

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF DE M'SILA  
FACULTE DE TECHNOLOGIE  
DEPARTEMENT DE L'HYDRAULIQUE



جامعة بوضياف محمد المسيلة  
كلية التكنولوجيا  
قسم الري

REF: 04/CSD1/DH/FT/UM2021/2022

**Extrait du Procès-Verbal du Comité Scientifique du Département**

Après avoir pris connaissance des trois avis favorables des trois experts désignés par le Comité Scientifique du Département d'Hydraulique (Extrait du PV N° 04 du 23 Mars 2021) pour évaluer le polycopié déposé par *Monsieur MAHDI Djallel*, Maître de Conférences classe B, le Comité émet un avis favorable, et valide son contenu pour sa mise à disposition des étudiants, et à sa publication sur le site de l'Université.

M'sila le, 12 octobre 2021

Le Président du CSD  
جامعة المسيلة  
رئيس  
قسم الري  
الأستاذ  
مركز بلقاسم

Merzouk Belkacem

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Mohamed Boudiaf de M'Sila  
Faculté de Technologie  
Département d'Hydraulique



## Polycopié de Cours

Destiné aux étudiants de Master 2

Filière : Hydraulique

Option : Hydraulique Urbaine

# **TELEGESTION DES SYSTEMES D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE (AEP)**

Rédigé par D<sup>r</sup>. Djallel MAHDI

Année Universitaire 2020/2021

## **Résumé**

*La télégestion des systèmes d'alimentation en eau potable (AEP) met en œuvre les techniques de l'informatique, de l'électronique, de l'électromécanique, de l'hydraulique et de la télécommunication.*

*Ce cours présente les composants de base d'un système d'AEP équipé de télégestion ainsi que le fonctionnement des équipements implantés à ce système pour permettre un contrôle à distance des installations techniques géographiquement dispersées et à l'exploitation de cet ouvrage d'être averti en cas de problème technique.*

**Mots Clés :** *Télégestion, Supervision, Alimentation en eau potable, Automate.*

# Sommaire

## Chapitre 1: Equipements de la télégestion des systèmes d'AEP

1. Définition de la télégestion.....	1
2. Objectifs de la télégestion.....	1
3. Système de télégestion d'un réseau d'AEP.....	1
3.1. Les différents réseaux et raccordements dans un système d'AEP.....	1
3.1.1. Raccordement électrique.....	2
3.1.2. Raccordement hydraulique.....	2
3.1.3. Raccordement téléphonique.....	3
3.2. Principaux éléments de la télégestion d'un réseau d'AEP.....	4
3.2.1. Élément superviseur.....	4
3.2.2. Éléments apporteurs d'informations.....	5
3.2.3. Éléments exécuteurs.....	6
3.2.4. Éléments de commande.....	7
3.2.5. Éléments transporteurs d'informations.....	8

## Chapitre 2 : Automatisation et contrôle d'une installation hydraulique implantée au réseau d'AEP

1. Introduction.....	10
2. Composant de base d'un système hydraulique.....	10
3. Composant de base de l'automatisme.....	11
3.1. Actionneurs.....	12
3.1.1. Vérin hydraulique.....	12
3.1.2. Distributeur hydraulique et leur commande.....	13
3.1.2.1. Symbole du distributeur hydraulique.....	13
3.1.2.2. Commander un distributeur hydraulique.....	14

3.1.3. Pompe.....	15
3.1.4. Électrovanne.....	16
3.1.4.1. Electrovanne Tout ou Rien .....	16
3.1.4.2. Electrovanne proportionnelles.....	17
3.1.5. Relais mécanique .....	18
3.2. Capteurs.....	19
3.2.1. Capteur de lumière.....	19
3.2.2. Capteur de vitesse.....	19
3.2.3. Capteur de pression.....	20
3.2.4. Capteur de niveau.....	20
3.2.4.1. Capteur à mesure par pression.....	20
3.2.4.2. Capteurs à mesure par onde.....	20
3.2.4.3. Capteur à mesure par contact.....	21
3.3. Automates programmables (Partie Commande).....	21
3.3.1. Matériels internes de l'automate.....	22
3.3.1.1. Processeur.....	22
3.3.1.2. Interface d'entrée.....	23
3.3.1.3. Interface de Sortie.....	23
3.3.1.4. Mémoire.....	23
3.3.1.5. Interface de communication et de liaison.....	23
3.3.2. Matériels externes de l'automate (Auxiliaires).....	24
3.3.3. Branchement des modules d'entrées/sorties de l'automate (E/S).....	24
3.3.4. Affectation et écriture des entrées/sorties.....	26
3.3.5. Programmation de l'automate.....	26
3.3.5.1. Rappel des principes du GRAFCET .....	27
3.3.5.2. Présentation du Logiciel du PL7.....	28
4. Exemple d'application des systèmes automatiques en hydraulique.....	29
4.1. Automatisation de poste de relevage.....	29
4.2. Automatisation d'une station de pompage .....	31

## **Chapitre 3 : Systèmes Automatisés de Gestion et de Supervision**

1. Introduction.....	35
2. Supervision et ses matériels.....	35
2.1. Exemple de connexions des différents matériels selon les différents réseaux.....	37
3. Réseaux de communication (téléphonique).....	40
3.1. Réseau d'automate (Niveau 1).....	42
3.2. Réseau informatique (Niveau 2) .....	44
3.2.1. Différents types de topologie des réseaux.....	44
4. Poste superviseur.....	47
4.1. Base de données.....	47
4.2. Logiciel spécialisé.....	47
4.2.1. Contrôle-commande.....	47
4.2.2. Système de gestion de données techniques SGGT.....	48
4.2.3. Supervision.....	48
4.2.3.1. Imagerie et approche d'objet .....	49
4.2.3.2. Exigence technique.....	50

## **Références**

# **Chapitre 1**

## **Equipements de la télégestion des systèmes d'AEP**

## 1. Définition de la télégestion

La télégestion désigne l'ensemble des produits qui mettent en œuvre les technologies de l'informatique, de l'électronique, de l'électromécanique, de l'hydraulique et de la télécommunication, afin de permettre un contrôle à distance d'installations techniques géographiquement dispersées. Ce qui permet à l'exploitation d'un ouvrage d'être alerté en cas de problème technique.

## 2. Objectifs de la télégestion

La télégestion a pour but de limiter les déplacements, les interventions humaines et optimiser l'énergie ainsi d'assurer une continuité de service. Il est possible de suivre en permanence l'état d'une installation, d'analyser son comportement et d'en optimiser la gestion par établissement de bilans périodiques.

## 3. Système de télégestion d'un réseau d'AEP

### 3.1. Les différents réseaux et raccordements dans un système d'AEP

On trouve en général trois types de réseaux dans un système d'AEP équipé de télégestion : le réseau électrique (câblage de la partie électrique), le réseau hydraulique (raccordement de la partie hydraulique) et le réseau téléphonique par file ou sans file GSM (câblage de la partie informatique et électronique).

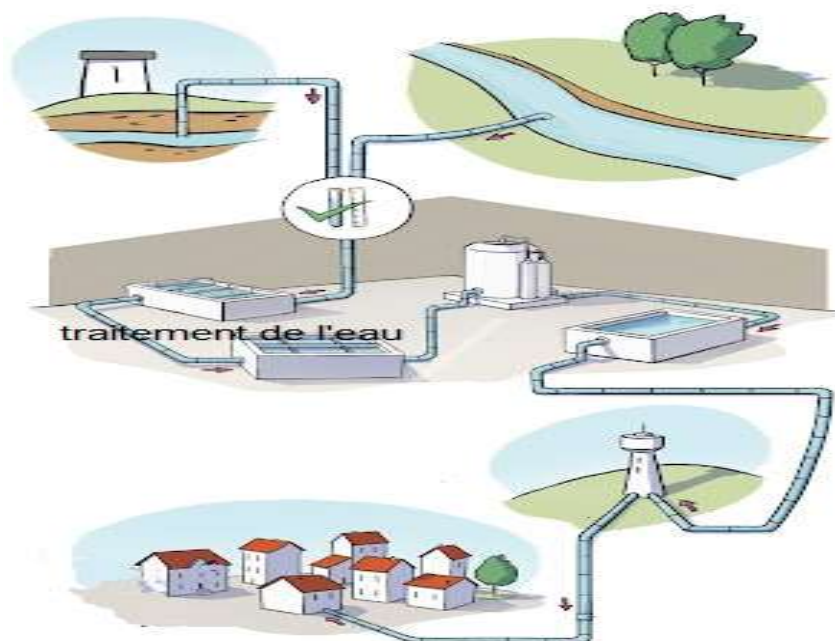


Figure 1 : Image simplifié d'un réseau d'AEP [1]

### 3.1.1. Raccordement électrique

On regroupe dans une armoire ou coffret (figure 2) les éléments suivants :

- ✓ Relais, contacteurs
- ✓ Automates
- ✓ Commutateurs (Switcher ou hub)
- ✓ Voyants, afficheurs
- ✓ Boutons, interrupteurs

Et selon le réseau électrique on les connecte avec les éléments suivants :

- ✓ Pompes
- ✓ Distributeurs
- ✓ Capteurs
- ✓ Transformateurs, alimentations
- ✓ Batteries de secours
- ✓ Sirène d'alarme
- ✓ Ventilation
- ✓ Éclairage



Figure 2 : Vue à l'intérieur d'une armoire électrique [2]

### 3.1.2 Raccordement hydraulique

Le réseau d'AEP est bâti généralement autour des éléments hydrauliques suivants :

- ✓ Réservoirs

- ✓ Accumulateurs
- ✓ Tuyauteries
- ✓ Filtres

Qui sont connectés à l'aide des raccords ou réducteur avec les éléments suivants :

- ✓ Vannes
- ✓ Clapets
- ✓ Pompes
- ✓ Vérins
- ✓ Distributeurs
- ✓ Limiteurs de pression
- ✓ Limiteur de débit



**Figure 3:** Image des raccords hydrauliques [2]

### 3.1.3. Raccordement téléphonique

Le raccordement téléphonique (réseau de communication) se fait entre les éléments suivants : Microordinateur ou le serveur (Poste superviseur) équipé d'un logiciel de supervision, un commutateur (switcher) ou concentrateur (hub), les automates et les appareils de transmission (modem, wifi) sans fils ou par fils de communication.

Les différents réseaux téléphoniques locaux vont permettre de satisfaire une partie des besoins de communication d'information entre les différents organes dans une installation hydraulique.

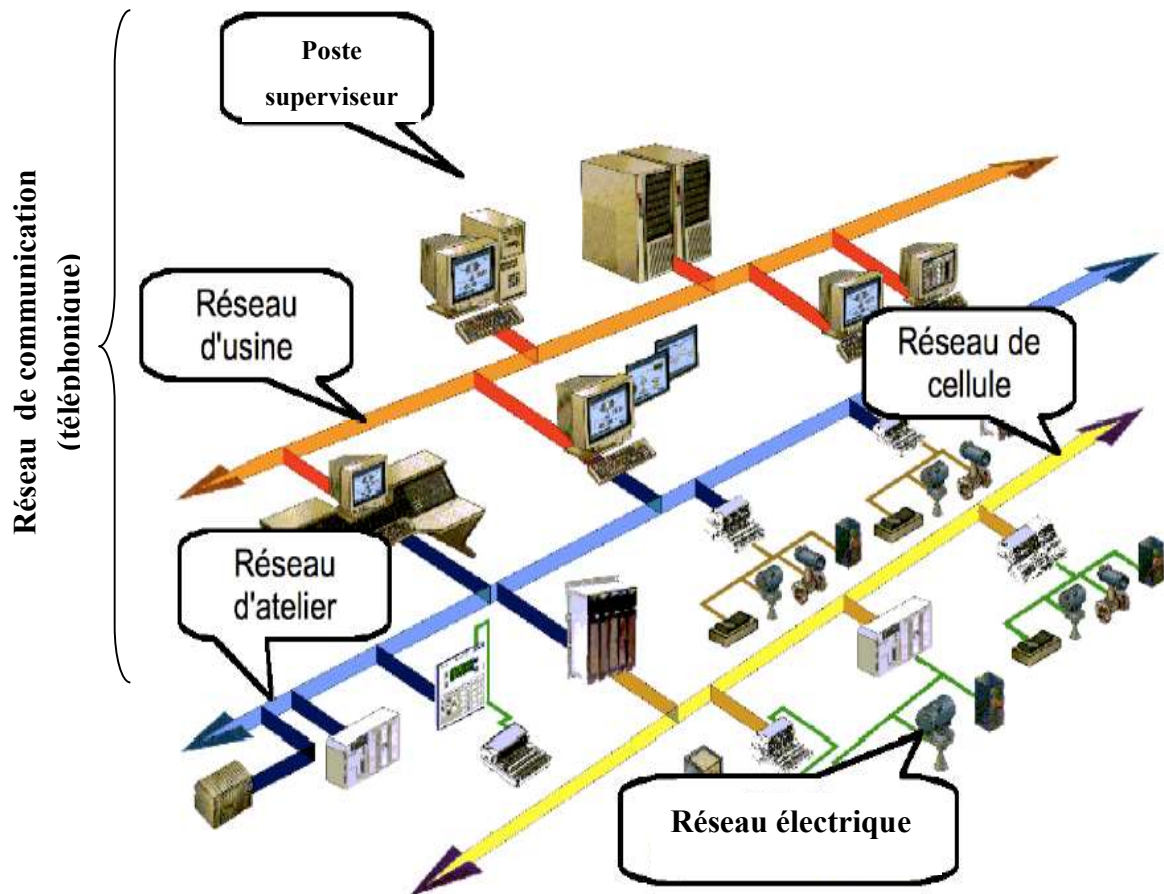


Figure 4 : Différents niveaux de réseaux téléphoniques par fils [3]

### 3.2. Principaux éléments de la télégestion d'un réseau d'AEP

La télégestion contient la télésignalisation, la télémessure, la télécommande et la télé-régulation. Il faudra, dans le cas général, connaître le matériel et s'informer de l'utilisation de ces derniers: ordinateur de conduite, commandes numériques des machines-outils connectables, capteurs, automates, réseaux de connexion et ainsi que d'autres dispositifs qu'on étudiera dans les prochains chapitres. Les principaux éléments de bases constituant la télégestion d'une installation hydraulique sont l'élément superviseur (Poste de supervision), éléments apporteurs d'informations (capteurs), éléments exécuteurs (actionneurs), éléments de commande (automates) et éléments transporteurs d'informations (réseaux de communications).

#### 3.2.1. Élément superviseur

L'opérateur chargé de conduire une installation hydraulique automatisée doit impérativement disposer en temps réel d'une visualisation (microordinateur) de l'état et de l'évolution des paramètres du système, qui lui permette de prendre rapidement les décisions appropriées à ses objectifs. Cette fonction d'assistance à l'opérateur humain est appelée **supervision**.

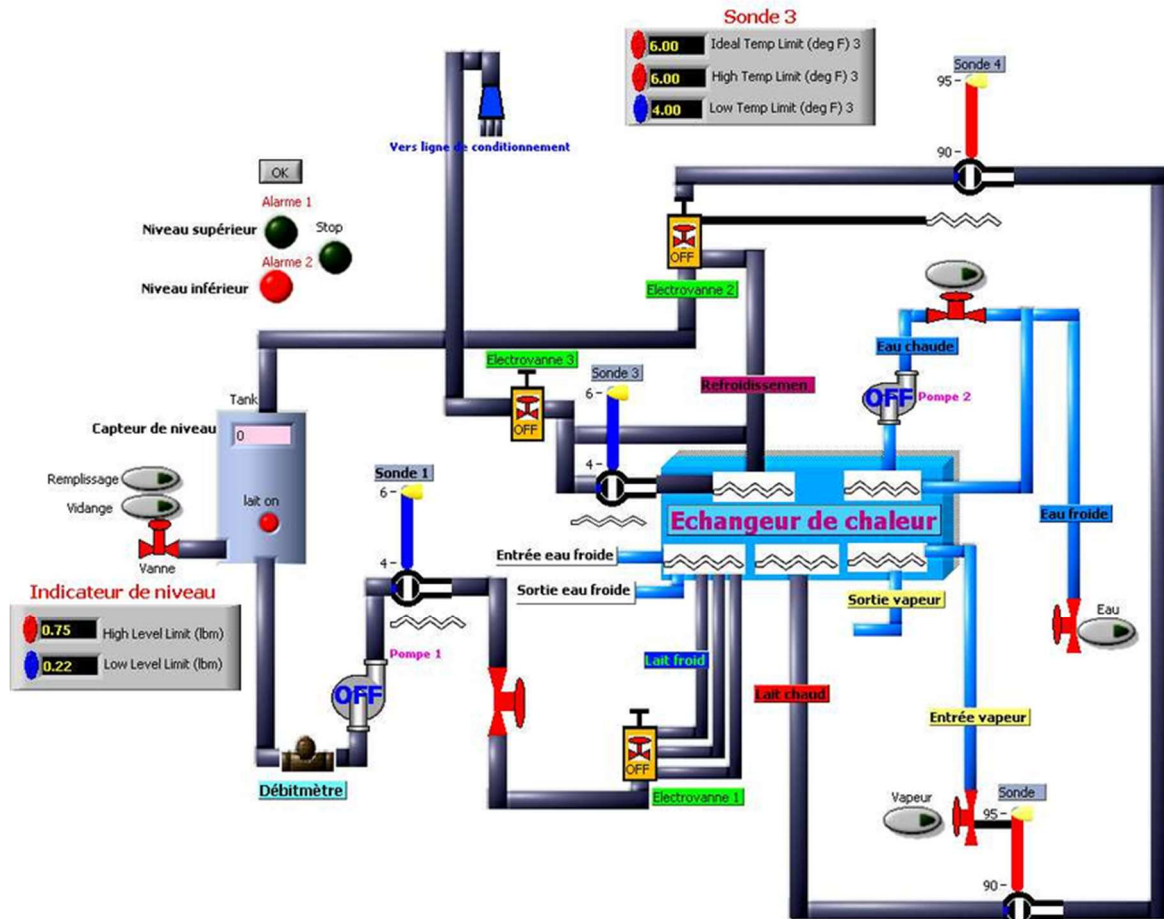


Figure 5 : Exemple de supervision d'une installation hydraulique [2]

### 3.2.2. Éléments apporteurs d'informations

Ce sont les éléments capteurs, qui mesurent et apportent les informations de l'état du réseau hydraulique. Ils sont implantés aux différents emplacements qu'on veut superviser et contrôler.

Les principales mesures physiques dans les installations hydrauliques sont :

- Niveaux :** à implanter dans les forages, bâches, réservoirs...etc. En utilisant des capteurs de type piezzo, ultrasons, radars...
- Pressions :** à implanter dans les canalisations, supresseurs...etc. En utilisant des capteurs de type piezzo, capacitif, ...
- Débits :** à implanter dans les canalisations, réservoirs, supresseurs...etc. En utilisant des capteurs de type compteurs mécaniques, électromagnétiques...
- Tarification de l'énergie (énergie consommée),** en utilisant des appareils de mesures bâties autour des capteurs de types électromagnétiques, compteurs mécaniques.
- Dosage des produits chimiques,** en utilisant des capteurs chimiques.

Les principaux états physiques (paramètres de fonctionnement) dans les installations hydrauliques sont :

- ✓ Ouvertures / fermetures de vannes (TOR / ANA), des portes,...etc.
- ✓ Marche / arrêt de pompe (avec ou sans variateur), moteur,...etc.
- ✓ Défauts thermiques pompes (capteur de température, camera infrarouge)
- ✓ Sortie/entrée de vérin.

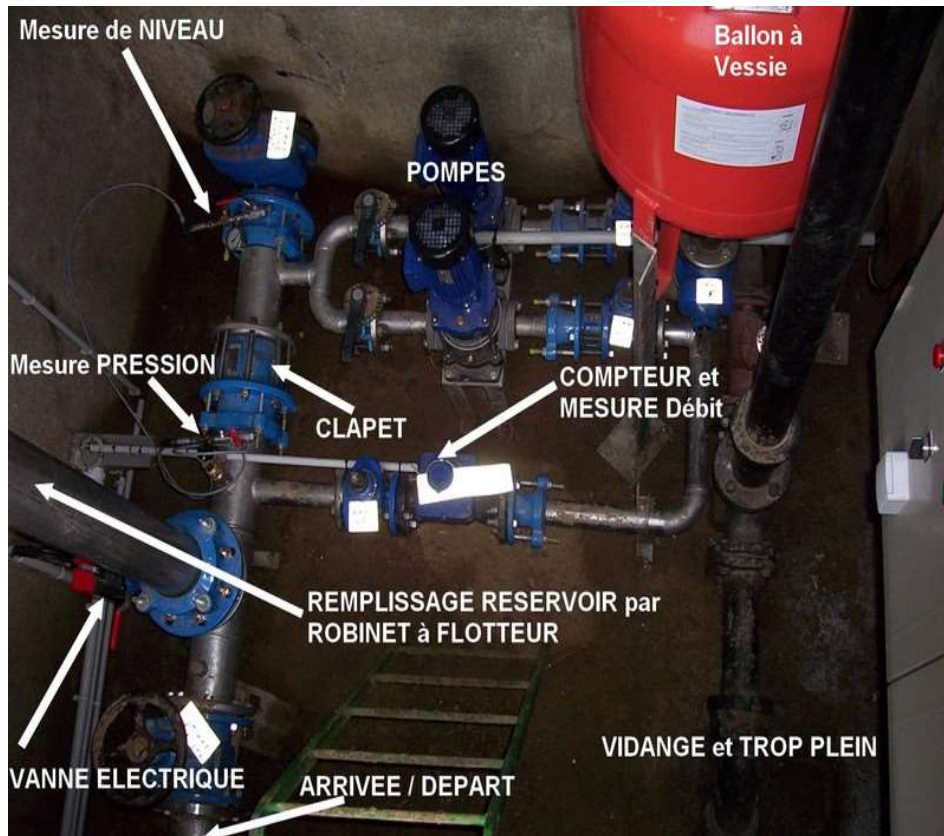


Figure 6 : Image d'une installation hydraulique équipée par actionneurs-capteurs[2]

### 3.2.3. Éléments exécuteurs

Ce sont les machines et les outils à commander et superviser implantés dans un réseau d'AEP, ils exécutent les ordres émis par la partie commande, notant:

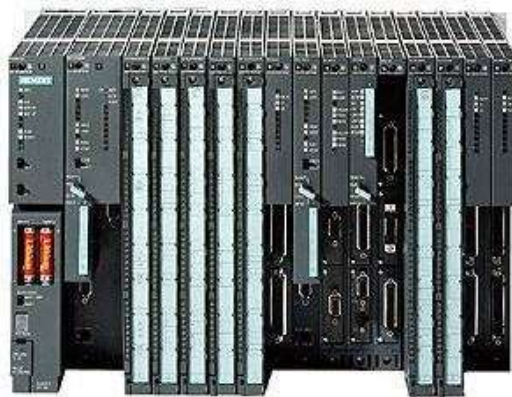
- **Vannes** (Ouverture / Fermeture): exécuté par régulation selon la mesure du débit.
- **Pompes** (Marche / Arrêt): exécuté par variateur de vitesse selon la mesure de la pression et le débit.
- **Vérin** (Sortie / Entrée): commandé par distributeur hydraulique, ouverture et fermeture des portes.
- **Moteur** (marche/arrêt): commandé par régulation de vitesse.

### 3.2.4. Éléments de commande

C'est l'élément essentiel qui capte et traite les informations. Il permet le contrôle, la communication et la commande du réseau d'AEP. Unité de traitement de l'information qui ordonne les ordres aux actionneurs selon l'état du système.

L'automate contient :

- Alimentation
  - ✓ Tension d'entrée
  - ✓ Secours batterie
  - ✓ Alimentation capteurs régulées
- Ports de communication
  - ✓ Modems RTC/GSM/LS/Radio
  - ✓ Ports séries RS232/RS485
  - ✓ Port Ethernet...
- Entrées / sorties
  - ✓ Entrées tout ou rien (TOR)
  - ✓ Sorties TOR
  - ✓ Entrées analogiques 0/4-20mA 0-5/10V
  - ✓ Sorties analogiques 0/4-20mA 0-5/10V



Schneider

Figure 7: Photo de deux automates [3]

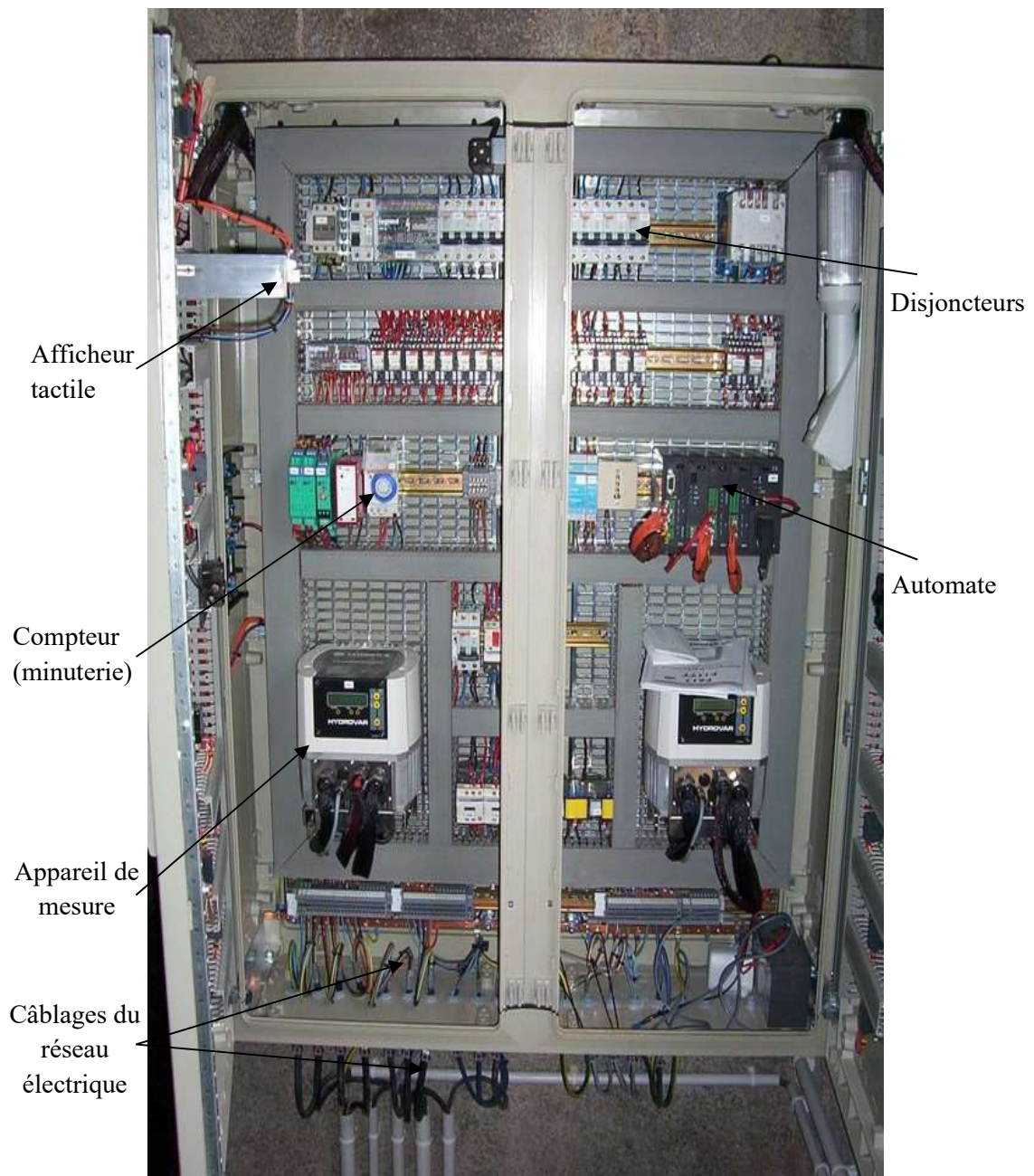


Figure 8 : Vue à l'intérieur d'une armoire d'automatisme [2]

### 3.2.5. Éléments transporteurs d'informations

Une supervision est d'autant plus ouverte à divers types d'automatismes met en œuvre un grand nombre de types de transmission ou réception d'informations qui doivent cheminer dans un réseau de communication (téléphonique).

L'information se circule à travers un commutateur (switch) ou concentrateur (hub).

Réseaux de communication par fils : Fibre optique, ligne (privée ou louée), liaison série RS232/RS485, ... ou sans fils par: Wifi, GSM, GPRS, RADIO UFH / VHF.

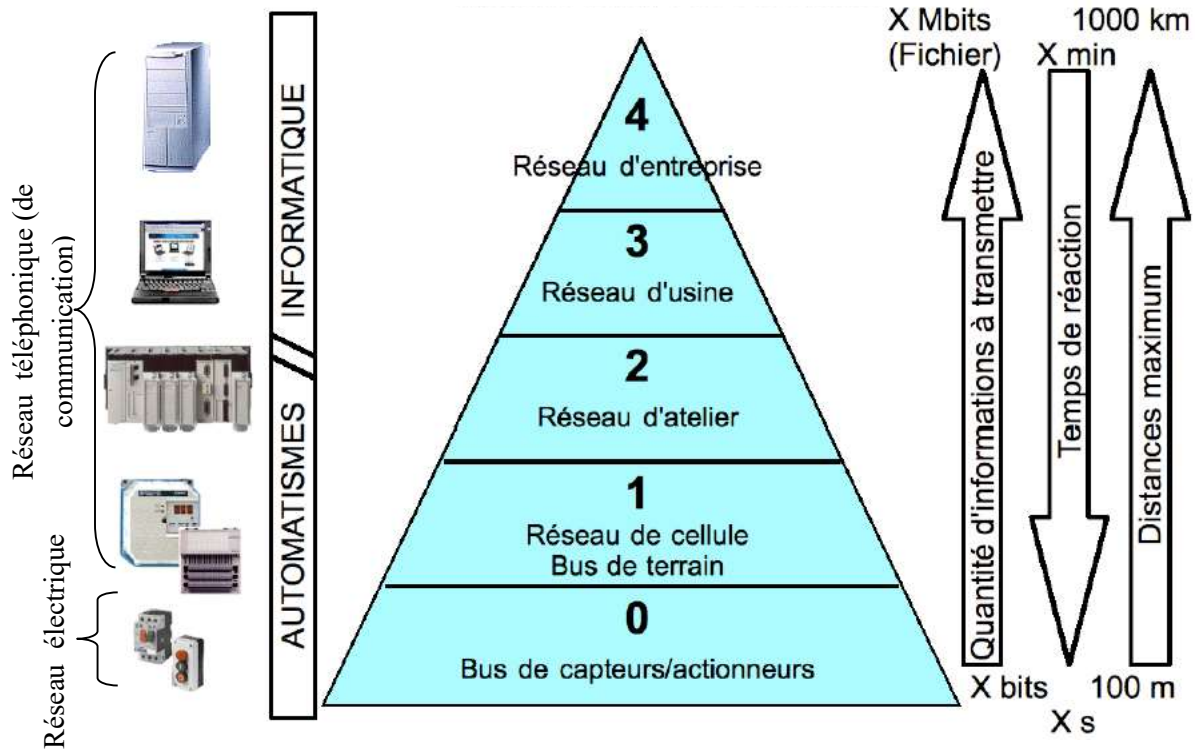


Figure 9 : Distance des câbles de transmission d'information de réseau téléphonique par file

# **Chapitre 2**

**Automatisation et contrôle d'une  
installation hydraulique implantée  
au réseau d'AEP**

## 1. Introduction

La télégestion des réseaux hydrauliques, c'est un domaine très vaste, alors on présente d'abord dans ce chapitre les composants essentiels participants à la description des circuits hydrauliques (pompes, distributeurs, vérins, limiteur de pression,...) puis aux composants participants à l'automatisation de ce système à étudier. Ce chapitre présente les caractéristiques de ces composants et les notions de base d'automatisme de système hydraulique implanté au réseau d'AEP en vue de le superviser.

## 2. Composant de base d'un système hydraulique

Un circuit hydraulique est un circuit de transport de liquide se compose essentiellement :

- Des réservoirs : réservoir source de liquide (puits), réservoir de stockage (citerne) ou réservoir de traitement.
- Des actionneurs (vanne de réglage de débit, pompe, vérin...).
- D'une tuyauterie qui relie les différents constituants hydrauliques.
- Des organes de protection du système hydraulique (exemple : une crépine et un clapet de pied, un clapet de retenu placé à la sortie de la pompe pour empêcher le retour du liquide, limiteur de pression, limiteur de débit, ...etc.).
- Des capteurs, mesurant les grandeurs hydrauliques.

Soit l'exemple d'un système hydraulique suivant :

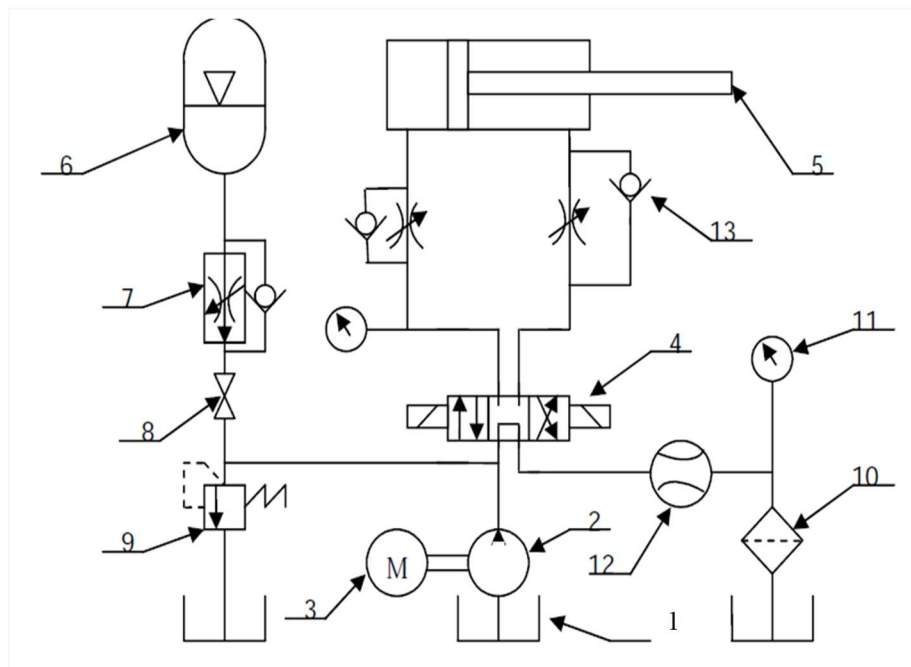


Figure 1: Schéma du câblage d'un système hydraulique

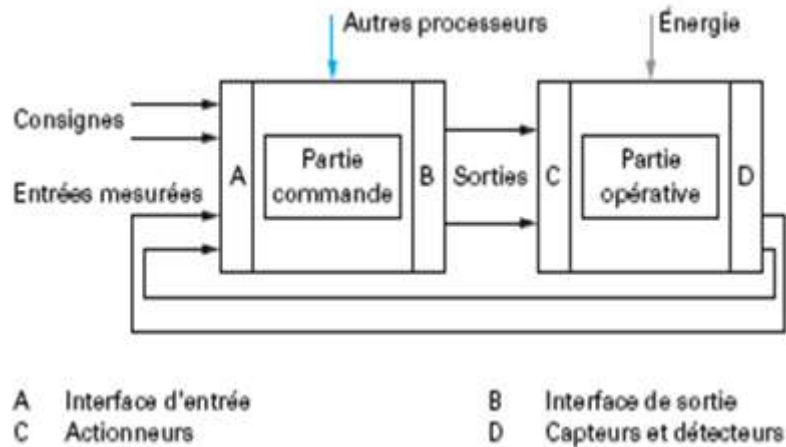
Le système considéré permet de commander un vérin hydraulique alimenté par un distributeur (figure 1). La puissance hydraulique est fournie par une pompe dont la pression de sortie est maintenue constante grâce au limiteur de pression. L'alimentation des chambres du piston est réalisée par le distributeur électrique qui, en fonction de la commande *fournie par le superviseur à l'aide des boutons poussoirs*, relie l'une des deux chambres à la haute pression et l'autre au réservoir (voir tableau des symboles). Le rôle du limiteur de pression est de limiter la pression dans un circuit hydraulique afin de protéger la pompe et les composants. Le limiteur de pression se monte toujours en dérivation sur la sortie de la pompe. Le tableau d'affectation des symboles du système considéré est donné par ce qui suit :

Représentation	Désignation	Fonction
1	Réservoir	Stocker le fluide
2	Pompe hydraulique	Générer la puissance hydraulique
3	Moteur électrique	Actionner la pompe
4	Distributeur 4/3	Distribuer la puissance hydraulique au vérin
5	Vérin hydraulique	Transformer la puissance hydraulique en puissance mécanique
6	Accumulateur	Stocker l'énergie hydraulique et la restituer en cas de besoin
7	Régulateur de débit	Régler le débit et la vitesse du fluide
8	Vanne	Autoriser ou empêcher le passage du fluide
9	Limiteur de pression	Protéger l'installation contre les surpressions
10	Filtre	Empêcher les impuretés de s'infiltrer dans les organes sensibles
11	Manomètre	Mesurer la valeur de la pression
12	Débitmètre	Mesurer la valeur de débit
13	Clapet anti-retour	Autoriser le passage du fluide dans un seul sens

**Tableau 1:** Affectation des symboles

### 3. Composant de base de l'automatisme

Dans le schéma de la figure 2, on donne la structure fonctionnelle d'un système automatisé. En effet on distingue une partie opérative, où *les actionneurs* agissent physiquement sur le processus, et une partie commande où *les automates* récupèrent les informations sur l'état de ce processus à l'aide *des capteurs* et coordonnent en conséquence les actions pour atteindre les objectifs prescrits (matérialisés par des consignes).



**Figure 2** : Schéma fonctionnel d'un système automatisé [4]

### 3.1. Actionneurs

Dans un circuit hydraulique, les actionneurs constituent l'outil indispensable pour convertir une forme d'énergie à d'autre forme quelconque (Ex : énergie hydraulique en énergie mécanique ou l'inverse). Ce sont les éléments impliqués dans la partie opérative et qui exécutent les ordres, en agissant sur le processus physique.

#### 3.1.1. Vérin hydraulique

Un vérin est l'élément récepteur de l'énergie dans un circuit hydraulique. Il permet de transformer l'énergie hydraulique en énergie mécanique.

Les principaux types de vérins sont:

##### a) Vérin simple effet

L'ensemble tige piston se déplace dans un seul sens sous l'action du fluide sous pression. Le retour est effectué par un ressort ou charge (figure 3.a).

##### (b) Vérin à double effet

L'ensemble tige piston peut se déplacer dans les deux sens sous l'action du fluide. L'effort en poussant est légèrement plus grand que l'effort en tirant (figure 3.b).



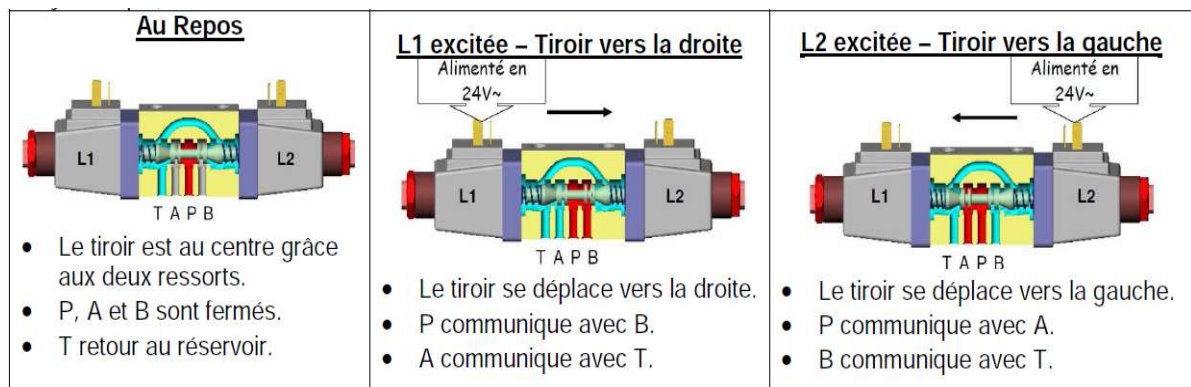
**Figure 3** : Symboles des vérins simple et double effet

### 3.1.2. Distributeur hydraulique et leur commande

Son principe de fonctionnement est d'orienter le débit vers l'une ou l'autre partie du circuit, **autoriser** ou **bloquer** le passage du débit.

En fait, ces appareils hydrauliques sont conçus pour diriger le fluide aux endroits désirés. En même temps, ils servent de conduite de retour du fluide hydraulique au réservoir. Un distributeur permet aussi de commander le démarrage ou l'arrêt d'un actionneur hydraulique. Sens de déplacement du vérin dans chaque position.

**Exemple :** Dans la figure 4 on donne le schéma d'un distributeur 4/3 à commande électrique, centre fermé, centrage par ressorts (le plus courant en hydraulique).



**Figure 4 :** Commande du distributeur hydraulique [5]

#### 3.1.2.1. Symbole du distributeur hydraulique

L'identification d'un distributeur se fait de la manière suivante : Nombre d'orifices, nombre de positions, type de centre (si 3 positions), type de commande, type de rappel ou de maintien.

La symbolisation se réalise en deux étapes :

- Construction du symbole de base (nombre d'orifices, nombres de positions).
- Représentation du type de commande.

Chaque position des éléments de commande interne du distributeur est représentée par une case carrée. Dans chaque case se positionnent des flèches ou des traits qui indiquent les liaisons établies entre les orifices et le sens d'écoulement du fluide.

Les canalisations aboutissent à la case représentant la position repos. La lecture de la position travail s'obtient en déplaçant par glissement l'autre case du symbole face à la représentation des tuyauteries.

**Exemples**



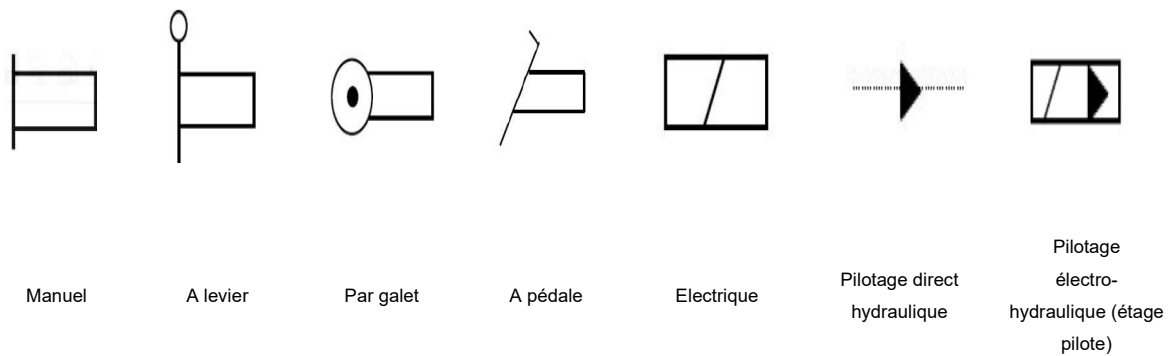
**Figure 5 :** Distributeurs 4/2 et 4/3

**3.1.2.2. Commande d'un distributeur hydraulique**

Pour commander un distributeur, il est nécessaire de connaître :

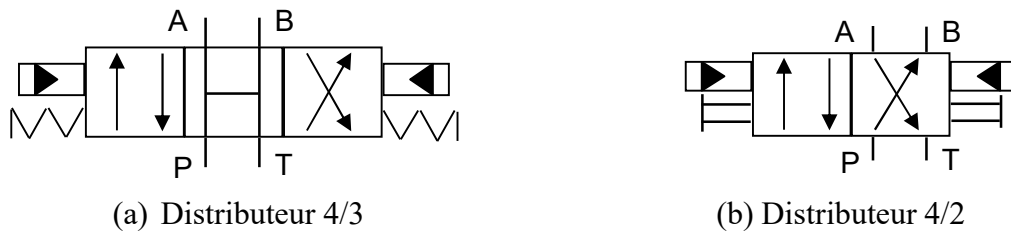
- ✓ La technologie du distributeur (à tiroir, à clapet, etc...).
- ✓ Le nombre de positions.
- ✓ Le nombre d'orifices.

Les commandes d'un distributeur hydraulique peuvent être de plusieurs types. (voir figure 6).



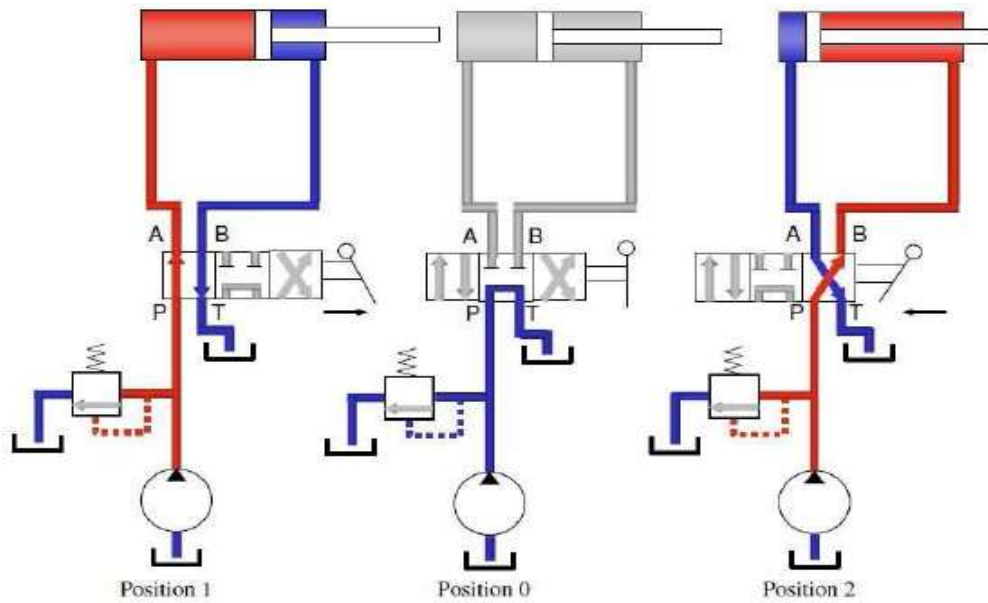
**Figure 6 :** Représentation symbolique du type de commande

Il peut y avoir plusieurs symboles de commande sur une même représentation. Dans la figure 7.a, on donne le symbole du distributeur 4/3 à centre ouvert à commande hydraulique rappel par ressort. Aussi la figure 7.b, on symbolise le distributeur 4/2 à commande hydraulique et manuelle.



**Figure 7 :** Symboles des distributeurs 4/3 et 4/2

La figure 8 schématise l'Implantation du distributeur dans un circuit hydraulique.



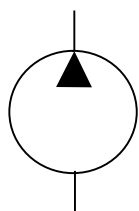
**Figure 8** : Implantation du distributeur dans un circuit hydraulique [5]

### 3.1.3. Pompe

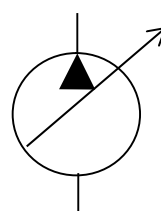
La pompe est destinée à transformer une énergie mécanique fournie par un moteur, en énergie hydraulique ; son rôle se limite à aspirer l'huile de réservoir et de la refouler. La pompe fournit un débit. Elle est donc un générateur de débit.

Le mouvement du liquide résulte de l'accroissement d'énergie qui lui est communiqué par la force centrifuge. Une pompe se caractérise par :

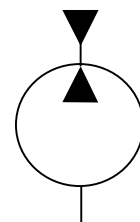
- ✓ son débit
- ✓ sa cylindrée
- ✓ son rendement
- ✓ son sens de rotation
- ✓ sa vitesse de rotation



Sens unique



Sens unique avec variateur de vitesse



Double sens

**Figure 9** : Symbole de la pompe hydraulique

### 3.1.4. Électrovanne

Une électrovanne est une vanne commandée électriquement. Grâce à cet organe, il est possible d'agir sur le débit d'un fluide dans un circuit par un signal électrique. Il existe deux types d'électrovannes : *tout ou rien* et *proportionnelle*.

#### 3.1.4.1. Electrovanne Tout ou Rien

Elles ont deux états possibles : ouvert ou fermé (figure 10). L'état change suivant qu'elles soient alimentées électriquement ou non. Les éléments principaux sont :

**A** : le noyau métallique mobile réalisant l'aiguillage du liquide,

**B** : le ressort maintenant en position le noyau en l'absence d'alimentation électrique,

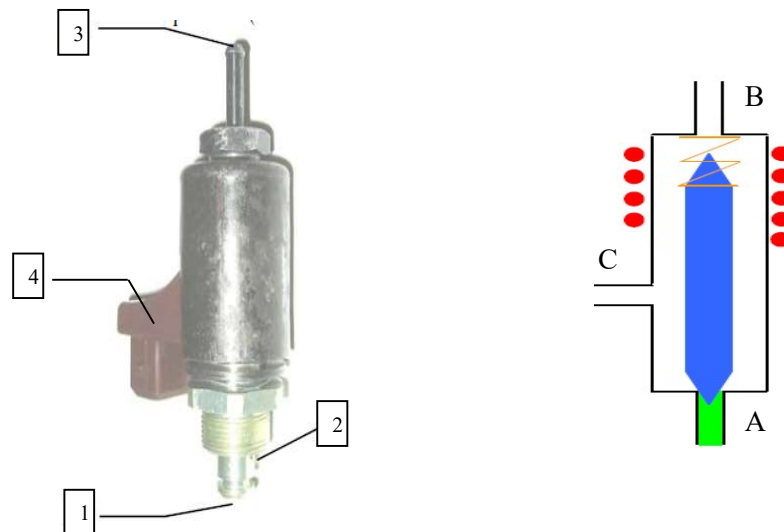
**C** : le bobinage (vu en coupe) éventuellement alimenté électriquement.

1 : entrée du liquide (haute pression)

2 : sortie du liquide en direction de l'élément hydraulique à alimenter

3 : retour du liquide vers le réservoir (basse pression)

4 : fiche électrique pour alimentation de la bobine



a) Schéma descriptif de l'électrovanne TOR

b) Image d'une électrovanne TOR

**Figure 10** : Electrovanne TOR [5]

#### Etat fermé (pas d'alimentation électrique)

En l'absence d'alimentation électrique le noyau est maintenu par le ressort en appui sur le trou 1, qui se trouve donc bouché. Les trous 2 et 3 communiquent. Le liquide haute pression est bloquée par la vanne et n'atteint pas l'élément hydraulique à commander. L'élément hydraulique connecté en 2 renvoie la pression résiduelle (et ses fuites hydrauliques internes) vers le réservoir connecté en 3.

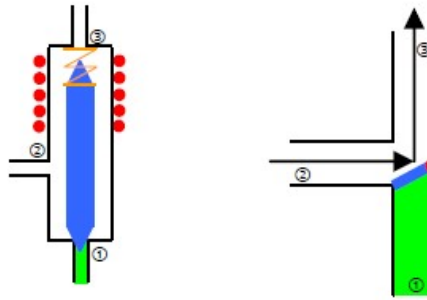


Figure 11 : Sens de circulation du liquide dans l'électrovanne en état fermé [5]

### Etat ouvert (vanne alimentée électriquement)

La bobine est alimentée en courant électrique et produit donc un champ magnétique attirant le noyau (le ressort est comprimé) vers le trou 3 qui se trouve alors bouché. Les trous 2 et 1 communiquent. Le liquide à haute pression est transmis à l'élément hydraulique à commander connecté en 2. Le retour réservoir connecté en 3 est isolé.

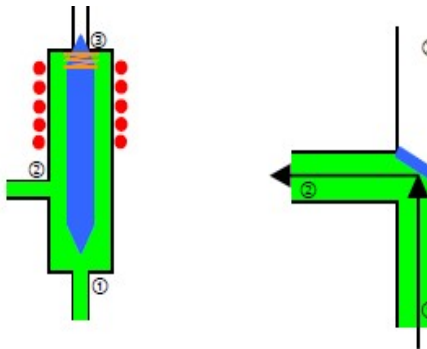


Figure 12 : Sens de circulation du liquide dans l'électrovanne en état ouvert [5]

### 3.1.4.2. Electrovanne proportionnelles

Dans une électrovanne proportionnelle, l'ouverture (course) est directement proportionnelle au courant  $I_s$  circulant dans la bobine. La force d'attraction produite par la bobine augmente avec le courant  $I_s$  et la force de réaction augmente lorsque le ressort supérieur est comprimé : - Si le courant est inférieur à  $I_0$ , la vanne reste fermée. - Si le courant augmente au-delà de  $I_0$ , la force d'attraction magnétique devient supérieure à celle du ressort, le noyau se déplace. Le mouvement du noyau comprime le ressort. Le mouvement continue jusqu'à obtenir une position d'équilibre. Toute variation de courant déplace le noyau jusqu'à ce que les deux forces soient en équilibre.

Une électrovanne proportionnelle peut être commandée de façon continue en variant le courant  $I_s$  dans la bobine. Ce courant est réglé en faisant varier la tension d'alimentation de la bobine.



Figure 13 : Symbole de l'électrovanne

### 3.1.5. Relais mécanique

Un relais est un interrupteur à commande électrique. Un relais est un pré actionneur constitué au moins :

1. d'un électroaimant (bobine+circuit ferromagnétique).
2. d'une palette mobile supportant l contact mobile.
3. d'un ressort de rappel du contact mobile.
4. d'un contact fixe.

Lorsqu'on lui envoie un courant électrique d'une faible intensité, l'électro-aimant actionne une sorte de petit interrupteur. Le premier circuit se nomme "circuit de commande", le second "circuit de puissance".

En alimentant la bobine, le contact mobile est déplacé fermant ainsi le contact électrique (figure 14). En l'absence de courant dans la bobine, le ressort de rappel maintient le contact ouvert.

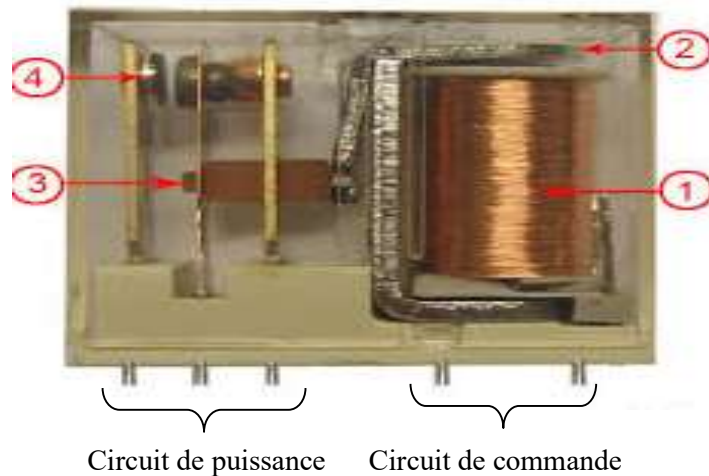
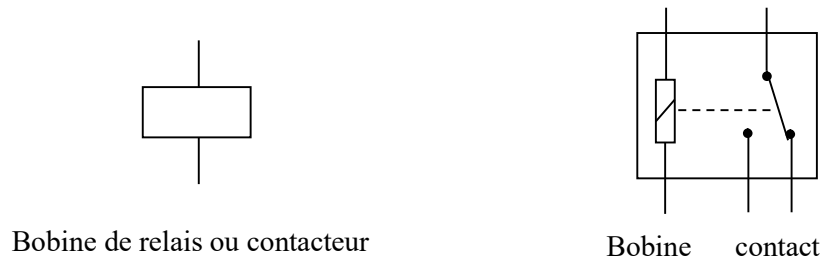


Figure 14: Relais électrique [3]

Le but est de commander le passage d'un courant fort, à partir d'une faible tension. Ce type de relais a une entrée de commande en 5 V de tension continue et permet de piloter un appareil électrique en 220 V jusqu'à 300 W de puissance.



**Figure 15** : Symbole du relais

### 3.2. Capteurs

Un capteur est un transducteur capable de transformer une grandeur physique en une autre grandeur physique généralement électrique (tension) utilisable par l'homme ou par le biais d'un instrument approprié.

#### 3.2.1. Capteur de lumière

- La Photorésistance: Résistance dont la valeur varie (diminue en général) en fonction de l'intensité lumineuse.
- La Photodiode: Diode qui lorsqu'elle est polarisée en inverse, produit un courant ( $I_R$ ) qui augmente proportionnellement à l'intensité lumineuse.
- Le Phototransistor: transistor dont la base est sensible aux rayonnements lumineux. Il crée un courant lorsque qu'il est éclairé sa sensibilité est entre 100 et 400 fois supérieure à celle d'une photodiode mais le courant d'obscurité est aussi plus important.

#### 3.2.2. Capteur de vitesse

- Tachymétrie (génératrice tachymétrie) : Elle délivre une tension proportionnelle à sa vitesse de rotation. Son principal domaine d'application se situe dans la régulation de vitesse d'un moteur électrique.
- Codeur incrémental : une lumière émise par une diode électroluminescente est réfléchiée par les graduations d'un disque vers un phototransistor qui se sature et se bloque à la cadence du défilement des graduations.

Le codeur incrémental est surtout utilisé dans les systèmes dont le traitement de l'information est entièrement numérique. Ses impulsions sont comptabilisées de façon à donner une information concernant la position (nombre d'impulsions délivrées depuis une position d'origine) ou /et une information concernant la vitesse (nombre d'impulsions par unité de temps).

### 3.2.3. Capteur de pression [6]

Il existe deux types de capteur de pression : les capteurs de pression absolue et les capteurs de pression différentiels. Ce type de composant est généralement construit autour d'une "puce" composée d'un élément piezzo-résistif à la silicone, qui permet de délivrer une tension continue proportionnelle à la pression mesurée, avec une très bonne linéarité.

### 3.2.4. Capteur de niveau

La mesure de niveau est une mesure continue ou discontinue, ce fait en utilisant des capteurs de différents types :

#### 3.2.4.1. Capteur à mesure par pression

Un capteur de pression mesure la pression relative au fond du réservoir. Cette pression est l'image du niveau  $L$  du liquide (figure 16). C'est-à-dire le capteur délivre un signal proportionnel au niveau de liquide dans le réservoir.

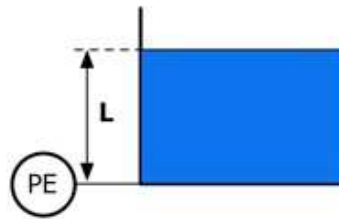


Figure 16 : Principe de mesure de niveau par capteur de pression[6].

#### 3.2.4.2. Capteurs à mesure par onde

C'est un capteur de type acoustique ou de type Radar. Il émet un signal acoustique ou électromagnétique selon le type à utiliser, et reçoit le même signal pour mesurer la distance parcourue entre la position du capteur et la surface du liquide et alors continuellement délivre un signal proportionnel au niveau de liquide dans le réservoir.



Figure 17 : Capteur de niveau acoustique[6].

### 3.2.4.3. Capteur à mesure par contact

La mesure de niveau dans ce type de capteur est une mesure discontinue. Le capteur est implanté à certain niveau dans le réservoir et délivre un signal électrique lorsque le liquide touche le capteur sinon pas de signal électrique lorsque le liquide est inférieur au capteur (Tout ou Rien, TOR en abrégé).



Figure 18 : Photo du capteur flotteur.

### 3.3. Automates programmables (Partie Commande)

Les équipements notés « commande » sont souvent des automates systèmes de traitement de l'information (API).

Nous considérerons comme automate programmable un système :

- ❖ construit autour d'un processeur numérique, spécifique ou non ;
- ❖ pouvant être relié à de nombreux signaux physiques ;
- ❖ fonctionnant grâce à une protection adaptée dans des conditions industrielles ;
- ❖ doté d'un logiciel de programmation permettant un traitement simple des variables booléennes (TOR) ;
- ❖ doté de possibilités d'échanges avec d'autres processeurs.

L'automate doit remplir les fonctions suivantes:

- Un rôle de **commande** où il est un composant d'automatisme, élaborant des actions, suivant une algorithmique appropriée, à partir des informations que lui fournissent des détecteurs (Tout ou Rien) ou des capteurs (analogiques ou numériques),
- Un rôle de **communication** :
  - Avec des opérateurs humains (superviseur) : c'est le dialogue d'exploitation,
  - Avec d'autres processeurs, hiérarchiquement supérieurs (calculateur de gestion), égaux (autres automates intervenant dans la même chaîne) ou inférieurs (instrumentation intelligente).

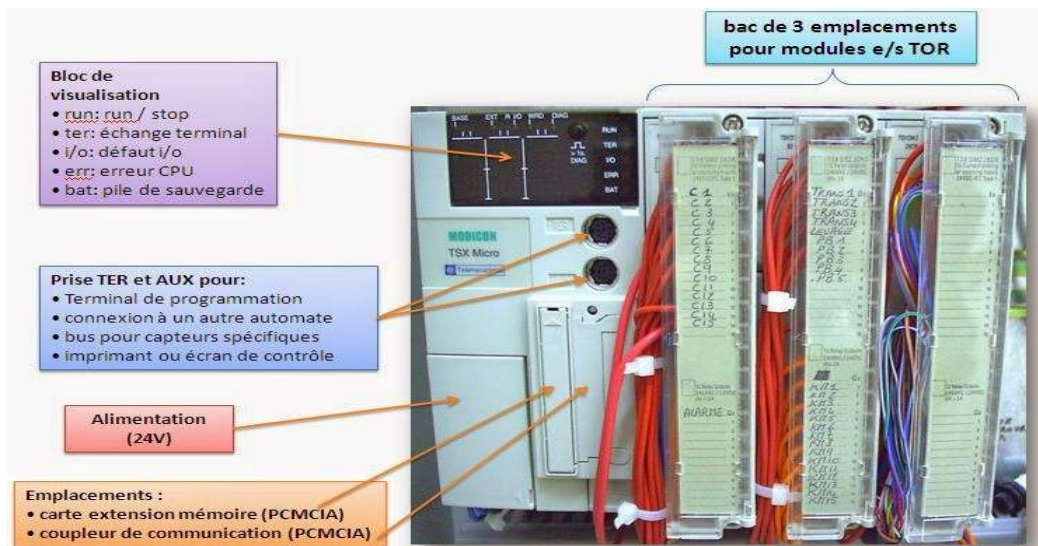


Figure 19 : Photo d'un automate programmable [3]

### 3.3.1. Matériels internes de l'automate

La structure matérielle interne d'un API obéit au schéma donné sur la figure 20.

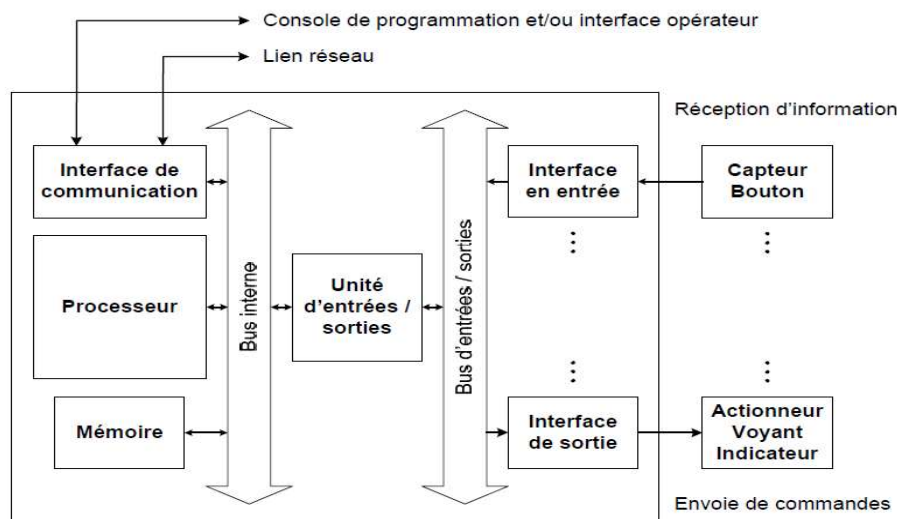


Figure 20 : Structure interne de l'automate [3]

#### 3.3.1.1. Processeur

Cœur de l'appareil, dans l'unité centrale UC est une carte électronique bâtie autour de la (ou des) « puce(s) » processeur(s), qui assure au moins les fonctions suivantes :

- Opérations logiques sur bits (le bit, contraction de « binary digit », étant l'information élémentaire à deux états) ou sur mots (ensemble de bits, le plus souvent 16 bits pour les API) ;
- Temporisation et comptage.
- Opération arithmétique.

### 3.3.1.2. Interface d'entrée

#### a. Module d'entrée analogique

- Mesure une tension ou un courant électrique et le convertir en une valeur numérique (ADC).
- Adapté à des capteurs de température, de pression ou autres variables continues.

#### b. Module d'entrée logique

- Mesure un signal binaire (deux états).
- Adapté à des interrupteurs de fin de course, des capteurs de proximité, des détecteurs photoélectriques, capteur de niveau à contact ou d'autres interrupteurs (manuels ou non).
- Généralement, pour chaque entrée logique, l'automate possède une DEL qui indique l'état de l'entrée correspondante.

### 3.3.1.3. Interface de Sortie

#### a. Module de sortie analogique

- Génère une tension ou un courant électrique proportionnel à une valeur numérique (DAC).
- Adapté aux moteurs (AC et DC), aux électrovannes proportionnelles, ...

#### b. Module de sortie logique

- Génère un signal de contrôle binaire (deux états).
- Adapté aux lampes témoins, un relais électromagnétique, aux systèmes de verrouillage de porte, ...

### 3.3.1.4. Mémoire

Le stockage des données et des programmes s'effectue dans des mémoires. La mémoire vive (RAM) est volatile mais secourue par batterie. La mémoire morte (ROM) dont l'utilisateur ne peut que lire le contenu, contient le système d'exploitation, tandis que les programmes installés (utilisables) peuvent se stocker dans des mémoires reprogrammables (EEPROM) ou mémoire flash. La capacité de stockage d'une mémoire s'exprime en kilooctets (Ko) : 1 Ko = 1024x8 bits). Il faut connaître la capacité minimale utile de l'API, mais aussi la capacité maximale que l'on peut obtenir par diverses extensions. La mémoire des automates est très inférieure à celle des microordinateurs.

**Exemple :** la mémoire RAM du nano automate TSX07 peut ainsi stocker 1 000 lignes de programme en langage « Liste d'instructions », mais 500 en langage à contacts ; elle peut aussi recevoir 256 mots variables de 16 bits, 64 mots constants, 128 bits internes.

### 3.3.1.5. Interface de communication et de liaison

Les liaisons s'effectuent :

- avec l'extérieur par des **borniers** (à visser, à clipser, etc.) sur lesquels arrivent des câbles transportant le signal électrique ;
- avec l'intérieur par des **bus**, liaisons parallèles entre les divers éléments, il peut y avoir plusieurs bus, car on doit transmettre des données, des états, des adresses.

### 3.3.2. Matériels externes de l'automate (Auxiliaires)

Il s'agit principalement :

- de l'**alimentation électrique**,
- d'un **ventilateur** indispensable dans les châssis comportant de nombreux modules ou dans le cas où la température ambiante est susceptible de devenir assez élevée (plus de 40 °C),
- du **support mécanique**. Il peut s'agir d'un rack (structure métallique accueillant des cartes avec généralement un raccordement arrière), l'automate se présentant alors sous forme d'un ensemble de cartes, d'une armoire, d'une grille et des fixations correspondantes,
- d'**indicateurs d'état** concernant la présence de tension, l'exécution du programme (mode RUN), la charge de la batterie, le bon fonctionnement des coupleurs...

### 3.3.3. Branchement des modules d'entrées/sorties de l'automate (E/S)

Les modules d'entrées/sorties assurent le rôle d'interface de la partie commande (PC) et la partie opérative (PO) (schéma de la figure 21), où l'automate récupère les informations sur l'état de ce processus et coordonne en conséquence les actions. Les actionneurs agissent physiquement sur le système pour atteindre les objectifs prescrits.

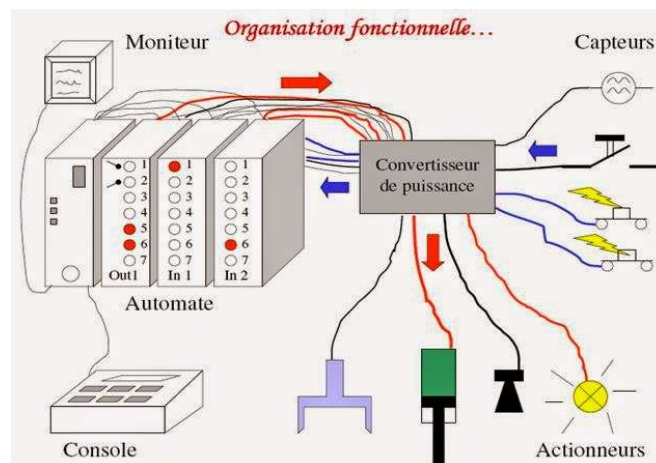
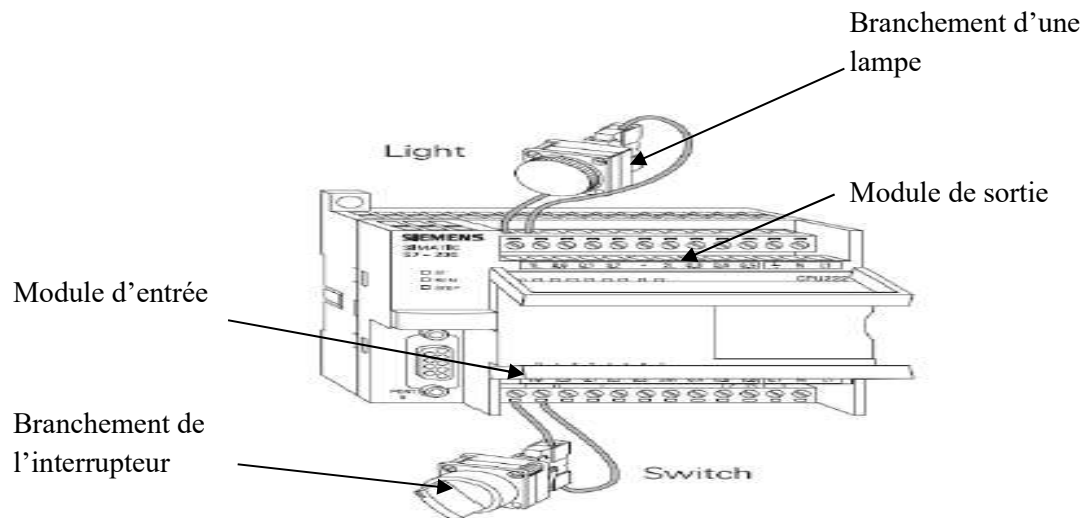


Figure 21 : Câblage de la partie opérative et la partie commande (automate)

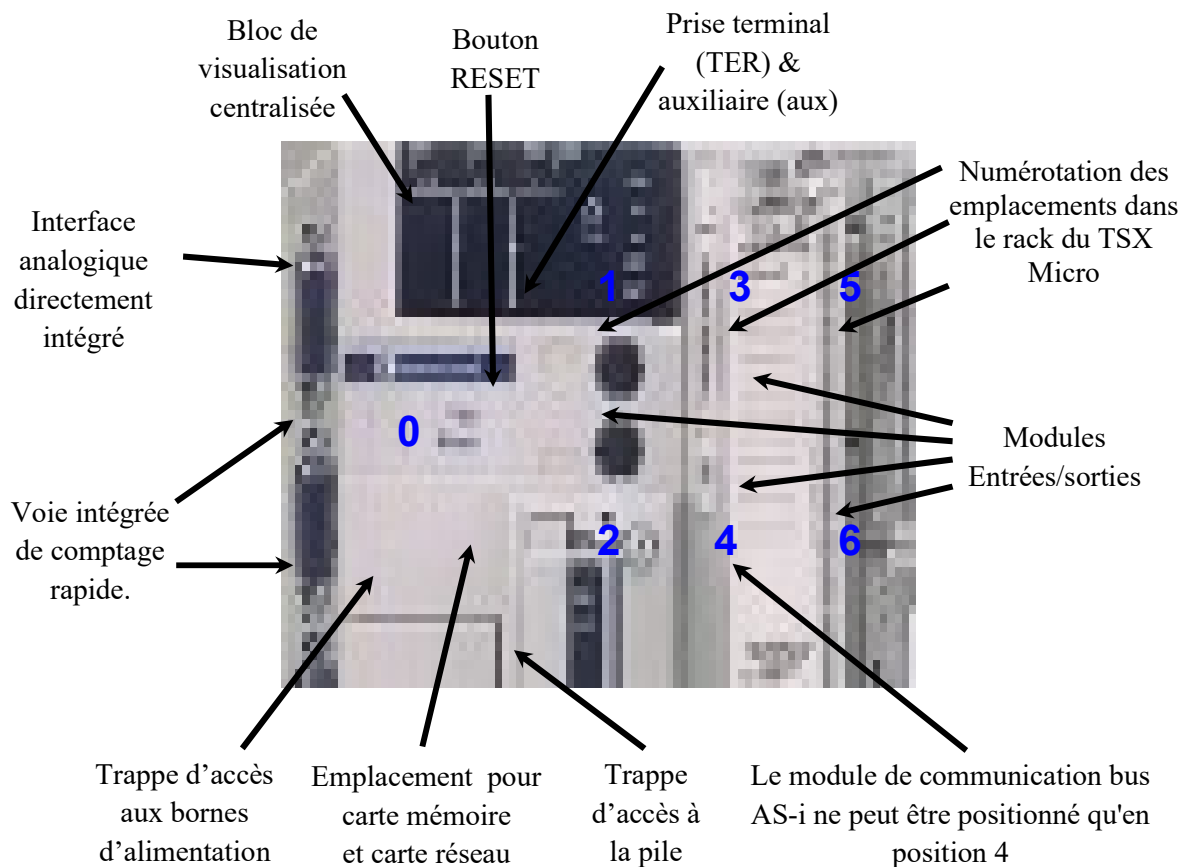
Les modules d'entrées traduisent les signaux industriels (tension, courant, résistance, pulsation, ...) en information logique ou numérique interprétable par le processeur.

Inversement, les modules de sorties traduisent les commandes du processeur en des signaux industriels.

Ces modules comportent 1, 4, 8, 16 ou 32 voies (ports) d'entrée et/ou de sortie (figure 22).



**Figure 22 :** Branchement du module E/S de l'automate SIEMENS



**Figure 23 :** Descriptif physique des modules d'entrées/sorties de l'automate TSX 37

### 3.3.4 Affectation et écriture des entrées/sorties

L'affectation des entrées et des sorties permet de faire l'**adressage** entre le matériel (capteurs, actionneurs) et l'automate (API) en fonction de son câblage. D'un point de vue de la programmation on travaillera sur l'adressage des E/S.

Les entrées et les sorties analogiques sont notées par un mot de la façon suivante : %Xy.z

x : les sorties analogiques seront notées par la lettre Q (Output)

les entrées analogiques seront notées par la lettre I (Input)

y : c'est l'emplacement physique du module analogique

z : c'est le numéro de la voie utilisée

#### Exemple

On a câblé un capteur TOR sur l'entrée n°5 de la carte d'entrée du module 3 et un voyant sur la sortie n°0 de la carte de sortie du module 2. L'écriture de l'entrée et de la sortie sera donc :

%I3.5 : Écriture de l'entrée.

%Q2.0 : Écriture de la sortie.

Ainsi l'adressage est donné par le tableau suivant :

Variable	Repère	Désignation	Exemple
Entrée (I input)	%Ix.i	X : N° module i : N° de voie	%I1.4
Sortie (Q output)	%Qx.i	X : N° module i : N° de voie	%Q2.3
Variable d'étape	%Xi	X : étape, i : N° étape	%X10
Mémoire mot	%MWi	i : N° du mot interne	%MW11
Temporisateur	%TMi	i : N° du temporisateur	%TM3
Compteur	%Ci	i : N° du compteur	%C4
Mémoire bit	%M.i	i : N° du bit interne	%M25

**Tableau 2:** Affectation et écriture des entrées/sorties

### 3.3.5. Programmation de l'automate

La programmation est un des atouts majeurs des API puisqu'elle permet une multitude de traitements des informations reçues sans toucher à la configuration matérielle. Les Langages usuels utilisés pour la programmation des API sont à base de logigrammes ou langages graphiques.

### a. Logigrammes

Langages textuels :

- IL (Instruction List) Liste d'instructions
- ST (Structured Text) Texte structuré

### b. Langages Graphiques

Citons ici langage graphique de programmation :

- Diagramme en échelle LD (Ladder Diagram),
- GRAFCET (GRAPhe Fonctionnel de Commande Étape/Transition).

#### 3.3.5.1. Rappel des principes du GRAFCET

Le GRAFCET (Graphe Fonctionnel de Commande Etapes-Transitions) est un outil graphique de représentation du cahier des charges d'un automatisme séquentiel. Il est basé sur les notions d'**étapes** auxquelles sont associées des **actions** et des **transitions** auxquelles sont associées des **réceptivités**. Il décrit les ordres émis par la partie commande vers la partie opérative en mettant en évidence les actions engendrées.

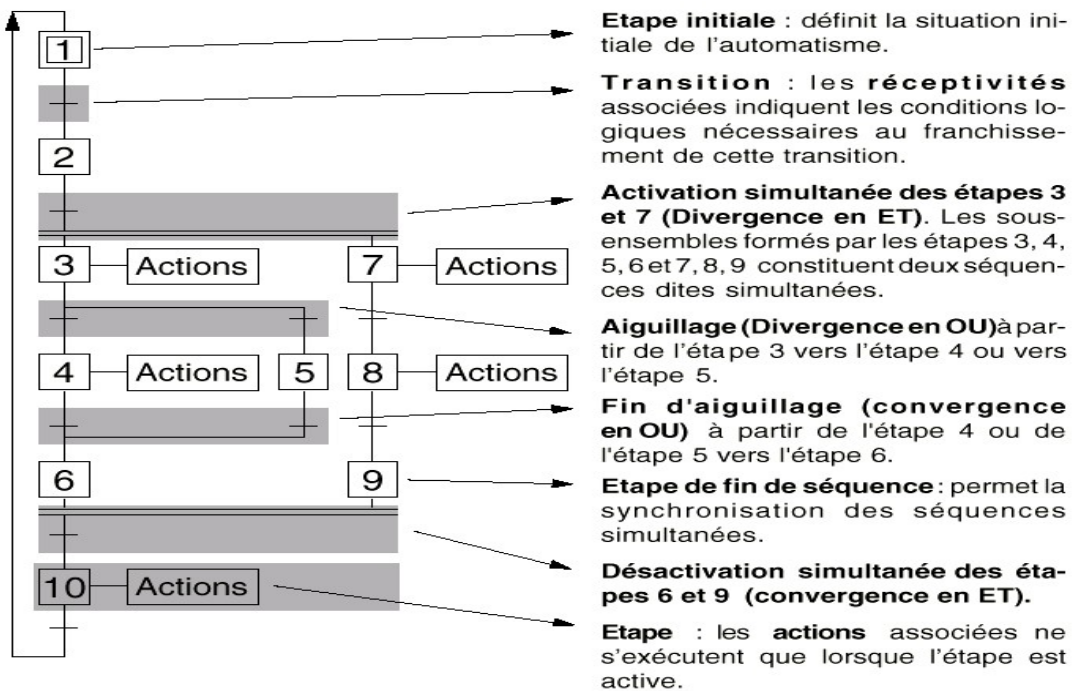


Figure 24 : Principe synthétique du GRAFCET [4]

La figure 25 représente un exemple du GRAFCET d'un cycle. L'action 1 associée à l'étape 2 ne pourra être lancée que si l'étape initiale est «active» et que les conditions initiales de départ de cycle réunies. L'action 1 prend fin lorsque la condition 1 est vraie ( $C1 = 1$ ): l'étape 3 est désormais activée.

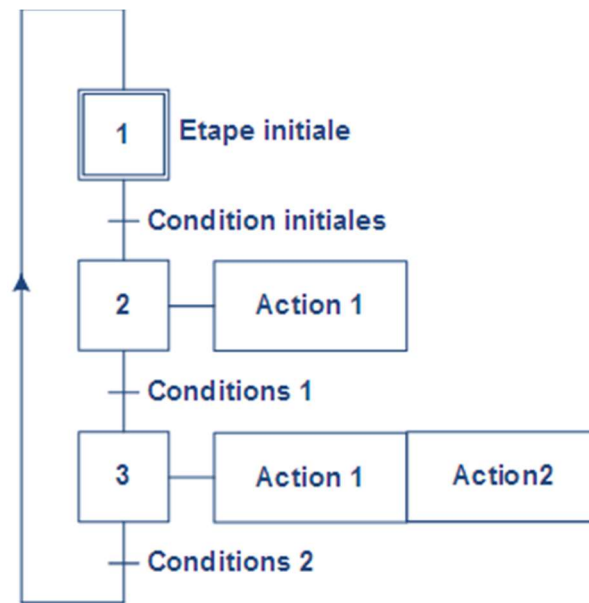


Figure 25 : Structure fonctionnelle simple du GRAFCET

Cette représentation permet non seulement décrire les séquences d'un cycle mais aussi d'effectuer sa programmation sur les automates qui comprennent toutes les structures de ce langage.

### 3.3.5.2. Présentation du Logiciel du PL7

La page de saisie du Grafcet est présentée par les figures 26 et 27.

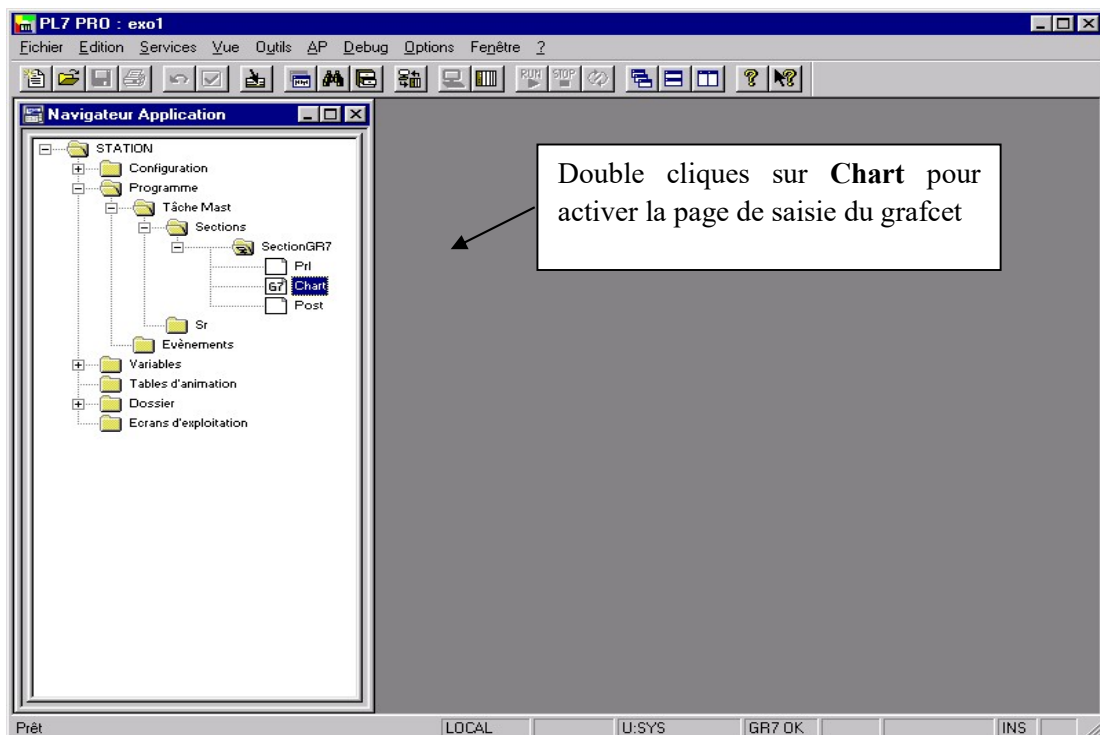


Figure 26 : Accès à l'écran de saisie du Grafcet

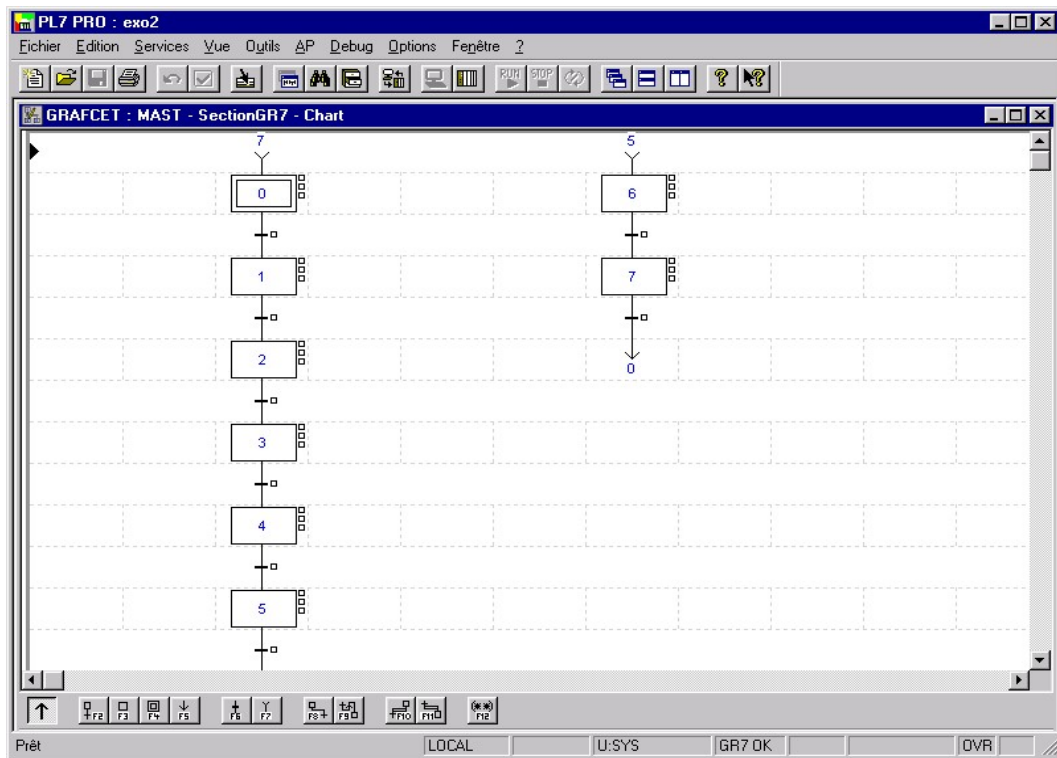


Figure 27 : Page de la saisie du GRAFCET sur PL7

#### 4. Exemple d'application des systèmes automatiques dans une installation hydraulique

##### 4.1 Automatisation de poste de relevage

Le système de pompage à étudier est situé dans une station d'épuration (poste de relevage): les pompes de relevage sont chargées de remonter les eaux usées stockées dans un réservoir jusqu'à une zone de dessablage chargée de retenir les sables qui ne sont pas dégradables.

On désire automatiser, sécuriser et rendre l'équipement plus performant. Alors on équipe le réservoir, de stockage des eaux usées, de deux pompes de relevage, d'un automate et de trois capteurs de niveau. Ces capteurs sont chargés de réguler le niveau d'eau dans le réservoir: C1 (niveau bas), C2 (niveau moyen), C3 (niveau haut). Voir figure 28.

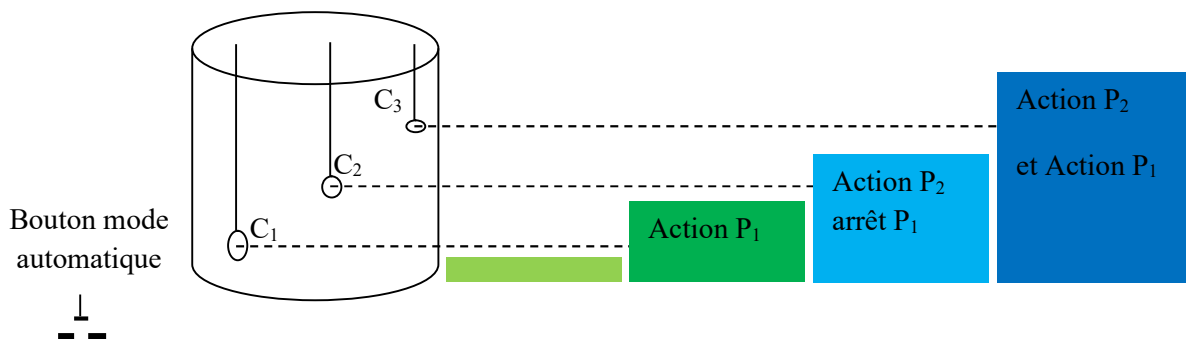
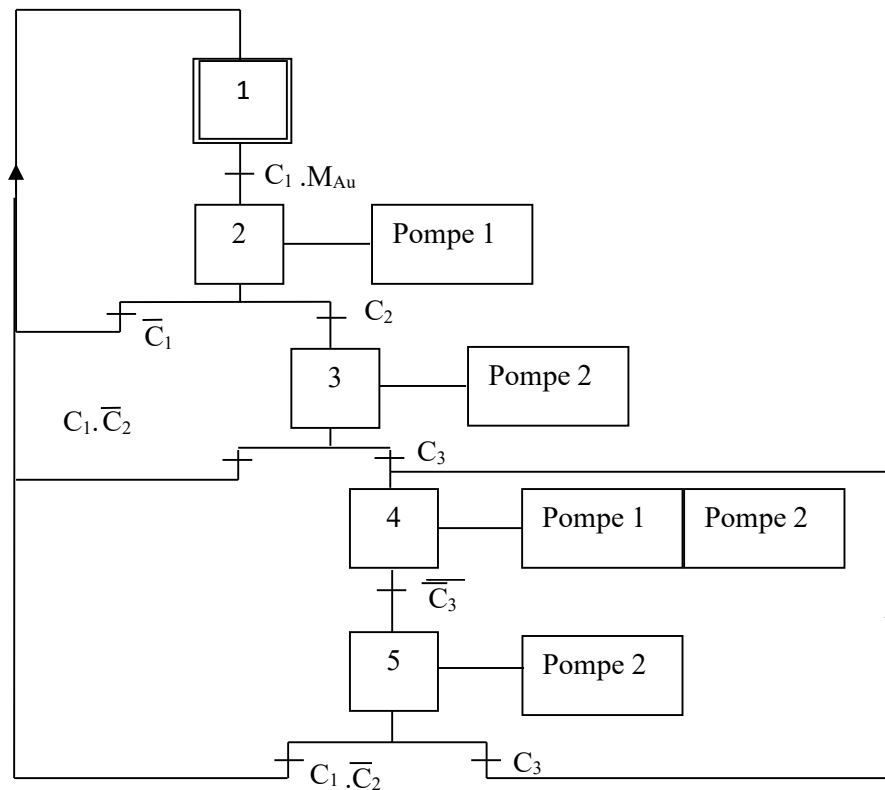


Figure 28 : Schéma de poste de relevage

Le fonctionnement en mode automatique de la station de pompage est exécuté par l'automate. La programmation de l'automate en langage GRAFCET est effectuée par la connexion avec un PC doté du logiciel **PL7** selon la structure suivante:



**Figure 29** : GRAFCET de poste de relevage

Le tableau d'affectation des entrées/sorties de l'automate est donné par :

Nom	Entrée/Sortie (E/S)	Adressage
Pompe 1	S	%Q2.1
Pompe 2	S	%Q2.2
Bouton mode automatique M <sub>Au</sub>	E	%I1.1
Captur de niveau bas C1	E	%I1.2
Captur de niveau moyen C2	E	%I1.3
Captur de niveau haut C3	E	%I1.4

**Tableau 3** : Affectation et écriture des entrées/sorties

Ainsi le câblage électrique avec l'automate est donné par la figure 30.

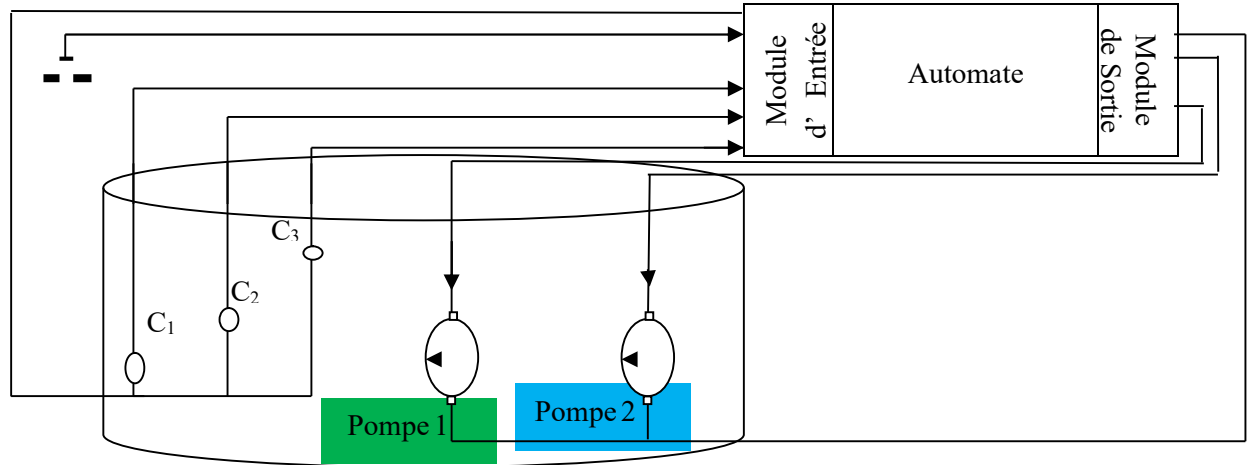
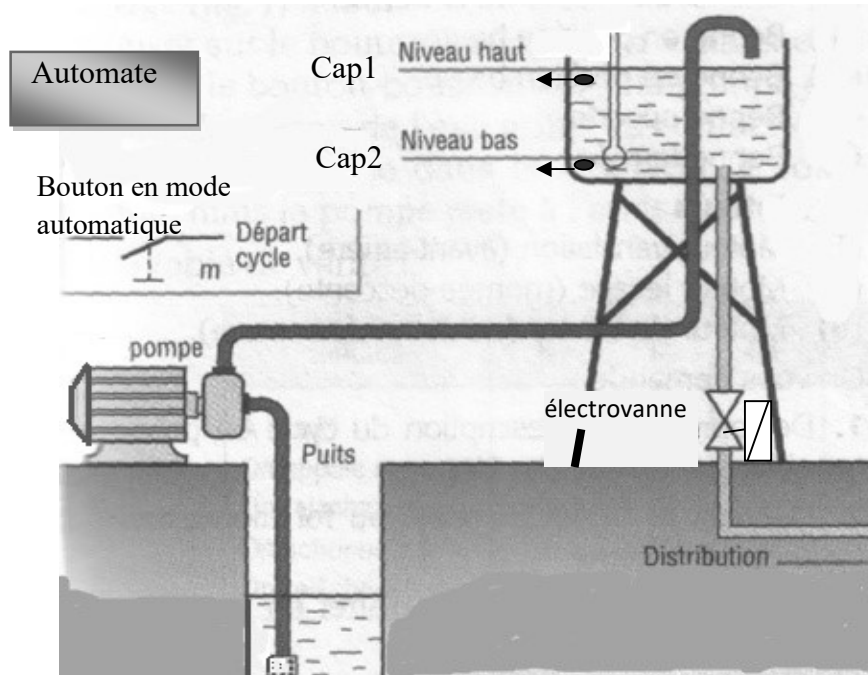


Figure 30 : Schéma du câblage électrique avec l'automate

#### 4.2 Automatisation d'une station de pompage

On souhaite automatiser une station de pompage dont la disposition est donnée par le schéma ci-dessous, alors on équipe cette station par un automate, deux capteurs de niveau de type TOR, une électrovanne de type TOR et un bouton poussoir.

Cette station fonctionne après mise en marche par appui sur le bouton poussoir « m » et selon le cahier des charges suivant : si le niveau du liquide est au niveau bas du capteur (Cap2) la pompe démarre et l'électrovanne est fermée, si le capteur de niveau bas (Cap2) est atteint par le liquide alors l'électrovanne est ouverte et la pompe continue d'être en marche, si le capteur de niveau haut (Cap1) est atteint par le liquide alors arrêt de la pompe et l'électrovanne reste ouverte, ainsi le réservoir se vide jusqu'au niveau bas Cap2 à ce moment là le cycle commence.



**Figure 31 :** Station de pompage équipée du système automatique

On commence par repérer les entrées et les sorties du système puis l'affectation et l'adressage de ces entrées/sorties par la suite la programmation de l'automate en langage GRAFCET.

Le tableau d'affectation des entrées/sorties de l'automate est donné par :

Nom	Entrée/Sortie (E/S)	Adressage
Bouton poussoir m	E	%I1.1
Capteur de niveau 1 (Cap1)	E	%I1.3
Capteur de niveau 2 (Cap2)	E	%I1.7
Pompe	S	%Q1.1
électrovanne	S	%Q1.3

**Tableau 4 :** Affectation et écriture des entrées/sorties

Le fonctionnement en mode automatique de la station de pompage est exécuté par l'automate d'après sa programmation en langage GRAFCET suivant :

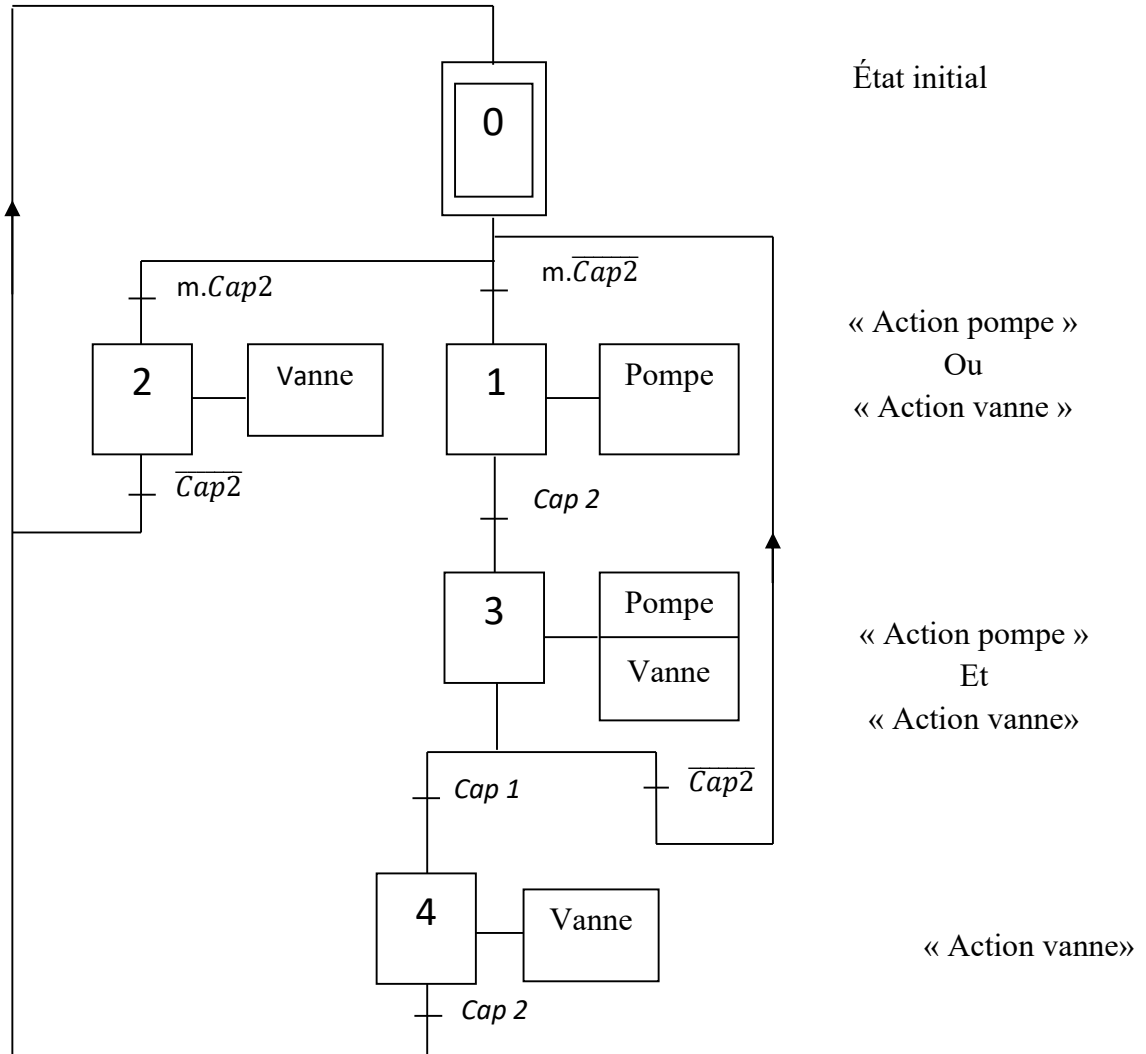


Figure 32 : GRAFCET de la station de pompage

Ainsi Câblage électrique du système automatisé (PC/PO) est donné par la figure 33

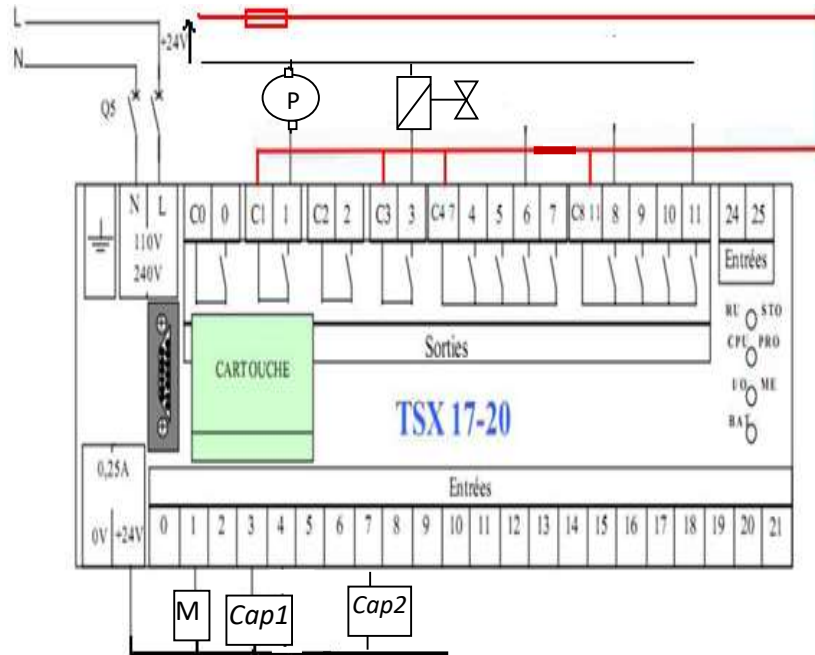


Figure 33 : Connexion de l'automate TSX 17 avec les capteurs et les actionneurs

# **Chapitre 3**

## **Systemes Automatisés de Gestion et de Supervision**

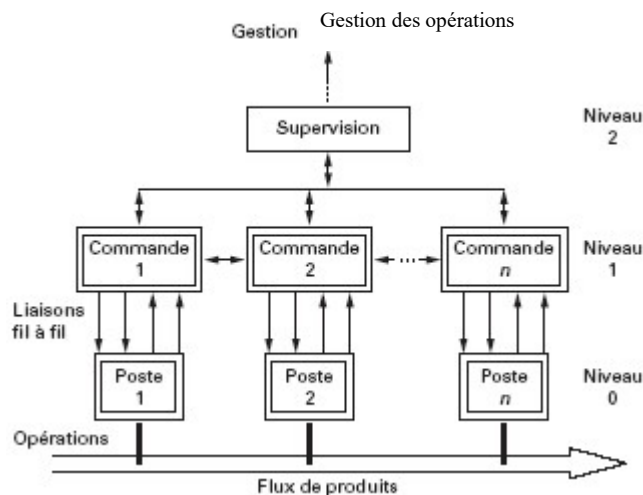
## 1. Introduction

Un système automatisé de gestion, c'est un système qui inclut un système de contrôle, de commande, de mesure, de conditionnement et d'analyse. L'architecture décentralisée qui en résulte facilite la conception et l'installation en permettant de fractionner les études, la mise en place, les tests ; elle améliore aussi la maintenance (modification aisée des programmes, de parties du système automatisé) et se traduit par plus de flexibilité et de disponibilité. Elle entraîne toutefois, du fait des multiples sous-ensembles fonctionnels, un fort accroissement des besoins de communication et de gestion.

L'opérateur chargé de conduire une installation automatisée doit impérativement disposer en temps réel d'une visualisation de l'état et de l'évolution des paramètres du processus, qui lui permette de prendre rapidement les décisions appropriées à ses objectifs. Cette fonction d'assistance à l'opérateur humain est appelée **supervision**.

## 2. Supervision et ses matériels

Il est apparu souhaitable, dans le cas des API, de dissocier dans le principe la fonction **supervision** de la fonction **commande**. En effet on recherche, sur un API, une très grande fiabilité qui n'est pas absolument nécessaire pour une tâche de simple collecte centralisée d'informations que l'on ne traitera qu'à l'usage d'opérateurs humains (visualisation, gestion), plus tolérants à l'erreur qu'une machine. [4]



**Figure 1** : Exemple de système de commande de gestion et supervision des opérations [4]

L'API ne se borne pas à communiquer avec le processus qu'il pilote via ses modules d'E/S. Il a besoin de communiquer avec d'autre organe. Parmi les autres types de relations susceptibles d'être assurées, nous citerons seulement [4]:

- la communication avec un opérateur par un pupitre ou un terminal;
- l'affichage local de valeurs numériques ou de messages ;

- les échanges d'informations avec des capteurs et actionneurs intelligents ;
- les échanges d'informations avec une supervision ;
- les échanges d'informations avec un processeur maître (d'autres automates (API) ou systèmes de commande), ou, au contraire, avec des esclaves, dans le cadre d'un réseau.

Il faudra, dans le cas général, connaître les types et marques d'API connectables, c'est-à-dire susceptibles d'échanger avec le superviseur le contenu de leur mémoire ; il faudra aussi s'informer des régulateurs, des ordinateurs de conduite et des commandes numériques de machines-outils connectables, ainsi que d'autres dispositifs tels que les entrées-sorties, cette liste n'étant pas exhaustive.

Pour donner une idée de l'importance de ces besoins, nous dirons qu'en taille de programme, la gestion de la communication peut prendre la même place que le traitement TOR, base de départ des API. Un logiciel de supervision qui ne peut traiter qu'une seule marque de matériel.

La supervision dont le rôle dépasse largement la communication entre API et opérateur, car il concerne l'ensemble du système automatisé de gestion ou de production, mais le(s) poste(s) de supervision n'en constitue(nt) pas moins un outil de communication à distance pour recevoir des informations de l'automate, lui donner des ordres (la supervision n'échangeant pas directement avec les capteurs et actionneurs), voire changer certains de ses paramètres.

Outre les fonctions de base (surveillance du processus sur un synoptique-écran, conduite de ce processus depuis le poste de commande, édition d'historiques des données et de courbes de tendance, affichage des alarmes éventuelles), les supervisions actuelles peuvent exécuter des téléchargements de programmes, des recettes (pour les traitements par lots), des calculs statistiques. Un superviseur est d'autant plus ouvert à divers types d'automatismes qu'il *supporte* (met en œuvre) un plus grand nombre de types de protocoles [4].

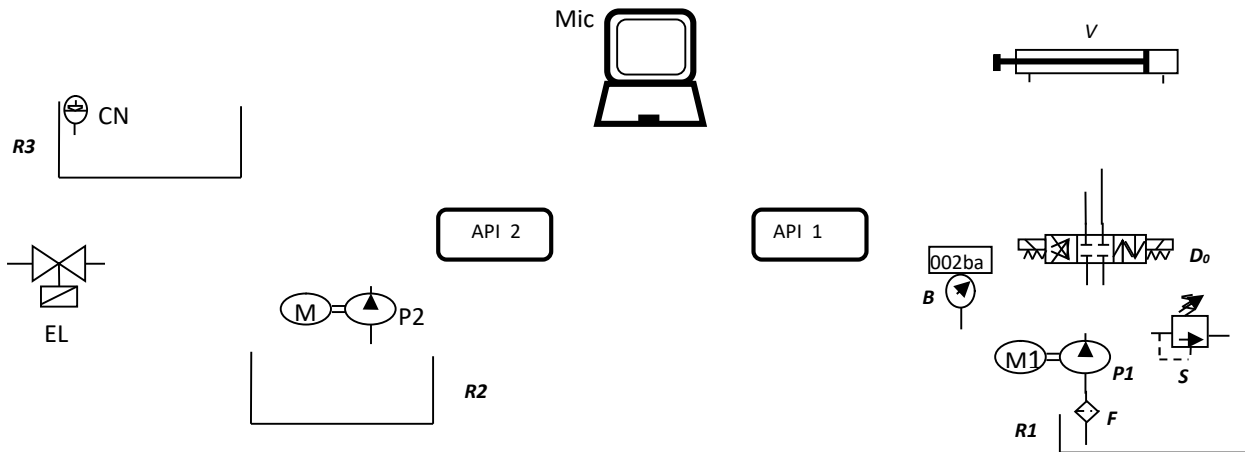
Le problème se pose aussi de la cohérence temporelle des informations transmises à la base de données, qui pourraient dater de créneaux de temps, d'intervalles d'échantillonnage différents, en particulier lorsqu'elles ne proviennent pas du même automatisme ; la datation systématique des données résout ce problème mais en pose un autre, celui de la synchronisation des diverses horloges, chaque automatisme possédant la sienne. La difficulté s'accroît lorsque les informations doivent cheminer dans un réseau de communication.

Il est nécessaire de se préoccuper du transfert de données. Les exigences temporelles et le type de données à véhiculer vont permettre de présenter les réseaux adéquats.

Une supervision se compose au moins : *d'un réseau de communication et de poste superviseur* ce dernier est constitué d'un processeur support, un clavier opérateur, un écran de supervision, un logiciel spécialisé et une base de données.

### 2.1. Exemple de connexions des différents matériels selon les différents réseaux

On souhaite superviser le système hydraulique de la figure suivante :



**Figure 2 :** Eléments électriques et hydrauliques en vue de les connectés

On vous demande d'établir :

1) un tableau qui identifie le symbole, la fonction de chaque matériel et le type d'affectation avec le port d'entrée ou de sortie (E /S) de l'automate si elle existe:

2) des connexions possibles entre les différents matériels, selon les différents réseaux :

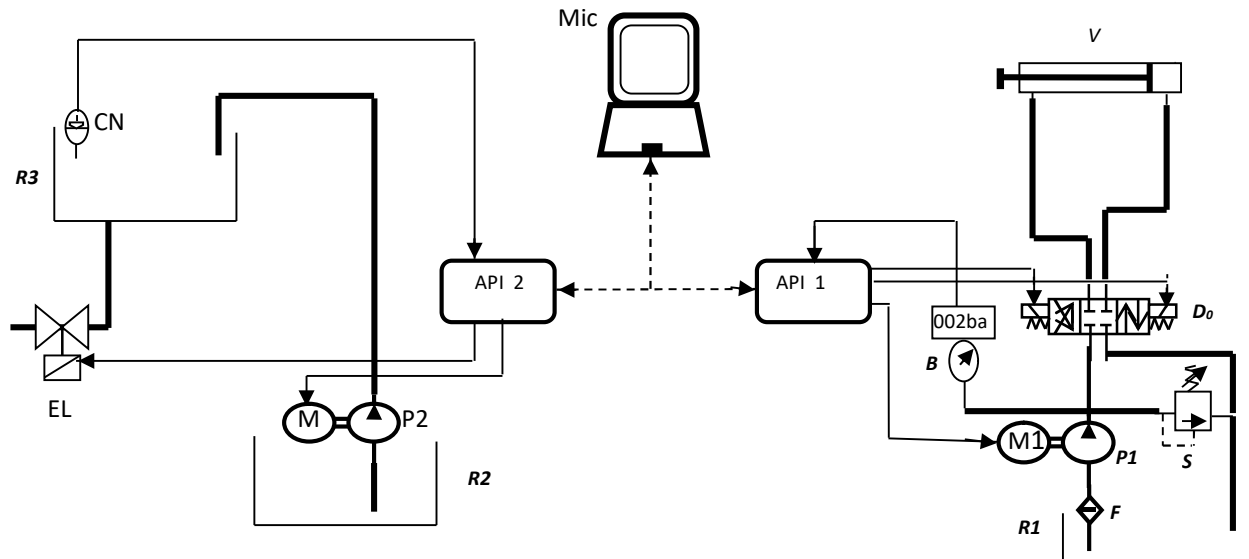
- pour le réseau hydraulique, indiquer la connexion par des trait en gras ;
- pour le réseau électrique, indiquer la connexion et le sens de circulation des informations par des traits fins avec des flèches ;
- pour le réseau de communication ou réseau téléphonique, indiquer la connexion et le sens de circulation des informations par des tirets avec des flèches.

**Solution**

1) Le tableau qui suit, identifie le symbole et la fonction de chaque matériel:

Repère	Nom	Fonction	Entrées /sorties avec l'automate	
			E	S
<i>V</i>	Vérin hydraulique	Transformer la puissance hydraulique en puissance mécanique	–	–
<i>D<sub>0</sub></i>	Distributeur	Distribuer la puissance hydraulique au vérin		X
<i>D<sub>1</sub></i>	Limiteur de débit	Limite le débit pour contrôler la vitesse d'entrée du vérin	–	–
<i>B</i>	Manomètre	Mesurer la valeur de la pression	X	
<i>L</i>	Débitmètre	Mesurer la valeur du débit	X	
<i>S</i>	Limiteur de pression	Protéger l'installation contre les surpressions	–	–
<i>P1 , P2</i>	Pompe	Fournir l'énergie hydraulique (générateur de débit)		X
<i>F</i>	Filtre	Empêcher les impuretés de s'infiltrer dans les organes sensibles	–	–
<i>A</i>	Thermomètre	Mesurer la température	X	
<i>R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub></i>	Réservoirs	Stocker le fluide	–	–
<i>CN</i>	Capteur de niveau	Mesuré le niveau du fluide	X	
<i>EL</i>	Electrovanne	Empêcher ou laisser le passage du fluide		X
<i>API1,API2</i>	Automate programmable	Commander le système hydraulique	_____	
<i>Mic</i>	Microordinateur	Superviser le système hydraulique	_____	

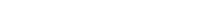
2) les connexions possibles entre les différents matériels :



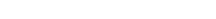
Réseaux hydraulique



Réseaux électrique



Réseaux de communication (téléphonique)



**Figure 3 :** Schéma de connexion et de distribution des réseaux hydraulique, électrique et téléphonique avec le superviseur et les organes d'un système hydraulique.

### 3. Réseaux de communication (téléphonique)

Le réseau est le lien de communication partagé par plusieurs dispositifs. Le réseau de communication (téléphonique) est un ensemble de connexion assurant la **communication** d'information entre plusieurs dispositifs.

Chacun d'eux est identifié par une adresse unique. La communication se fait suivant des protocoles déterminés (DeviceNet, Profibus, Ethernet, ...).

Des réseaux à plus haut débit se font jour tels que ATM (Asynchronous Transfer Mode), Ethernet 100. ATM apporte des services de synchronisation et de temps réel.

Les réseaux de terrain permettent de répondre aux contraintes temporelles et à la notion de cohérence temporelle pour les échanges de bas niveau (capteur/actionneur, E/S (entrées/sorties) déportées ...). Ils se réclament du modèle OSI dans une version simplifiée ne comportant que les couches 1, 2 et 7 qui permettent de gagner en temps de traitement en simplifiant les structures de trame d'échanges de données (tableau 1) [4].

Le réseau Ethernet avec les protocoles TCP/IP est utilisé pour le niveau de commande.

Couche	Protocole
7	MMS/FTP/Telnet/http
6	
5	
4	TCP
3	IP
2	Ethernet
1	ATM

**Tableau 1:** Modèle OSI Principaux protocoles [4]

Les services MMS permettent de couvrir les besoins de la couche application, notamment les besoins de communication entre équipements (automates, CNC, SNCC, superviseur...). Les aspects de synchronisme et de temps réel ne sont pas obligatoirement primordiaux.

HTTP: Hyper Text Transfer Protocol

MMS : Manufacturing Messaging Service

FTP : File Transport Protocol

ATM : Asynchronous Transfer Mode

**TCP/IP :** Le standard TCP/IP signifie «Transmission Control Protocol/Internet Protocol» sert d'intermédiaire entre les protocoles applicatifs et les protocoles de transmissions de bas niveau comme Ethernet, Ethernet 100, ATM. IP peut donc fonctionner sur des liaisons à faible débit aussi bien que sur des liaisons à haut débit.

C'est un protocole routable, qui peut emprunter des chemins de natures différentes (réseau local, étendu, RTC, RNIS).

Longueurs des données	Durée	Niveau	Principaux réseaux
Fichiers ↑ ↓ Bits	1 journée	Planification et exécution niveaux 3 à 5	Support : RNIS, LS
			Standard : TCP/IP
			Mixte support-standard : ATM
	1 min		Référentiel : Ethernet
	1 s	Commande : niveaux 0 à 2	Standard : TCP/IP, MMS
			Référentiel : Ethernet
1ms	Réseaux de terrain (capteur/actionneur, SNCC, automates, ...)		

Tableau 2 : Les principaux réseaux [4]

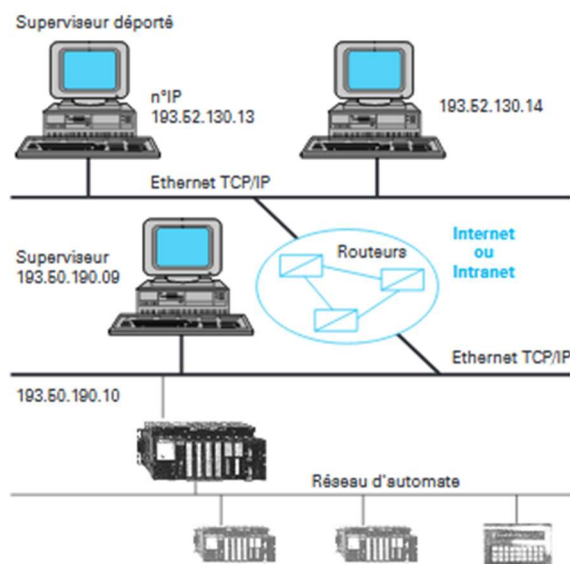


Figure 2 : Supervision déportée sur un réseau IP

Le Réseau numérique à Intégration de Services (**RNIS**, en anglais ISDN pour Integrated Services Digital Network) désigne un système de réseau standard pour la transmission de données sur les lignes téléphoniques en cuivre. Ces liaisons, (les lignes Numéris ou RNIS ou ISDN) sont des exemples de liaison point à point. Grâce à un routeur à chaque extrémité de la liaison, il est

possible de communiquer entre le point A et le point B au moyen d'une ligne numérique transmettant de la voix ou des données.

### 3.1. Réseau d'automate (Niveau 1)

Ces liaisons s'effectuent par réseaux ou directement, dans ce dernier cas, elles obéissent fréquemment au protocole MODBUS ou une de ses variantes (JBUS, SYCODIS, etc.) qui régit des liaisons série entre un maître et un ou plusieurs esclaves.

**MODBUS** est un protocole de communication non-propritaire, créé en 1979 par Modicon, utilisé pour des réseaux d'automates programmables. Ce protocole basé sur une structure hiérarchisée entre un client unique et plusieurs serveurs est dans le domaine public et sa spécification est publique (entre un maître et plusieurs esclaves).

#### a) Mode RTU (Unité terminale distante): RS232, RS422, RS485

Le mode de transmission utilisé est le mode RTU (Unité terminale distante). La trame ne comporte ni octet d'en-tête de message, ni octets de fin de message.

Il fonctionne sur le mode maître-esclave. Seul le maître est actif, les esclaves sont complètement passifs.

C'est le maître qui doit lire et écrire dans chaque esclave de la boucle série.

Il est constitué de trames contenant le numéro de l'esclave concerné, la fonction à traiter (écriture, lecture), la donnée et le code de vérification d'erreur appelé contrôle de redondance cyclique sur 16 bits ou CRC16.

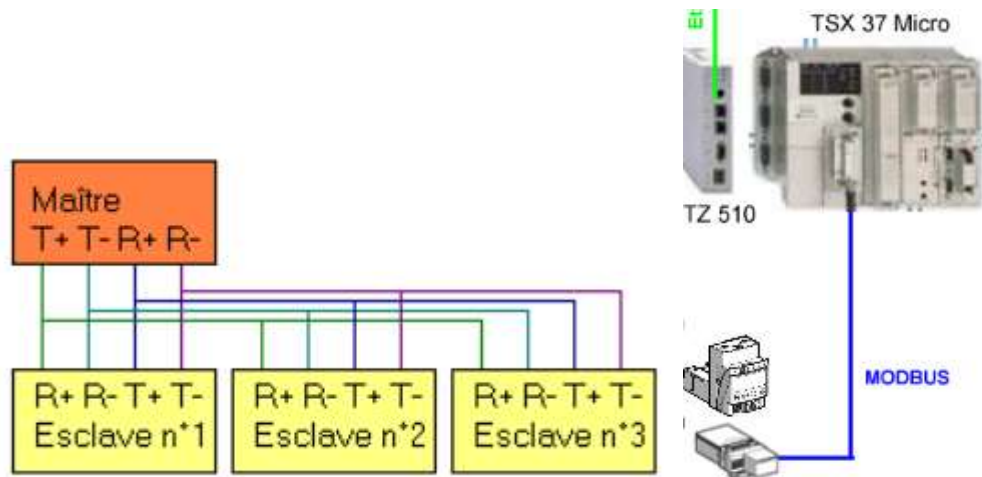


Figure 3 : Liaison multipoints (MODBUS)

#### b) Mode de communication (half-duplex) : (2 fils ou 4 fils)

- le maître communique à un esclave et attend sa réponse,
- le maître communique à l'ensemble des esclaves, sans attente de réponse (diffusion générale). Il ne peut y avoir sur la ligne qu'un seul équipement en train d'émettre. Aucun

esclave ne peut envoyer un message sans une demande préalable du maître. Le dialogue entre les esclaves est impossible.

Le maître envoie un message constitué de la façon suivante:

<b>START</b>	<b>Adresse de l'esclave concerné</b>	<b>Instruction (Fonction)</b>	<b>Données</b>	<b>Contrôle CRC</b>	<b>END</b>
Silence	1 octet	1 octet	n octets	2 octets	Silence

- La taille maximale des données est de 256 octets.
- Les données sont transmises en binaire.
- CRC : paramètre de contrôle polynomial (Cyclic Redundancy Check). La détection de fin de trame est réalisée sur un silence supérieur ou égal à 3 caractères.

### c) Mode TCP : (Ethernet, wifi)

Il fonctionne sur le mode clients-serveur. Seuls les clients sont actifs, le serveur est complètement passif. Ce sont les clients qui doivent lire et écrire dans le serveur MODBUS. Chaque client doit se connecter au serveur en protocole TCP (adresse IP du serveur, port 502). Le serveur est identifié par :

1. son adresse IP
2. le numéro du port sur lequel il attend les demandes de connexion (port 502 par défaut).

Il est constitué de trames contenant la fonction à traiter (écriture, lecture) et la donnée. Ce protocole a rencontré beaucoup de succès depuis sa création du fait de sa simplicité et de sa bonne fiabilité. Un regain d'intérêt lui confère un certain avenir depuis son encapsulation dans les trames Ethernet grâce à MODBUS over TCP/IP.

## 3.2. Réseau informatique (Niveau 2)

Les applications à ces niveaux sont parfois réparties sur de grandes distances ; les aspects de synchronisme et de temps réel ne sont pas une contrainte pour le niveau de planification. Pour ces réseaux qui couvrent le « haut » de la station d'AEP, le quasi-

standard est le référentiel Ethernet à 10 Mbit/s avec l'utilisation du standard TCP/IP pour les couches de routage et de transport. Ces couches sont nécessaires du fait de la quantité de données à échanger et de l'étendue des réseaux supportés.

Pour les liaisons de grandes distances, nous trouvons, au niveau des couches basses des réseaux, des liaisons spécialisés LS (Transfix...) ou RNIS.

### 3.2.1. Différents types de topologie des réseaux

Un réseau informatique est constitué d'ordinateurs reliés entre eux grâce à des lignes de communication et des éléments matériels. L'arrangement physique, c'est-à-dire la configuration spatiale du réseau est appelé topologie physique.

#### a. Topologie en bus

Les ordinateurs sont reliés sur le même câble de communication. Les données de tous les récepteurs sont donc transmises sur le même câble.

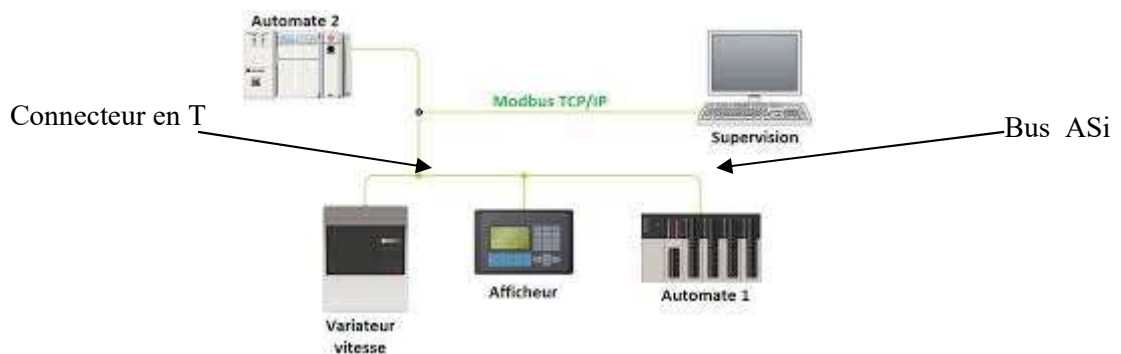


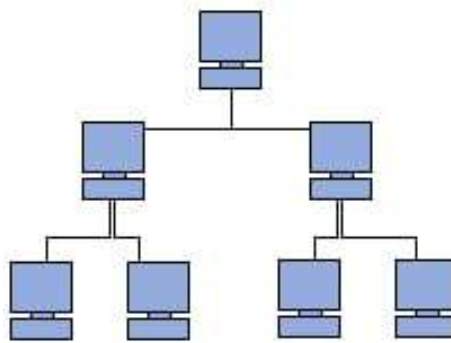
Figure 4 : Topologie en bus

Exemple bus (AS-i) L'AS-Interface (AS-i) – ou plus précisément l'Actuator-Sensor Interface – est un système de mise en réseau simple et efficace pour le niveau de terrain. La liaison physique est composée d'une simple paire de fils gainés d'un isolant électrique. Sur ces fils transitent les données ainsi que l'alimentation électrique.

#### b. Topologie en étoile

Dans une topologie en étoile, les ordinateurs du réseau sont reliés à un système matériel central appelé concentrateur (en anglais hub) ou commutateur (switcher). Il a pour rôle d'assurer la communication entre les différentes jonctions.





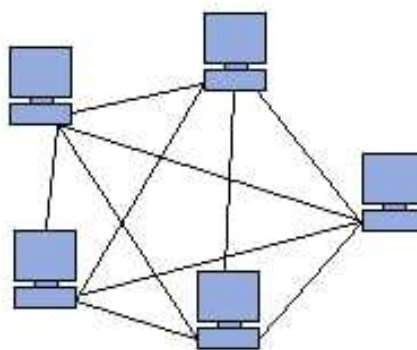
**Figure 7 :** Topologie en arbre

**e. Topologie en maille**

Une topologie maillée, est une évolution de la topologie en étoile, elle correspond à plusieurs liaisons point à point. Une unité réseau peut avoir (1, N) connexions point à point vers plusieurs autres unités. Chaque terminal est relié à tous les autres.

L'inconvénient est le nombre de liaisons nécessaires qui devient très élevé. Cette topologie se rencontre dans les grands réseaux de distribution (Exemple : Internet). L'information peut parcourir le réseau suivant des itinéraires divers, sous le contrôle de puissants superviseurs de réseau, ou grâce à des méthodes de routage réparties.

Ainsi, en cas de rupture d'un lien, l'information peut quand même être acheminée. Elle existe aussi dans le cas de couverture Wi-Fi. On parle alors bien souvent de topologie mesh mais ne concerne que les routeurs WiFi.



**Figure 8 :** Topologie en maille

## 4. Poste superviseur

Ce poste constitue d'une unité centrale (processeur) dotée d'un logiciel spécialisé et une base de données, un clavier opérateur, un écran de supervision souvent de grand format.

### 4.1. Base de données

La base de données du superviseur contient les informations concernant les divers automatismes : c'est donc l'élément central, et il faut connaître le nombre et le type de variables qu'elle peut mémoriser. Ces variables peuvent être :

- tout ou rien (TOR), représentées par un bit unique de valeur 0 ou 1 ;
- analogiques, représentées par un nombre de bits prédéfini ;
- des chaînes de caractères, également codées suivant un formatage (nombre de bits) prédéterminé.

### 4.2. Logiciels spécialisés [4]

La diversité des traitements mis en œuvre dans un réseau d'AEP nécessite l'utilisation de nombreux logiciels pour réaliser l'ensemble de ces fonctions (gestion, supervision, maintenance...).

Nous avons choisi de présenter les programmes ou logiciels les plus représentatifs suivant les différents niveaux d'AEP :

- contrôle-commande ;
- SGDT (Système de gestion de données techniques).
- supervision ;

#### 4.2.1. Contrôle-commande

La micro-informatique est présente dans les offres de contrôle-commande sous différentes formes :

- l'automate programmable dans l'ordinateur ;
- l'ordinateur dans l'automate programmable ;
- l'automate sur plate-forme PC : l'ordinateur gère la partie opérative du procédé dont les capteurs et actionneurs sont connectés sur réseau ou bus de terrain (Niveau 1) ;
- la commande numérique à calculateur CNC ;
- le SNCC (système numérique de contrôle-commande) sur plate-forme PC.

#### 4.2.2. Système de gestion de données techniques SGGT

Les systèmes de gestion de données techniques (SGDT) constituent un ensemble d'informations techniques.

Un SGGT :

- organise et gère les accès, les modifications, le partage, le groupement, la sécurité, l'acquiescement des données ;
- contrôle l'accès multiple à la même donnée technique au même moment ;
- assure l'archivage des données techniques;

#### 4.2.3. Supervision

La plupart des superviseurs se composent d'un moteur central auquel se rattachent des modules fonctionnels ayant pour fonction l'acquisition des données provenant des équipements, l'affichage et le traitement de ces données, la communication avec d'autres applications.

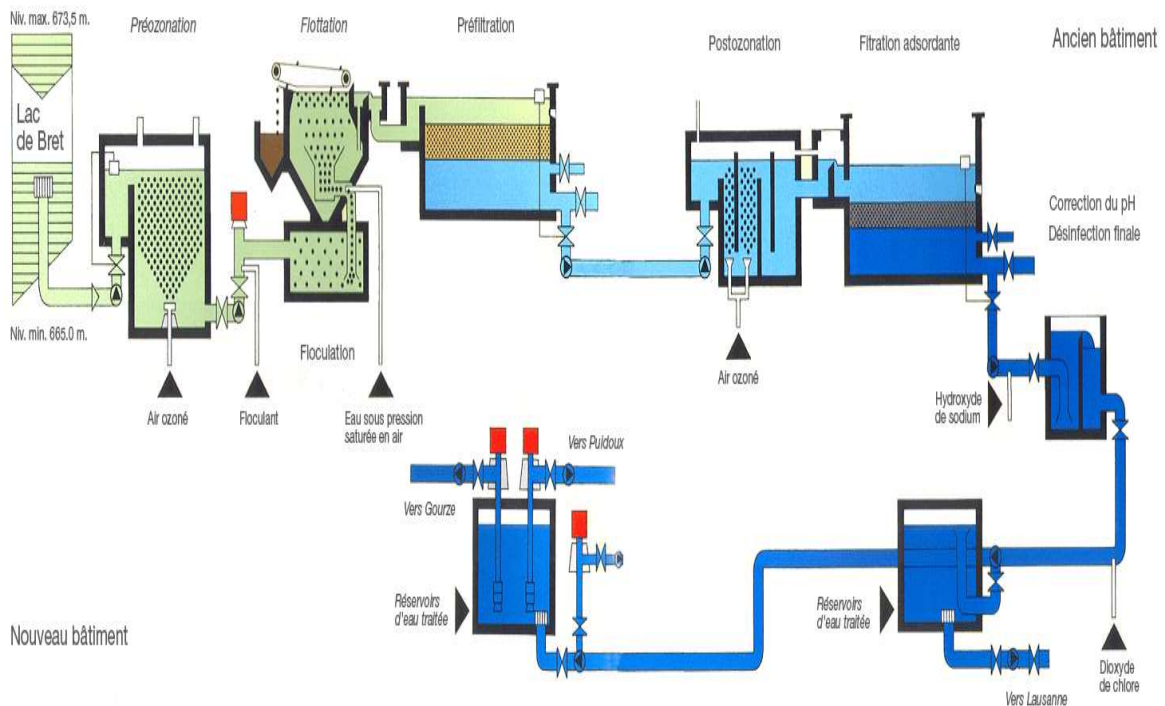


Figure 9 : Exemple d'interface utilisateur de l'application de supervision

Ils proposent des modules fonctionnels tels que [4] :

- éditeurs graphiques ;

- historiques des données ;
- rapports de suivi de production ;
- gestionnaires d'alarmes ;
- fonctions métiers (gestionnaire de recettes, suivi de lot, gestionnaire d'astreinte, maintenance) ;
- contrôles statistiques de procédés (SPC) ;
- scripts. Les scripts fournissent un accès facile à l'ensemble des fonctionnalités du superviseur (animations, fichiers, calculs mathématiques, séquences logiques de commande...). Ils intègrent les principes de la programmation orientée objets et sont ouverts sur des bases de données standards (ACCESS, ORACLE, DBM, SYBASE).

#### 4.2.3.1. Imagerie et approche d'objet [4]

L'approche objet consiste à découper un problème. Un objet structure un ensemble de données et encapsule le comportement d'un élément physique du procédé. L'objet sera créé une fois pour toutes, puis dupliqué et paramétré (instancié) autant de fois qu'il est nécessaire.

#### Exemple 2 :

Un objet « vanne » (figure 10) peut être créé si l'on définit ses entrées/sorties E/S, puis son comportement. Il sera utilisé comme « moule », dès lors que l'on voudra inclure une vanne en programmation automate ou superviseur.

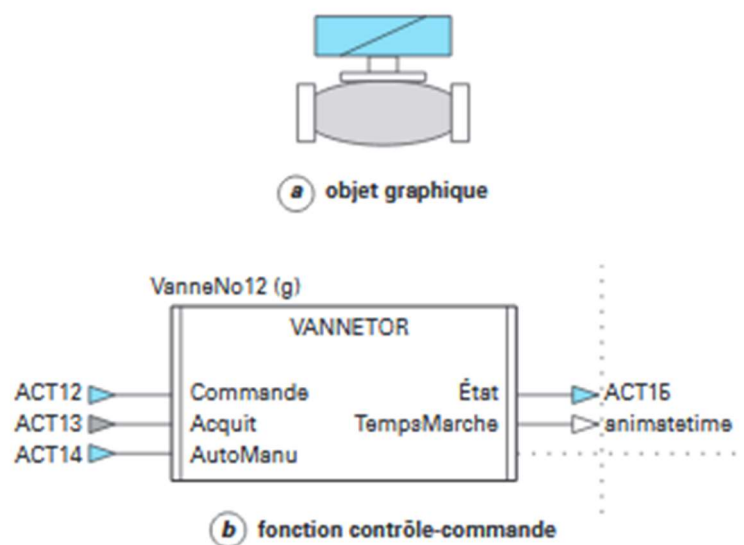


Figure 10 : Objet vanne [4]

Des bibliothèques d'objets peuvent ainsi être constituées et complétées au fur et à mesure des besoins. Issue du monde informatique, cette approche permet la réutilisation du code (relations d'héritage, relations d'utilisation, assemblages), ainsi que la sauvegarde du savoir-faire.

Cette approche offre aussi la perspective de mieux appréhender la complexité et la nouveauté des systèmes modulaires, réutilisables en partie ; elle est plus simple à comprendre et à maintenir. Une base de données « automatisme » sera composée essentiellement d'objets d'automatismes avec l'utilisation des protocoles de communication objet à objet : (CORBA, ActiveX). Ces objets encapsuleront les comportements procédés fonctionnels, ergonomiques (MMI et supervision) et de sécurité (machine, homme).

#### **4.2.3.2. Exigence technique**

Les aspects techniques suivants seront considérés dans le développement et l'harmonisation des systèmes de gestion de l'information et de communication :

- Les informations et les données sont tous le temps rapidement disponibles à chaque poste de travail sans redondance ;
- La gestion des droits d'accès à l'information (lire, éditer, structurer, supprimer, télécharger) doit être convivial et sécurisé.
- Les systèmes des bases de données utilisées dans la GIRE moderne doivent fournir des interfaces web autant pour la gestion que pour le renseignement et la requête.

## Références

- [1] <https://charente-eaux.fr/eau-potable/un-service-public>
- [2] <https://docplayer.fr/12010795-Supervision-et-reseaux-industriels-j-p-chemla-polytech-tours.html>
- [3] <http://bmaillard.free.fr/backup/cours/Cours/presentation/automate%20programmable.htm>
- [4] P. J. Toublant, S. Crepet, N. Rafii, Y. Graton, Techniques de l'Ingénieur. (Traitement des données industrielles par micro-informatique).
- [5] <https://docplayer.fr/15187779-Fonctionnement-des-electrovannes-de-suspension.html>
- [6] T. Leroi et S. Mertz, Capteur (d'après MIH Valentin), (MOGDON Jean-Baptiste).
- [7] B. Descotes et G. J. Le Bail, L'automatique en classes préparatoires édition ellipses (1995).