020)
13. Manuelle automate programmable Twido guide de mise en œuvre matériel," Edition 06/2011.
14. <https://www.se.com/in/en/product/TM2AMM3HT/analog-input-output-module-m238---2-inputs-voltage-current-high-level---1-output/> (consulté le : 11.12.2019)
15. <http://blog.formatis.pro/twido> (consulté le : 13.06.2019)
16. <https://blog.formatis.pro/altivar-312> (consulté le : 13.06.2020)
17. [https://fr.wikipedia.org/wiki/Commutateur\\_r%C3%A9seau](https://fr.wikipedia.org/wiki/Commutateur_r%C3%A9seau) (consulté le : 13.06.2020)
18. <https://www.fichier-pdf.fr/2014/06/10/fiche-relais-thermique/fiche-relais-thermique.pdf>

19. [https://www.uvt.rnu.tn/resources\\_uvt/cours/Automates/chap1/co/Module\\_chap1\\_8.html](https://www.uvt.rnu.tn/resources_uvt/cours/Automates/chap1/co/Module_chap1_8.html)  
(consulté le : 13.05.2020)
20. <https://www.leguידeduCHAUFFAGE.com/pompe-de-surface.html> (consulté le : 18.05.2020)
21. <https://www.omega.fr/prodinfo/mesure-de-niveau.html> (consulté le : 18.04.2020)
22. <https://sitelec.org/cours/dereumaux/mesureniveau.htm> (consulté le : 18.04.2020)
23. <https://www.automation-sense.com/blog/automatisme/qu-est-ce-qu-un-capteur-de-niveau.html> (consulté le : 13.06.2020)
24. Manuelle TwidoSuite Version 2.3 Guide de programmation," Edition 06/2011.
25. [https://fr.wikipedia.org/wiki/Tout\\_ou\\_rien](https://fr.wikipedia.org/wiki/Tout_ou_rien) (consulté le : 18.06.2020)
26. [https://fr.wikipedia.org/wiki/R%C3%A9gulateur\\_PID](https://fr.wikipedia.org/wiki/R%C3%A9gulateur_PID) (consulté le : 12.03.2020)
27. Manuelle Vijeo Designer Didacticiel Version 5.1," Edition 01/2010.

## LISTE DES TABLEAUX

---

<b>Tableau-1</b> .....	Appareillages alimentation générale.....	07
<b>Tableau-2</b> .....	Appareillages poste de control.....	11
<b>Tableau-3</b> .....	Caractéristiques externes TwidoPort 499 TWD 01100.....	15
<b>Tableau-4</b> .....	Description altivar 312.....	16
<b>Tableau-5</b> .....	Entrées automate.....	25
<b>Tableau-6</b> .....	Sorties automate.....	25
<b>Tableau-7</b> .....	Sorties analogique d'automate.....	25
<b>Tableau-8</b> .....	Synthèse sur les actions PID .....	31
<b>Tableau-9</b> .....	Tableau pour le calcul des paramètres PID.....	32
<b>Tableau-10</b> .....	accès aux écrans de configuration d'un PID.....	32
<b>Tableau-11</b> .....	Le PID souhaité pour la configuration.....	33
<b>Tableau-12</b> .....	Entrées automate PID.....	38
<b>Tableau-13</b> .....	Sortie automate PID.....	39

## LISTE DES FIGURES

---

<b>Figure I.1</b> .....	shéma Régulation manuelle de niveau.....	3
<b>Figure-I 2</b> .....	shéma regulation automatique.....	4
<b>Figure-I 3</b> .....	la maquette REGULEAU.....	4
<b>Figure-I 4</b> .....	cuve inférieure de 100L.....	5
<b>Figure-I 5</b> .....	cuve supérieure de 60L.....	5
<b>Figure-I 6</b> .....	système de commande du REGULEAU.....	6
<b>Figure-I 7</b> .....	Pupitre alimentation générale.....	6
<b>Figure-I 8</b> .....	alimentation à découpage AC/DC.....	7
<b>Figure-I 9</b> .....	Diagramme fonctionnel de l'alimentation.....	7
<b>Figure-I 10</b> .....	connecteurs Harting AC/DC.....	8
<b>Figure-I 11</b> .....	Interrupteur à clef-langette XCS.....	8
<b>Figure-I 12</b> .....	Schéma de câblage.....	8
<b>Figure-II 1</b> .....	Structure du système automatisé REGULEAU.....	10
<b>Figure-II 2</b> .....	Poste de control.....	10
<b>Figure- II 3</b> .....	Face avant du Magelis XBT GT 2330.....	11
<b>Figure- II 4</b> .....	Face arrière du Magelis XBT GT 2330.....	12
<b>Figure- II 5</b> .....	L'équipement de l'armoire électrique.....	13
<b>Figure- II 6</b> .....	Automate TWIDO TWLDCAA24DRF.....	14
<b>Figure- II 7</b> .....	Module TM2AMM3HT avec le schéma de câblage.....	14
<b>Figure- II 8</b> .....	module TwidoPort 499 TWD 01100.....	15
<b>Figure- II 9</b> .....	Le variateur Altivar 312.....	16
<b>Figure- II 10</b> .....	Schémas de raccordement ATV312.....	17
<b>Figure- II 11</b> .....	Switch Ethernet GS605NA.....	17
<b>Figure- II 12</b> .....	le relais de protection thermique LRD07.....	18
<b>Figure- II 13</b> .....	la pompe de surface.....	18
<b>Figure- II 14</b> .....	Interrupteurs à flotteur.....	19
<b>Figure- II 15</b> .....	Détection à flotteurs et leur fonctionnement.....	19
<b>Figure- II 16</b> .....	sonde conductrice immergée.....	20

<b>Figure- II 17</b> .....	Détection par Sondes conductrices .....	20
<b>Figure-II 18</b> .....	Détection par capteur de niveau hydrostatique .....	21
<b>Figure- III 1</b> .....	Fenêtre principale de logiciel TwidoSuite .....	22
<b>Figure- III 2</b> .....	Décrire la base d'automate sur TwidoSuite. ....	23
<b>Figure- III 3</b> .....	Configuration du port de communication .....	23
<b>Figure- III 4</b> .....	Configuration adresse IP Ethernet 0.....	24
<b>Figure-III 5</b> .....	Modèle du PID de l'automate .....	29
<b>Figure-III 6</b> .....	Principe de fonctionnement de l'auto tuning .....	31
<b>Figure-III 7</b> .....	Procédés en oscillations entretenues en boucle fermée .....	32
<b>Figure- III 8</b> .....	Les paramètres généraux du PID .....	33
<b>Figure- III 9</b> .....	Les paramètres d'entrée du PID .....	34
<b>Figure- III 10</b> .....	Les paramètres internes de la fonction PID .....	35
<b>Figure- III 11</b> .....	La configuration de la fonction AT .....	36
<b>Figure- III 12</b> .....	Les paramètres de la sortie PID .....	37
<b>Figure- III 13</b> .....	écran trace de la fonction PID .....	40
<b>Figure- IV 1</b> .....	écran trace de la fonction PID .....	41
<b>Figure- IV 2</b> .....	configuration des champs sur Vijeo Designer .....	42
<b>Figure- IV 3</b> .....	configuration du type et le modèle de la cible XBTGT .....	43
<b>Figure- IV 4</b> .....	configuration de l'adresse IP pour l'IHM .....	43
<b>Figure- IV 5</b> .....	Vue d'accueil .....	44
<b>Figure- IV 6</b> .....	Vue fonction .....	44
<b>Figure- IV 7</b> .....	mode manuel .....	45
<b>Figure- IV 8</b> .....	Vue Flotteurs .....	45
<b>Figure- IV 9</b> .....	Vue Sondes .....	46
<b>Figure- IV 10</b> .....	Vue Capteur hydrostatique .....	46
<b>Figure- IV 11</b> .....	Vue PID .....	47
<b>Figure- IV 12</b> .....	ModbusTCPIP01.....	48
<b>Figure- IV 13</b> .....	EquipementModbus01.....	48
<b>Figure- IV 14</b> .....	Ajout des variables sur Vijeo Designer .....	49
<b>Figure- IV 15</b> .....	Transfert et exécution du projet sur la machine cible .....	50



# **Annexes**

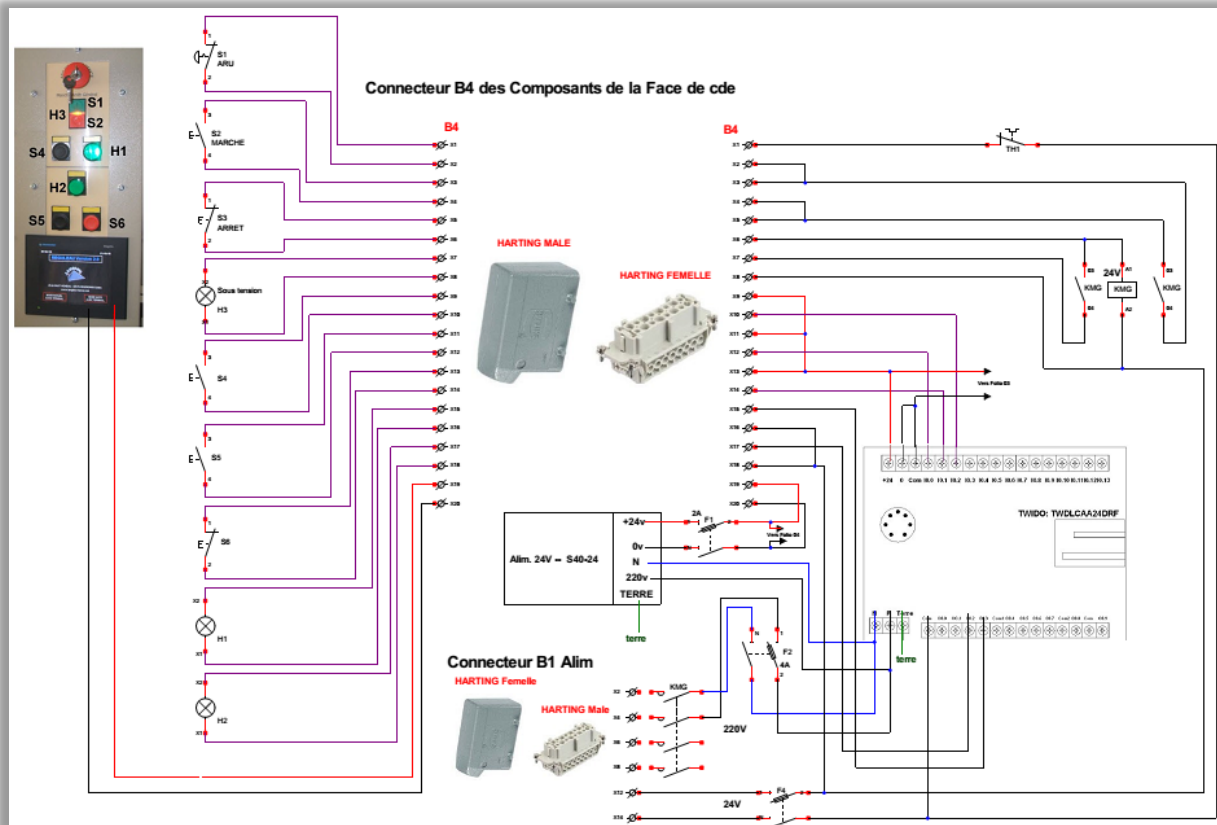


Figure A. Câblage HARTING B4 Platine poste de contrôle

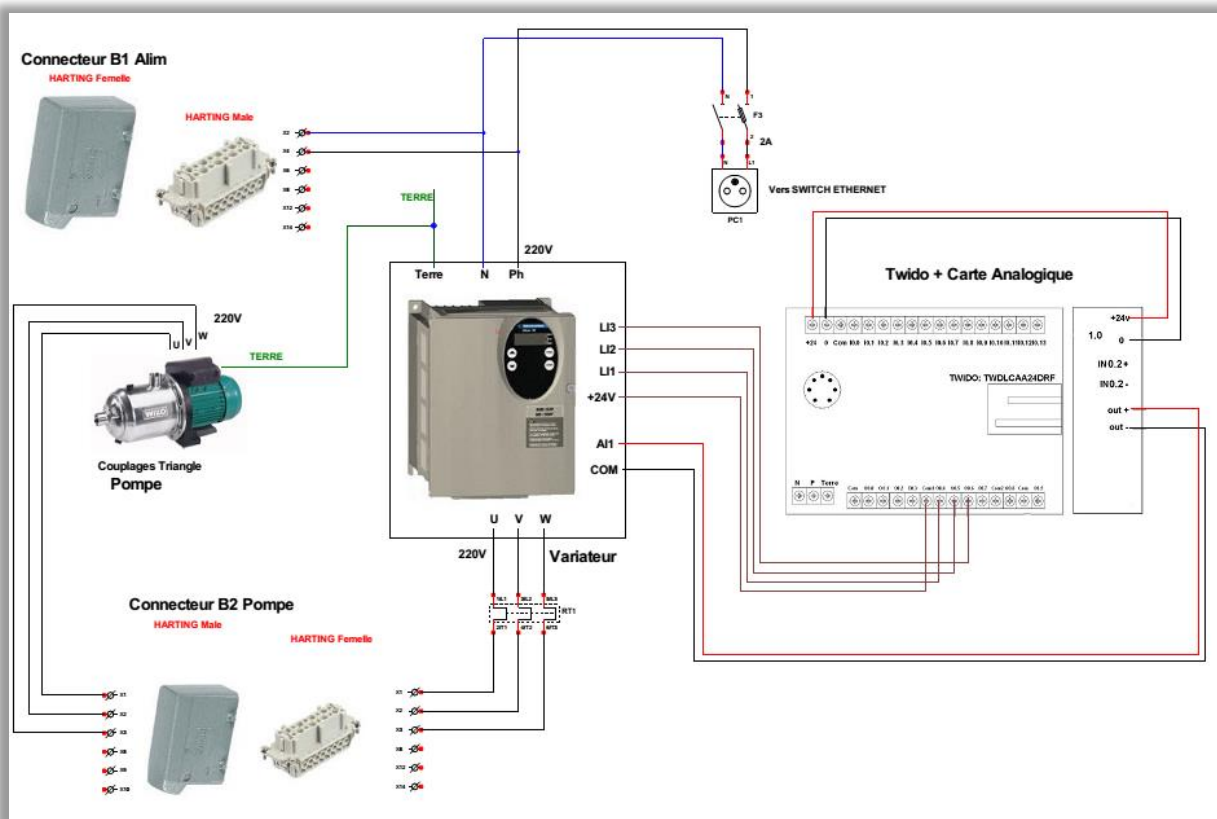


Figure B. Câblage Connecteur Harting B2

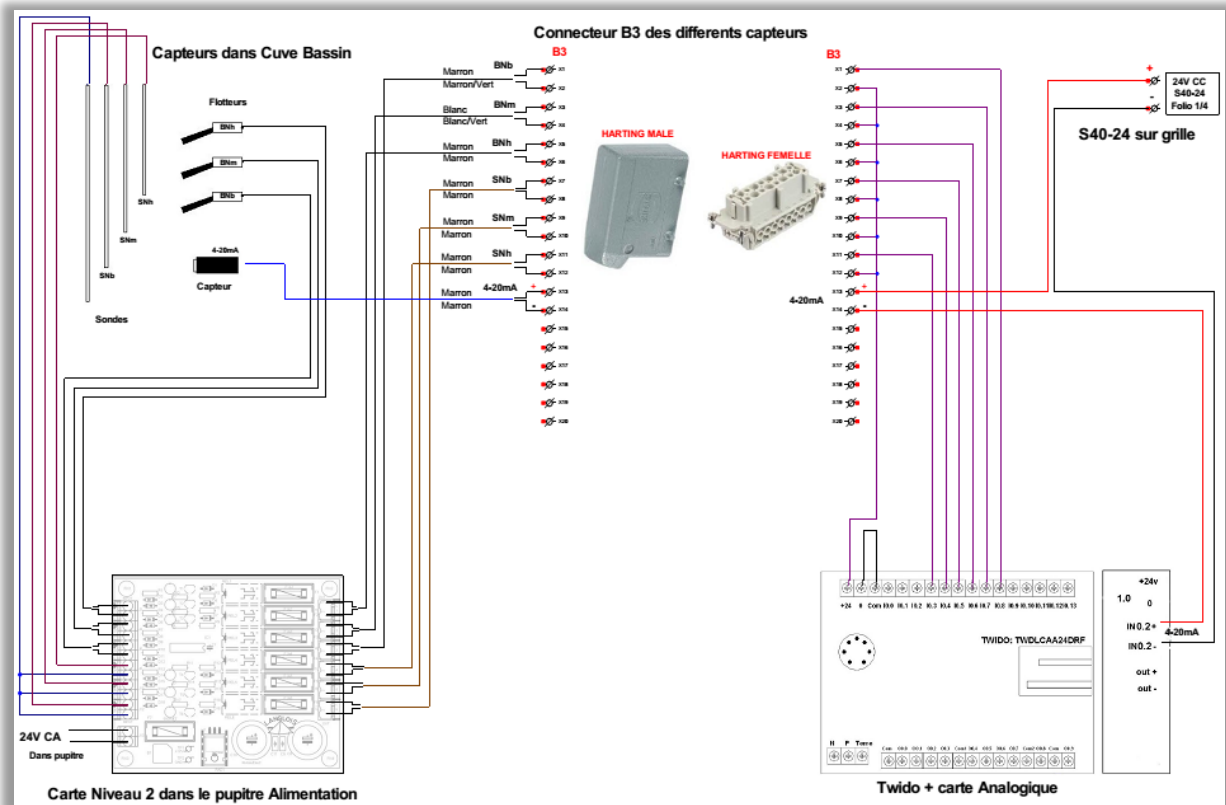


Figure C. Cablage connecteur harting B3 Capteurs Cuve bassin

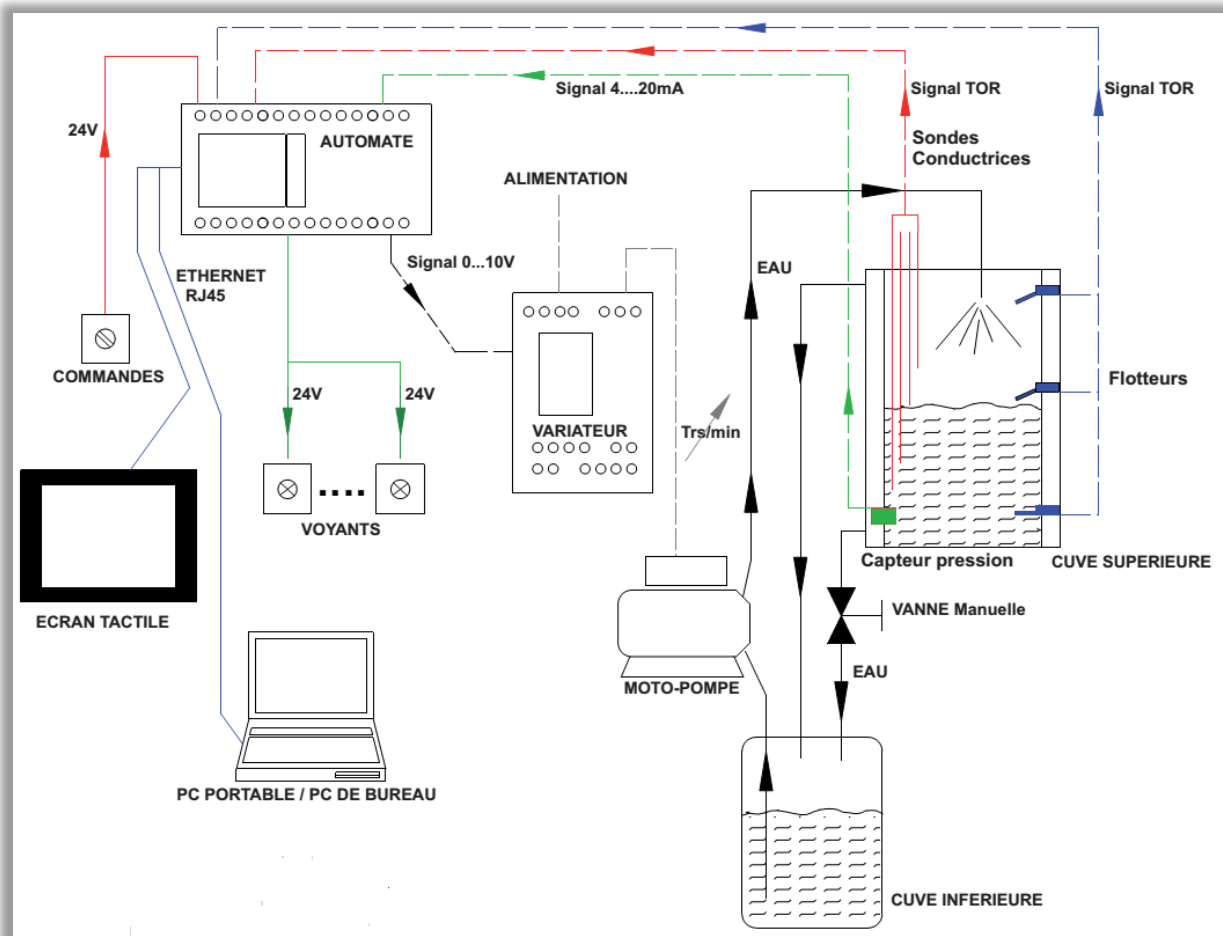


Figure D. Schéma de fonctionnement du REGULEAU

## الملخص

---

الهدف من مشروع نهاية التخرج هذا هو التحكم و الإشراف على النظام البيداغوجي REGULEAU باستخدام المصحح PID لمستوى المياه عن طريق المتحكم المنطقي الآلي Schneider Twido TWLDCAA24DRF، المتوفر في مختبر الآلية الخاص بقسم الهندسة الكهربائية، حيث بدأنا ببرمجة المتحكم المنطقي عن طريق برنامج TwidoSuite ، وبعدها قمنا بالإشراف و التحكم عن بعد في هذا النظام عن طريق برنامج Vijeo Designer .

## Abstract

---

The aim of this end-of-studies project is to control and supervise the water level system REGULEAU using the corrector PID , with the Programmable Logic Controller Schneider Twido TWLDCAA24DRF, that are available at the laboratory of automatic in the engineering departments. Where we started with programming the controller with TwidoSuite software, then we made the remote control of this system with the software Vijeo Designer.

## Résumé

---

Le but de ce projet de fin d'étude vise à faire la supervision et la régulation PID de niveau d'eau, avec un Automate Programmable industriel Schneider Twido TWLDCAA24DRF, disponible au laboratoire de l'automatique du département de génie électrique, Où nous avons commencé avec la programmation de l'automate avec le logiciel TwidoSuite, ensuite on a fait la supervision et la commande à distance de ce système avec le logiciel Vijeo Designer.