

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITÉ MOULOUD MAMMÉRI, TIZI-OUZOU  
FACULTÉ DE GENIE ÉLECTRIQUE ET DE L'INFORMATIQUE  
DÉPARTEMENT D'ÉLECTRONIQUE

**Mémoire de fin d'études**  
Présenté en vue de l'obtention  
du Diplôme d'Ingénieur d'Etat en Automatique

*Thème:*  
*Développement d'une solution programmable  
de supervision automatisée et d'aide à la  
décision du système purge/vidange de la  
centrale électrique de cap Djinet*

Présenté par :

ABERKANE Amine

Promoteur:

MESSAR Youcef

Proposé et dirigé

ABID Abdellah

Promotion 2008

# SOMMAIRE

Avant propos.....	01
-------------------	----

## Introduction générale

1- aléas et problématique.....	02
2- objectif.....	02
3- moyen d'étude.....	02
4- déroulement de l'étude.....	03

## CHAPITRE I : Description générale de la centrale de Cap Djinet et du système Purge/vidange

Introduction.....	04
1. Généralités sur la centrale thermique .....	04
2. Description de la centrale .....	06
2.1.1. Station de pompage d'eau de mer .....	06
2.1.2. Station de dessalement .....	06
2.1.3. Station de déminéralisation .....	06
2.1.4. Station de production d'hydrogène .....	06
2.1.5. Poste de détente de gaz .....	06
2.1.6. Poste de dépotage et transfert de fuel .....	06
2.1.7. Station d'électro-chloration .....	06
2.2. Les générateurs de vapeur .....	07
2.2.1. La chaudière .....	07
a. Circuit eau .....	07
❖ L'économiseur .....	07
❖ L'économiseur .....	07
❖ Colonnes de descente et tubes écrans .....	07
b. Circuit vapeur .....	08
❖ Les surchauffeurs .....	08
❖ Les resurchauffeurs .....	08
❖ Les désurchauffeurs .....	08
c. Le système d'air et de fumée .....	08
Circuit « fumée » .....	08
Circuit air .....	08
❖ Ventilateurs de soufflage .....	09
❖ Ventilateurs de recyclage .....	09
2.2.2. Système de brûleurs .....	09
2.2.3. Chambre de combustion (foyer) .....	10
2.2.4. Condenseur .....	10
2.3. Système turbo-alternateur .....	10
2.3.1. Turbine à vapeur .....	10
2.3.2. L'alternateur .....	10

3. Fonctionnement de la centrale .....	11
3.1. Préparation de l'eau déminéralisée .....	11
3.2. Génération de vapeur .....	11
3.3. Transformation de la vapeur en énergie électrique .....	11
4. Système de vidanges/purges de la chaudière .....	12
4.1. Définition .....	12
4.2. Description du Système de vidanges/purges de la chaudière .....	12
4.2.1. Vannes de purges .....	13
4.2.2. Vannes de vidange .....	13
5 Instrumentation .....	14
a. Les capteurs .....	14
❖ Capteur de température .....	14
❖ Capteur de pression .....	15
❖ Capteur de niveau .....	15
b. Les actionneurs .....	15
❖ Servomoteur .....	16
Conclusion.....	20

## **CHAPITRE II : Modélisation du système purge/vidange.**

Introduction .....	21
1. Définition du GRAFCET .....	21
2. Elément de base d'un grafcet.....	21
3. Règles d'évolutions du grafcet.....	22
4. Structure de base .....	22
5. Niveau de grafcet .....	23
6. Les abréviations utilisées dans notre modèle .....	25
6. a. Les actions .....	25
6. b. Les réceptivités .....	27
7 Modélisation du système purge/vidange .....	30
Conclusion .....	30

## **CHAPITRE III : Concrétisation du modèle de conduite.**

Introduction .....	33
1. Critère de choix de l'automate programmable industriel.....	33
2. Définition de l'automate S7-300 .....	34
3. Modularité du S7-300 .....	35
4. Périphérique de communication .....	36
5. Programmation avec le SIMATIC STEP7 .....	37
5. a. Proiciel STEP7 .....	37
5. b. Configuration matérielle .....	37
6. Structure de notre programme .....	38
6. a. Type de programme utilisé .....	38
6. b. Blocs utilisés dans notre programme .....	38

7. Exemple d'une partie de notre programme .....	46
8. Table des mnémoniques .....	48
9. Validation du programme de conduite .....	49
10. Exemple de simulation de notre programme .....	50
Conclusion .....	53

## **CHAPITRE IV : Développement d'une plate forme de supervision**

Introduction .....	54
1 Constitution d'un système de supervision.....	54
2 Apport de la supervision .....	55
3 Positionnement dans l'environnement IHM .....	56
4 Différents niveaux de performance .....	57
5 Composants du système .....	57
5.1. Structure du système .....	57
5.2 Système de base WinCC .....	57
5.3 Options WinCC .....	58
6 Configurations .....	58
6.1 Flexibilité .....	58
6.2 Configurations .....	58
7 Intégration dans l'environnement SIMATIC .....	58
7.1 Communication .....	58
7.1.1 Fonctions de la communication .....	58
7.1.2 Communication avec les automates programmables .....	59
8 Utilisation directe de mnémoniques STEP 7 sous WinCC .....	60
8.1 Déroulement de la communication au runtime .....	60
8.2 Schéma de fonctionnement de WinCC .....	60
8.2.1. Présentation .....	61
9 Application disponible sous WinCC.....	62
10 Procédure de programmation.....	63
Conclusion .....	70

### **Conclusion générale**

### **Bibliographie**

## **Avant propos**

Ce mémoire se rapporte à l'étude du système purge/vidange de la centrale thermique de Cap Djinet.

La centrale thermique en question implantée sur le littoral est à 80 Km d'Alger dans la commune de Cap Djinet, wilaya de Boumèrdes. Elle s'étend sur une superficie de 35 Hectares.

Elle a été construite pendant les années 80, en vue de renforcer le réseau électrique du pays. La première tranche fut livrée le 17 Juin 1986.

Composée de quatre (04) tranches (compartiments) identiques de type thermo-vapeur d'une puissance de 176 Mw, elle fournit au réseau 672 Mw. Le reste est consommé par les installations auxiliaires (soit 32 Mw environ en auto alimentation).

Son principe de fonctionnement est basé sur l'utilisation de l'eau de mer comme caloporteur d'énergie (transporteur d'énergie calorifique) à haute température et sous pression.

L'énergie électrique est la plus utilisée dans la vie moderne car peu polluante et adaptable à tous les systèmes modernes.

Son acheminement se fait par câbles meilleur moyen en matière de transport d'énergie et surtout plus économique.

L'énergie électrique ne se trouve pas dans la nature sous forme directement exploitable à l'échelle des besoins industriels, donc il est nécessaire de partir d'une autre source que l'on appelle « énergie primaire » telles que l'énergie hydraulique, l'énergie solaire, l'énergie nucléaire, thermique, l'énergie éolienne, etc..

La centrale de Cap Djinet est du type thermique. Elle a pour rôle de produire de l'électricité à partir de la transformation de l'énergie calorifique (flux de vapeur) en énergie mécanique (Turbine).

### **Aléas et problématique**

Vu l'ancienneté de cette centrale thermique, la commande électrique et la surveillance des équipements s'effectuent par un système à base de logique câblée qui présente plusieurs inconvénients :

- Dont la non disponibilité de cartes de rechange du circuit de commande sur le marché national ;
- Les difficultés rencontrées dans l'entretien et la maintenance de ces équipements.

### **Objectif**

Notre objectif visera à remplacer la commande existante à base de logique câblée et de carte électrique (ISKAMATIQUE) par une commande logique et séquentielle programmée par automate plus performante de type « SIMATIC STEP7 ».

### **Moyen d'étude**

L'objet de notre travail consiste donc à étudier le fonctionnement détaillé du système purge/vidange et à développer une solution de commande et de supervision « on-line » à base d'automate « SIEMENS S7-300 ».

## **Déroulement de l'étude**

Le plan du présent mémoire est conçu de la manière suivante :

- ✚ Le premier chapitre présente la description du fonctionnement de la centrale et du système purge/vidange ;
- ✚ Le deuxième chapitre est consacré à la modélisation du système purge/vidange par « GRAFCET » ;
- ✚ Le troisième chapitre est la concrétisation de notre modèle et la programmation de celui-ci par STEP 7 ;
- ✚ Dans le quatrième chapitre, nous développerons une plate forme de supervision ;
- ✚ Nous terminerons par une conclusion générale et des perspectives.

# LISTE DE FIGURES

## Chapitre I :

**Figure 1.1 :** Schéma synoptique de la centrale thermique

**Figure 1.2. :** Capteur inductif. Mesure de pression par variation d'inductance

**Figure 1.3. :** Servomoteur électrique monté sur une vanne dans une centrale électrique

**Figure 1.4. :** Servomoteur multitours électrique avec Commande

## Chapitre II :

**Figure 2.1 :** Eléments de base d'un grafset

**Figure 2.2. :** Séquence unique

**Figure 2.3. :** Saut d'étape

**Figure 2.4. :** Reprise d'étape

**Figure 2.5. :** Séquences exclusives

**Figure 2.6. :** Séquences simultanées

**Figure 2.7. :** Grafset du système purge/vidange

## Chapitre III :

**Figure 3.1. :** Présentation des modules du S7-300

**Figure 3.2. :** Configuration matérielle

**Figure 3.3. :** structure du programme du système purge/vidange

**Figure 3.4. :** Arborescence du programme

**Figure 3.5. :** Le bloc FC1 appelé dans OB1

**Figure 3.6. :** Le bloc FC1

**Figure 3.7. :** Le bloc FB1 appelé dans OB1

**Figure 3.8. :** Une partie de la table des mnémoniques

**Figure 3.9. :** Fenêtre du S7-PLSIM

**Figure 3.10. :** Simulation du bloc FC1 appelé dans OB1

**Figure 3.11. :** Simulation du bloc FC1

**Figure 3.12. :** Simulation du bloc FB15 appelé dans OB1

**Figure 3.13. :** Simulation du bloc FB15

## **Chapitre IV :**

**Figure 4.1. :** Déroulement de la supervision

**Figure 4.2. :** Différents niveaux de performance

**Figure 4.3. :** Communication de WinCC avec les API

**Figure 4.4. :** Déroulement de la communication de WinCC avec l'API au runtime

**Figure 4.5. :** Schéma de fonctionnement d'un système de base WinCC

**Figure 4.5 :** création du projet SONELGAZ\_2008

**Figure 4.6 :** configuration des paramètres du système

**Figure 4.7 :** Vue d'accueil

**Figure 4.8 :** Centre de contrôle

**Figure 4.9. :** Ballons

**Figure 4.10.:** BY PASS

**Figure 4.11. :** Filtres

**Figure 4.12. :** Surchauffeurs

**Figure 4.13. :** Resurchauffeurs

**Figure 4.14. :** Système d'aide à la décision.

L'énergie électrique est la plus utilisée dans la vie moderne car peu polluante et adaptable à tous les systèmes modernes.

Son acheminement se fait par câbles meilleur moyen en matière de transport d'énergie et surtout plus économique.

L'énergie électrique ne se trouve pas dans la nature sous forme directement exploitable à l'échelle des besoins industriels, donc il est nécessaire de partir d'une autre source que l'on appelle « énergie primaire » telles que l'énergie hydraulique, l'énergie solaire, l'énergie nucléaire, thermique, l'énergie éolienne, etc..

La centrale de Cap Djinet est du type thermique. Elle a pour rôle de produire de l'électricité à partir de la transformation de l'énergie calorifique (flux de vapeur) en énergie mécanique (Turbine).

### **Aléas et problématique**

Vu l'ancienneté de cette centrale thermique, la commande électrique et la surveillance des équipements s'effectuent par un système à base de logique câblée qui présente plusieurs inconvénients :

- Dont la non disponibilité de cartes de rechange du circuit de commande sur le marché national ;
- Les difficultés rencontrées dans l'entretien et la maintenance de ces équipements.

### **Objectif**

Notre objectif visera à remplacer la commande existante à base de logique câblée et de carte électrique (ISKAMATIQUE) par une commande logique et séquentielle programmée par automate plus performante de type « SIMATIC STEP7 ».

### **Moyen d'étude**

L'objet de notre travail consiste donc à étudier le fonctionnement détaillé du système purge/vidange et à développer une solution de commande et de supervision « on-line » à base d'automate « SIEMENS S7-300 ».

## **Déroulement de l'étude**

Le plan du présent mémoire est conçu de la manière suivante :

- ✚ Le premier chapitre présente la description du fonctionnement de la centrale et du système purge/vidange ;
- ✚ Le deuxième chapitre est consacré à la modélisation du système purge/vidange par « GRAFCET » ;
- ✚ Le troisième chapitre est la concrétisation de notre modèle et la programmation de celui-ci par STEP 7 ;
- ✚ Dans le quatrième chapitre, nous développerons une plate forme de supervision ;
- ✚ Nous terminerons par une conclusion générale et des perspectives.

## **Introduction**

A notre époque, sans électricité, la vie quotidienne serait difficilement envisageable. Il est donc nécessaire de savoir produire de l'électricité de manière efficace et continue. Pour répondre à la consommation croissante d'électricité, il a fallu donc inventer et construire des usines capables de produire cette énergie en grande quantité. En Algérie, le principal mode de production d'électricité se fait dans des centrales thermiques, dont le principe est de transformer l'énergie calorifique en énergie électrique.

Le réseau électrique est utilisé pour transporter, puis distribuer l'électricité jusqu'aux consommateurs.

Comme les centrales thermiques demandent d'énormes quantités d'eau, donc elles sont en général implantées à proximité des rivières ou des lacs. La centrale thermique Cap Djinet a été conçue pour fonctionner à base d'eau de mer qui reste intarissable ce qui est très appréciable car notre pays a un déficit en ressources hydriques.

Dans ce chapitre, nous mettrons l'accent sur la description du fonctionnement de la centrale électrique ainsi qu'au système de vidange de la chaudière.

### **1. Généralités sur la centrale thermique**

L'énergie électrique est produite dans des usines génératrices dites centrales. Ces usines comportent toutes un ou plusieurs groupes tournants, constitués chacun par une machine motrice entraînant un alternateur ; celui-ci produit un courant électrique triphasé de 50Hz et une tension qui est comprise entre 5 et 15,5 KV. Cette tension est insuffisante pour être transportée, elle est donc élevée à une valeur comprise entre 63 et 235 par les transformateurs (élévateurs de tension) situés dans un poste de départ.

Dans la centrale de Cap Djinet, l'énergie électrique provient de la transformation de l'énergie thermique en énergie mécanique qui se produit de la manière suivante :

- L'usine comporte un foyer ou chambre de combustion fonctionnant au carburant (gaz ou fuel) ;
- La chaleur dégagée par cette combustion est utilisée pour chauffer de l'eau en vue de recueillir de la vapeur à haute température ;
- La détente de cette vapeur dans les aubages de la turbine produit un couple moteur que l'on utilise pour faire tourner un alternateur.

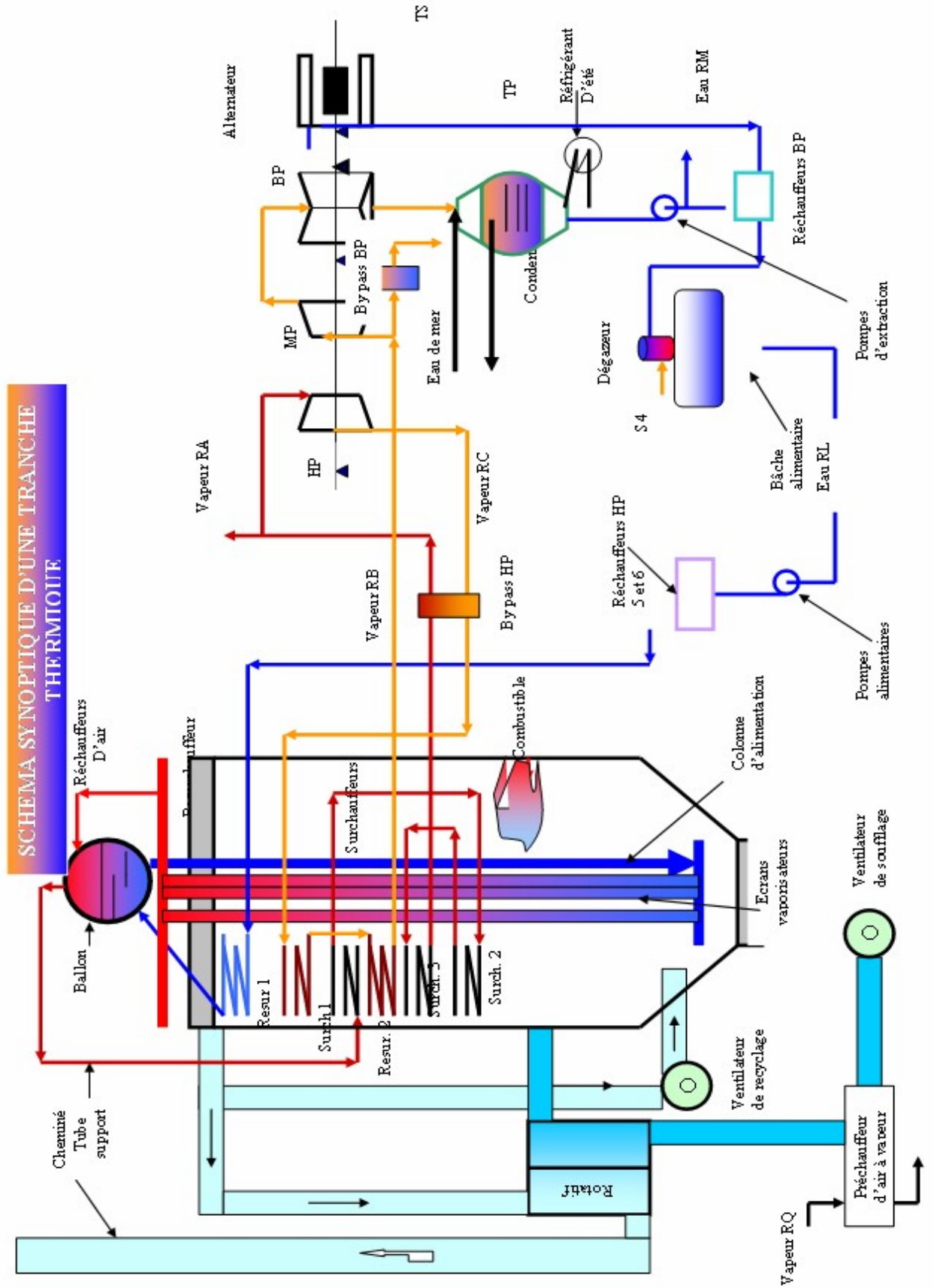


Figure 1.1 : Schéma synoptique de la centrale thermique

## **2. Description de la centrale**

La centrale électrique de Cap Djinet est constituée de quatre (04) groupes tournant d'une capacité de 176MW chacun, avec une installation commune aux quatre groupes [1] .

Mémoire d'ingénieur, Université de Tizi-Ouzou, Département d'Automatique, 2007

### **2.1.1. Station de pompage d'eau de mer**

La station de pompage joue un rôle très important car l'eau pompée de la mer est nécessaire au bon fonctionnement de la centrale. Elle est divisée en deux parties :

- Partie 01 : sert au refroidissement du condenseur ;
- Partie 02 : l'eau est dessalée, puis déminéralisée pour être transformée en vapeur.

### **2.1.2. Station de dessalement**

Par un procédé thermique, la station de dessalement d'eau de mer assure la production d'eau dessalée à raison de 2000 m<sup>3</sup>/j ; elle est constituée de quatre (04) unités produisant 500 m<sup>3</sup>/j chacune. Celle-ci est stockée dans deux bâches à eau d'une capacité de 2700 m<sup>3</sup> chacune (2 x 2700m<sup>3</sup>)

### **2.1.3. Station de déminéralisation**

Deux chaînes de déminéralisation de 40m<sup>3</sup>/h chacune parachèvent le traitement de l'eau avant son utilisation dans le cycle eau vapeur. Le stockage de l'eau déminéralisée se fait dans deux (02) réservoirs d'une capacité de 1500 m<sup>3</sup> chacun.

### **2.1.4. Station de production d'hydrogène**

Cette station produit l'hydrogène nécessaire au refroidissement des quatre (04) alternateurs de la centrale.

### **2.1.5. Poste de détente de gaz**

Il est composé de deux (02) lignes de filtration gaz et de trois (03) lignes de régulation pour la détente du gaz de 60 à 6 bars.

### **2.1.6. Poste de dépotage et transfert de fuel**

Il est composé de deux (02) bâches de stockage de capacité :  $2 \times 10\,000\text{ m}^3$

### **2.1.7. Station d'électro-chloration**

La chloration de l'eau de mer permet de protéger le circuit d'eau de mer (condenseur, conduit d'amenée d'eau de mer etc.) contre tout encrassement pouvant être causé par les micro-organismes marins.

## **2.2. Les générateurs de vapeur**

Au nombre de quatre, les groupes jouent le rôle le plus important de la centrale, car c'est à l'intérieur de ces groupes que se fait la transformation de l'eau en vapeur sèche, ils sont constitués de :

### **2.2.1. La chaudière**

La chaudière est du type « circulation naturelle ». Pour simplifier la description de celle-ci, on la repartie en trois section :

- Circuit eau ;
- Circuit vapeur ;
- Système d'air et de fumée.

#### **a. Circuit eau**

Comportant principalement :

##### **❖ L'économiseur**

En forme de serpent, l'économiseur est une tuyauterie d'une surface d'environ  $2080\text{ m}^2$  qui se trouve en fin de parcours du gaz de combustion. Grâce à sa grande surface de chauffe et à son coefficient de transmission thermique, il réchauffe l'eau d'alimentation pour éviter les chocs thermiques que provoquerait l'arrivée de l'eau froide dans le ballon chaudière.

##### **❖ L'économiseur**

C'est un réservoir dont le rôle est de séparer naturellement la vapeur de la phase liquide afin de faciliter la circulation naturelle dans les tubes vaporisateurs et d'assécher la vapeur saturée. Le niveau de l'eau reste constant pendant tout le temps de fonctionnement de la chaudière.

Le ballon chaudière est un composant très important dans la chaudière, il est soumis à une surveillance multiple :

- Un indicateur de niveau d'eau ;
- Une soupape de trop-plein ;
- Deux systèmes de télésurveillance.

#### ❖ **Colonnes de descente et tubes écrans**

Les colonnes de descente sont raccordées à la partie inférieure du ballon et conduisent l'eau du ballon vers la partie inférieure de l'écran vaporisateur par gravitation. L'eau se trouvant dans l'écran vaporisateur est ainsi chauffée directement par rayonnement, puis, va se vaporiser en partie.

Les tuyaux vaporisateurs sont soudés et étanches au gaz et forment la seconde surface de chauffe après l'économiseur.

### **b. Circuit vapeur**

Constitué principalement de :

#### ❖ **Les surchauffeurs**

Au nombre de trois, ils sont généralement situés dans le circuit de gaz de combustion. Ils servent à surchauffer la vapeur provenant du ballon chaudière afin de la rendre sèche. Ils sont placés de telle manière que les gaz chauds de combustion passent d'abord dans le surchauffeur secondaire HP, puis dans le primaire BP et enfin, dans le surchauffeur final.

Le surchauffeur permet d'élever la température de la vapeur sans élever sa pression.

#### ❖ **Les resurchauffeurs**

Deux surchauffeurs sont prévus pour traiter la vapeur ayant subi une première détente dans le corps HP (haute pression) de la turbine. Ils sont placés en amont du surchauffeur HP dans le circuit du gaz de combustion.

#### ❖ **Les désurchauffeurs**

Ils sont alimentés par une partie de l'eau refoulée par la pompe alimentaire qui est utilisée pour la stabilisation de la température de sortie de la vapeur. Ils sont placés entre les surchauffeurs et les resurchauffeurs.

### c. Le système d'air et de fumée

Ce système est composé du circuit air et du circuit « fumée » qui sont deux circuits complémentaires :

#### Circuit « fumée »

La combustion du gaz au sein de la chaudière crée une fumée. Une partie de la fumée est récupérée par les ventilateurs de recyclage pour réguler la température des resurchauffeurs, le reste est évacué dans l'atmosphère par la cheminée.

#### Circuit « air »

Le circuit air est constitué principalement de ventilateurs qui sont des roues à ailettes, animées d'un mouvement de rotation communiqué par un moteur.

Les ventilateurs utilisés sont divisés en deux parties :

##### ❖ Ventilateurs de soufflage

Le soufflage d'air de combustion se fait grâce aux deux ventilateurs de soufflages NG21 et NG32 dont les caractéristiques sont :

Fluide refoulé	Air
Température d'aspiration	30° c
Vitesse de rotation du ventilateur (moteur)	985 m <sup>-1</sup>
Puissance du moteur	1200 KW
Puissance nécessaire	906 KW
Moment d'inertie	1180 kg/m <sup>2</sup>

**Tableau 1.1. :** Les caractéristiques du ventilateur de soufflage

Ces deux ventilateurs provoquent la circulation de l'air comburant à travers les prés chauffeurs d'air jusqu'à la chambre de combustion, et assurent également le refoulement des fumées vers la cheminée.

##### ❖ Ventilateurs de recyclage

Afin de réguler la température à la sortie des surchauffeurs et de protéger la tuyauterie contre le rayonnement des flammes, les ventilateurs NS11 et NS 12 recyclent une partie des fumées de la combustion. Les ventilateurs de recyclage présentent les caractéristiques suivantes :

Fluide refoulé	Gaz de fumée
Température d'aspiration	450° c
Vitesse de rotation du ventilateur (moteur)	985 m <sup>-1</sup>
Puissance du moteur	500 KW
Puissance nécessaire	216 KW
Moment d'inertie	457 kg/m <sup>2</sup>

**Tableau 1.2. :** Les caractéristiques du ventilateur de recyclage

### 2.2.2. Système de brûleurs

Le générateur de vapeur de la centrale est équipé de huit brûleurs mixtes répartis sur la face avant de la chambre de combustion. Son rôle est d'assurer le mélange parfait entre le combustible et le comburant en vue d'une bonne combustion.

### 2.2.3. Chambre de combustion (foyer)

C'est la partie principale de la chaudière, car c'est là où se déroule la combustion et les échanges qui engendrent la vapeur.

Elle est équipée de :

- un regard sur les parois latérales et arrière pour contrôler la combustion de tous le brûleurs et avoir une vision totale de la flamme ;
- Deux caméras (chacune face à 4 brûleurs) pour transmettre en salle de commande l'image des flammes des brûleurs ;
- Des postes de visite sur différents étages de la chaudière.

### 2.2.4. Condenseur

Le condenseur est un échangeur de chaleur dont le rôle est de condenser la vapeur sortant du corps BP, déjà utilisée pour générer du courant. La condensation se fait grâce à la circulation d'eau froide venant de la mer et circulant dans des tubes renfermés à l'intérieur du condenseur.

## **2.3. Système turbo-alternateur**

### **2.3.1. Turbine à vapeur**

La turbine est une machine à une seule ligne d'arbre. Elle transforme l'énergie thermique disponible de la vapeur provenant de la chaudière en un mouvement de rotation de l'arbre. Le travail mécanique produit sert à entraîner l'alternateur. La vitesse nominale de la turbine est de 300 tr/min. À la sortie de la turbine, la vapeur détendue est conduite au condenseur.

La turbine est constituée de trois corps : haute pression (HP), moyenne pression (MP) et basse pression (BP).

### **2.3.2. L'alternateur**

L'énergie disponible à l'arbre de la turbine est communiquée à l'alternateur qui réalise la transformation de l'énergie calorifique en forme d'énergie électrique.

## **3. Fonctionnement de la centrale**

Le fonctionnement de la station est régit par trois (03) étapes principales :

- préparation d'eau déminéralisée à vaporiser ;
- génération de vapeur ;
- transformation de la vapeur provenant de la chaudière en énergie électrique.

### **3.1. Préparation de l'eau déminéralisée**

À l'issue de l'opération de pompage de l'eau de mer pour le refroidissement du condenseur, une partie de l'eau pompée est stockée dans des bâches, cette eau servira à la génération d'eau déminéralisée.

Afin de transformer l'eau en vapeur, l'eau extraite de la mer est dessalée par un procédé thermique, puis traitée chimiquement pour la déminéraliser.

### **3.2. Génération de vapeur**

Pour que l'opération de génération de vapeur commence, il est nécessaire que les conditions suivantes soient réalisées :

- La bache d'eau déminéralisée remplie à 80% ;
- La bache tampon remplie à 50% ;
- Le condenseur rempli à 900 mm ;
- La bache alimentaire remplie à 80%.

La pompe d'extraction aspire l'eau du puit du condenseur, la refoule à une pression d'environ 18 bars vers les réfrigérants d'hydrogène en passant par trois (3) réchauffeurs basse pression afin d'augmenter la température d'eau par le système des soutirages du corps BP de la turbine et sera acheminée jusqu'à la bêche alimentaire en traversant le degazeur. Deux pompes alimentaires aspirent l'eau de la bêche alimentaire à une pression de 175 bars afin d'alimenter le ballon chaudière qui est suspendu à une hauteur d'environ 50 m. Avant que l'eau n'arrive au ballon, elle passe par deux réchauffeurs HP et l'économiseur pour augmenter encore sa température.

Par gravité, les colonnes d'eau alimentent directement les écrans vaporisateurs qui sont exposées à la chaleur fournie par l'allumage des brûleurs. Par différence de densité et par effet de circulation naturelle, la vapeur produite dans ces écrans occupera la partie supérieure du ballon chaudière, alors que l'eau, la partie inférieure. Cette vapeur produite est toujours humide (420° c). Pour la rendre sèche, elle doit traverser trois (3) surchauffeurs pour augmenter sa température. À sa sortie du 3<sup>ème</sup> surchauffeur, elle atteint les 540° C (vapeur sèche).

### **3.3. Transformation de la vapeur en énergie électrique**

La vapeur surchauffée à une température de 540°C et à une pression de 160 Bars se dirige vers les aubages du corps haute pression de la turbine (HP), où elle subira une forte détente pour produire un couple moteur. Elle sort du corps HP à une pression d'environ 40 bars et une température d'environ 320°C. Pour augmenter de nouveau sa température afin d'éviter la condensation prématurée, elle passe dans les deux (02) resurchauffeurs, puis traverse successivement les corps moyenne pression (MP) et basse pression (BP) de la turbine.

En fin de cycle, la vapeur se condense dans le condenseur par l'effet de circulation d'eau de mer en circuit ouvert indépendant de la vapeur rejetée par le corps BP. La vapeur condensée est récupérée dans le puit du condenseur et le cycle eau -vapeur recommence.

## **4. Système de vidanges/purges de la chaudière**

### **4.1. Définition**

Le système de vidanges/purges de la chaudière est un ensemble de vannes pilotées (contrôlées) par des servomoteurs.

Ces vannes ont pour rôle de purger l'air et de vidanger l'eau qui s'est condensée dans la tuyauterie de la chaudière durant la génération de vapeur et ce, afin de ne pas altérer le fonctionnement de la centrale et de préserver le matériel.

### **Rôle du système de vidanges/purges de la chaudière :**

- mise à l'air du ballon lors de son remplissage ;
- évacuer l'eau qui s'est condensée lors de la désurchauffe des surchauffeurs et des resurchauffeurs ;
- au démarrage du « groupe tournant », la température de la vapeur n'est pas assez élevée pour être admise dans les corps de la turbine. Il est donc nécessaire de procéder à la fermeture des vannes d'admission et à l'ouverture des by-pass ; ce qui entraînera des condensations dans les conduites, d'où la nécessité de vidanger ces dernières avant d'admettre la vapeur dans les corps de la turbine ;
- lors du préchauffage des conduites des corps de la turbine, la vapeur est filtrée, ce qui engendre une condensation à l'intérieur de ces filtres, d'où la nécessité de les vidangés ;
- vider le ballon lessive et le ballon de purge lorsque leurs niveaux sont élevés.

## **4.2. Description du Système de vidanges/purges de la chaudière**

La centrale de Cap Djinet est équipée d'un système de vidanges/purges de la chaudière comportant dix-sept vannes dont :

- les vannes de purge d'air ;
- les vannes de vidange d'eau ;
- les vannes d'écoulement de ballons.

### **4.2.1. Vannes de purge**

Le système de vidanges/purges de la chaudière comprend deux (02) vannes de purges :

NA30 S001 : située sur le ballon chaudière, elle sert à évacuer l'air lors de l'admission de l'eau dans celui-ci ;

RA23 S004 : située à l'avant du by-pass haute pression (HP), elle permet une vidange totale de l'eau condensée dans le circuit du by-pass.

### **4.2.2. Vannes de vidange**

Au nombre de treize, les vannes de vidanges évacuent la vapeur condensée durant les différentes étapes de marche de la centrale :

### **a. Vannes de vidange des désurchauffeurs**

À la sortie de chaque désurchauffeur sont placées deux vannes de vidange, l'une sur la droite, l'autre sur la gauche et ce, afin d'évacuer la vapeur qui s'est condensée lors de l'opération de désurchauffe.

NA 65 S001 et NA 66 S001 pour le désurchauffeur (surchauffeur 01) ;

NA 73 S001 et NA 74 S001 pour le désurchauffeur (surchauffeur 02) ;

NE 23 S001 et NE 24 S001 pour le désurchauffeur (resurchauffeur 01).

### **b. Vannes de vidange des filtres**

Lors de l'opération du pré chauffage la vapeur se condense au niveau des filtres, elle est donc purgée par :

RA 50 S001 pour le filtre du corps haute pression (HP) de la turbine ;

RB 25 S001 pour le filtre du corps moyenne pression (MP) de la turbine

### **c. Vidange de la tuyauterie**

Afin de purger la vapeur condensée durant le démarrage et l'arrêt du groupe, plusieurs vannes sont installées :

NE 31 S001 et NE 32 S001 : sont installées à la sortie du deuxième resurchauffeur ;

RA 23 S001 : placée à l'avant du by-pass HP ;

RC 20 S001 : placée à l'arrière de by-pass HP ;

RC 13 S001 : placée à l'arrière de corps HP de la turbine.

### **d. Vannes d'écoulement**

- Le ballon lessive est alimenté par l'eau filtrée en raison de son grand taux de conductivité. Ce ballon est équipé d'une vanne d'écoulement RZ 10 S001 qui sert à le vider lorsqu'il atteint un niveau haut ;
- L'eau évacuée par le système de vidange de la chaudière se dirige vers le ballon collecteur de vidanges, qui lui-même est équipé d'une vanne d'écoulement RT 50 S001, qui le vide lorsqu'il est rempli.

## **5. Instrumentation**

### **5.1. Les capteurs**

Les capteurs sont les premiers éléments d'une chaîne de mesures ou d'une chaîne d'acquisition. Ils prélèvent des informations sur le comportement de la partie opérative (grandeur physique) et les transforment en informations appropriées à leur exploitation par la partie commande (grandeur électrique). Ce sont les interfaces entre le monde physique et le monde électrique.

La nature de l'information délivrée par le capteur peut être logique (deux états) ou analogique et dans ce dernier cas, on introduira des convertisseurs analogiques\numériques et des convertisseurs numériques\nanalogiques.

### ❖ Capteur de température

L'un des capteurs de température les plus fréquemment utilisés est le thermocouple. Les thermocouples sont des matériels particulièrement durcis et économiques qui peuvent opérer sur une large gamme de températures. Un thermocouple est créé lorsque deux métaux différents entrent en contact, ce qui produit une faible tension en circuit ouvert au point de contact qui varie en fonction de la température. Cette tension thermo-électrique est connue sous le nom de tension de **Seebeck**, d'après Thomas Seebeck qui l'a découverte en 1821. La tension n'est pas linéaire en fonction de la température. Cependant, pour de petites variations de température, la tension est approximativement égale à :

$$\Delta V = S \cdot \Delta T \quad (2.1)$$

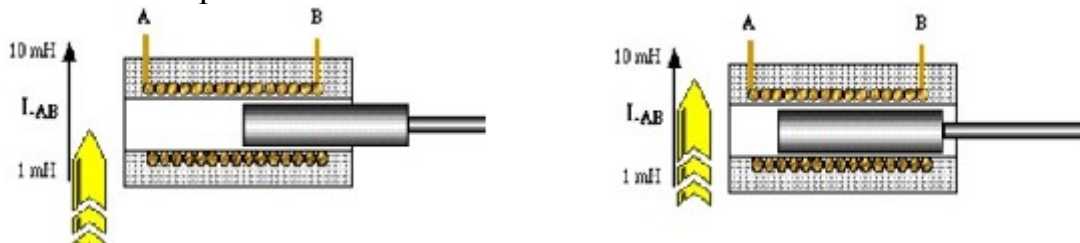
Où DV est la variation de la tension, S est le coefficient de Seebeck et DT la variation de la température [13].

Plusieurs types de thermocouples sont disponibles. À la centrale de Cap Djinet, le thermocouple utilisé est du type J, qui possède les caractéristiques suivantes :

- Composition : Fer / Constantan (alliage nickel + cuivre) ;
- Fonctionne bien dans le vide et dans une plage de température de 0 à 750° C

### ❖ Capteur de pression

Le principe de fonctionnement des capteurs de pressions existants, est la conversion de la pression en un signal électrique par la variation d'inductance, comme l'indique le schéma ci-dessous :



**Figure 1.2. :** Capteur inductif. Mesure de pression par variation d'inductance

## **Principes de fonctionnement :**

Un noyau magnétique se déplace à l'intérieur d'une bobine. Ce déplacement entraîne une variation de l'inductance de la bobine [12] .

### **❖ Capteur de niveau**

Les capteurs de niveau de la centrale de Cap Djinet sont des contacteurs magnétiques MOBREY qui se composent d'un ensemble flotteur et d'un boîtier formant une bride carrée MOBREY 'A'. L'ensemble flotteur porte un aimant permanent faisant face à un aimant similaire placé dans le boîtier. Les aimants sont disposés de manière qu'ils se repoussent au travers de la paroi du boîtier et assurent une construction étanche sans presse étoupe [1].

## **Principes de fonctionnement :**

Le flotteur suit le mouvement du liquide. Quand le flotteur atteint le niveau de fonctionnement, la répulsion des deux aimants provoque une inversion brusque des contacts

## **5.2. Les actionneurs**

Les actionneurs sont des organes qui transforment une énergie prélevée d'une source en action physique. Dans notre cas, l'énergie prélevée est électrique, elle est transformée en action mécanique.

### **Servomoteur**

Un servomoteur (ou servo-moteur) est un moteur conçu pour générer le mouvement précis d'un élément mécanique selon une commande externe. Un servomoteur est un système motorisé capable d'atteindre des positions prédéterminées, puis de les maintenir. On parle d'une position d'angle dans le cas d'un moteur rotatif et d'une position de distance dans le cas d'un moteur linéaire. On utilise des moteurs électriques aussi bien que des moteurs hydrauliques. Le démarrage et la conservation de la position prédéterminée sont commandés par un système de réglage.



**Figure 1.3.** : Servomoteur électrique monté sur une vanne dans une centrale électrique

Pour un ajustement précis de la position, le moteur et son réglage sont équipés d'un système de mesure qui détermine la position courante (Exemple : l'angle de rotation parcouru, relatif à une position de départ) du moteur. Cette mesure est effectuée sur un réglage rotatif, un réglage incrémental ou un réglage absolu (réalisable par exemple par un potentiomètre).

Le système de réglage souvent électronique, compare le signal à une valeur prescrite de la position de consigne. Du moteur, nous pouvons aussi saisir les valeurs numériquement et les comparées via un ordinateur approprié à une valeur prescrite.

### **Servomoteurs multitours**

Les servomoteurs multitours servent à l'automatisation de vannes multitours. Le représentant classique est le tablier. La norme EN ISO 5210

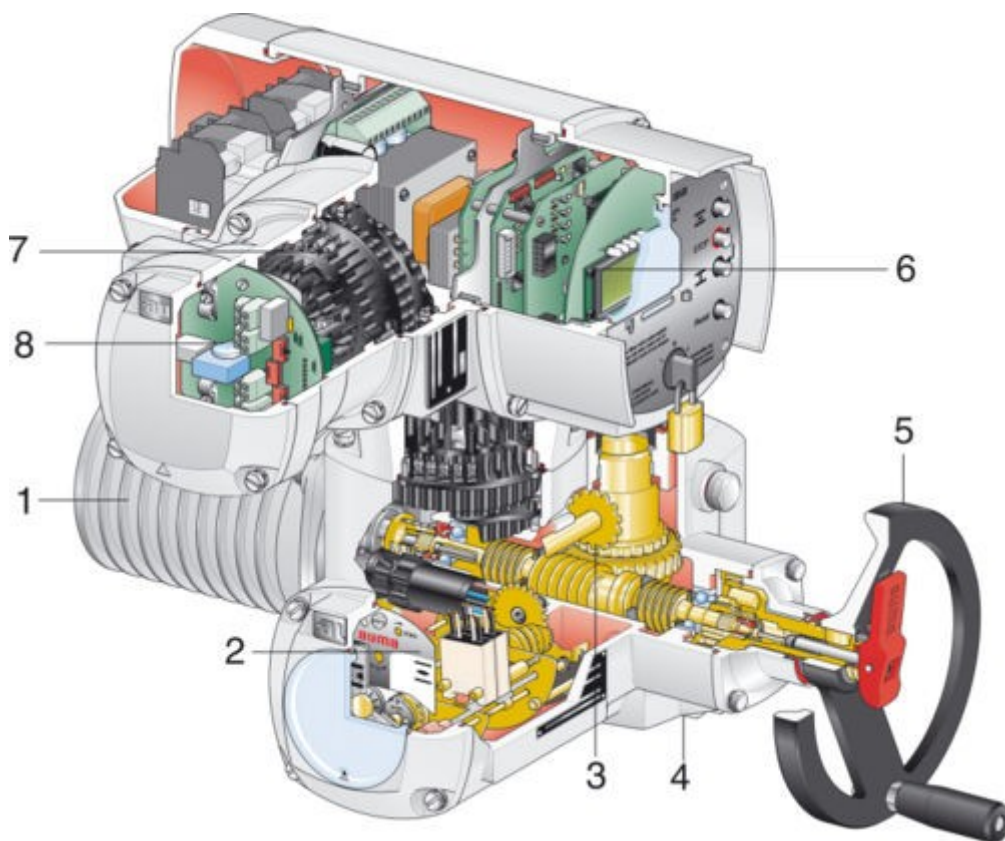
" Un servomoteur multitours est un servomoteur qui transmet un couple mécanique à une vanne durant au moins une manœuvre complète. Il est capable de supporter la poussée. "

Une tige filetée est montée au tablier. A l'aide d'un écrou de tige, le servomoteur visse le tablier dans sa rainure, de la position OUVÈRTE à la position FERMÉE et vice versa. La course complète peut être atteinte pour un nombre de tours allant de un à plusieurs centaines. Par leur conception, les

servomoteurs électriques ne sont pas soumis à des restrictions de course, contrairement aux servomoteurs pneumatiques. Pour cette raison, les tabliers sont presque exclusivement automatisés à l'aide de servomoteurs électriques. Le servomoteur multitours doit pouvoir supporter le poids du papillon-vanne (deuxième phrase de la norme).

Les tabliers peuvent avoir un diamètre d'environ 10 cm à plusieurs mètres. Le couple requis pour les applications en servomoteurs multitours varie entre 10 Nm et 30 KNm environ.

### Illustration



**Figure 1.4. :** Servomoteur multitours électrique avec commande

### Moteur (1)

Quasiment tous les types de moteurs électriques sont utilisés. Moteur à courant continu ou alternatifs, monophasés ou triphasés. La préférence va toutefois aux moteurs asynchrones triphasés. Leur robustesse et leur fort couple au démarrage sont deux qualités appréciées dans ce domaine, notamment quand il faut sortir une vanne bloquée dans son siège. Les servomoteurs électriques sont employés dans des conditions ambiantes extrêmes. Les moteurs à ventilateurs ne remplissent pas les exigences en type de protection et ne sont que peu utilisés. De ce fait, les moteurs requièrent une

phase de refroidissement après service. Les servomoteurs ne sont pas conçus pour un fonctionnement en continu. Ceci correspond parfaitement à l'application car les vannes ne sont pas non plus manœuvrées en permanence.

### **Technologie sensorielle de course et de couple (2)**

Les contacts de fin de course servent à mesurer la distance parcourue et à signaler lorsque la position finale est atteinte. Un limiteur de couple enregistre l'effort sur la vanne. Un dépassement d'une valeur de limite est également signalé. Les servomoteurs disposent fréquemment d'un codeur de position absolu (numérique ou analogique).

### **Réducteur (3)**

Les réducteurs employés sont régulièrement des réducteurs à roue et vis sans fin. La réduction est souvent importante. Les vitesses de manœuvre des vannes sont relativement faibles. Malgré le rendement médiocre de ce type de transmission, la caractéristique d'irréversibilité la rend particulièrement bien adaptée aux servomoteurs. Ce type de réducteur permet de maintenir le couple sans alimentation du moteur. Il permet aussi aux servomoteurs multitours de maintenir la charge due au poids du tablier.

### **Fixation de la vanne (4)**

Le raccordement à la vanne est réalisé par deux éléments. Le premier élément appelé l'embase du servomoteur est solidement vissé à la bride de montage de la vanne. La taille de cette bride augmente avec la valeur du couple à transmettre.

Le deuxième élément est l'accouplement, utilisé pour transmettre le couple ou la poussée du servomoteur à l'arbre de la vanne. Vu le grand nombre de types de construction des vannes, il y a également une multitude de types d'accouplements.

Pour les servomoteurs multitours et fraction de tour, les dimensions et la forme de la bride de fixation ainsi que les formes d'accouplements sont définies par les normes EN ISO 5210 ou EN ISO 5211. En règle générale, la norme DIN 3358 s'applique pour les servomoteurs à déplacement linéaire.

### **Commande manuelle (5)**

La plupart des servomoteurs électriques sont équipés d'un volant permettant de le manœuvrer manuellement (lors de la mise en service ou lors d'une panne de courant par exemple). Le volant ne tourne pas pendant le fonctionnement du moteur.

## **Commande de servomoteur (6)**

La commande de servomoteur assure d'une part, le traitement des signaux du servomoteur et d'autre part, le traitement des commandes de manœuvre du système de contrôle. Cette tâche peut être effectuée par une commande externe, par exemple, un API (Automate Programmable Industriel). Les servomoteurs modernes sont équipés d'une commande intégrée assurant le traitement des signaux sur place et sans délais. La commande électrique des moteurs peut être réalisée par des contacteurs ou par des composants électroniques statiques (transistor IGBT, thyristor, GTO etc.).

## **Raccordement électrique (7)**

Les câbles d'alimentation du moteur et les câbles de signal sont connectés au bornier électrique du servomoteur pour transmettre les ordres de commandes à celui-ci, et pour retransmettre la position du servomoteur au système de contrôle commande. Idéalement, le raccordement électrique doit être réalisé par un monoconnecteur afin d'éviter tout décâblage lors de la maintenance.

## **Connexion bus de terrain (8)**

Dans le secteur de l'automatisation de procédé, la technologie « bus » de terrain s'impose de plus en plus pour la transmission des données. Pour cette raison, les servomoteurs électriques sont disponibles avec toutes les interfaces de bus de terrain conventionnellement utilisées dans l'automatisation de procédé. Une technologie de connexion particulière peut être requise selon le bus utilisé [13] [10].

## **Conclusion**

La complexité des systèmes et des techniques utilisées au sein de la centrale électrique de Cap Djinet, incite les responsables de l'entreprise à chercher une solution d'automatisation pour une meilleure commande de ses systèmes.

Chaque automatisation requière une bonne compréhension du fonctionnement du système ainsi que l'établissement d'un modèle et ce, afin d'identifier et d'attribuer les entrées/sorties adéquates au système étudié.

Le prochain chapitre sera consacré à la modélisation du système purge/vidange de la centrale électrique en utilisant un grafset.

## Introduction

Le développement des ateliers flexibles et la robotisation ont imposé un outil graphique Simple qui permet, à partir d'un cahier de charges bien défini de résoudre un problème d'automatisation et d'établir le cycle de fonctionnement du processus. Cet outil est le grafcet.

Le grafcet répond particulièrement bien aux besoins de l'industrie dans les automatismes séquentiels dont la décomposition en étapes est possible. Il nous permet non seulement d'analyser le problème posé mais, également de concevoir une solution programmable quelque soit la technologie de l'automate. Cet outil se base sur une représentation graphique très détaillée du système et ceci, avant de faire sa synthèse.

Notre choix s'est porté sur cet outil car c'est un langage clair, strict permettant de décrire un fonctionnement sans ambiguïté.

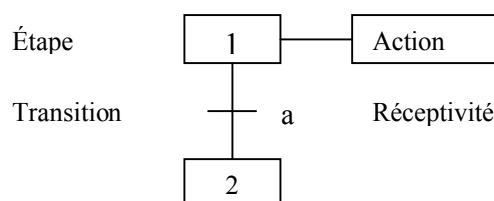
### 1. Définition du GRAFCET

Le GRA.F.C.E.T. (élaboré en 1977) est l'abréviation de l'expression « GRAPhe Fonctionnel de Commande Etape/Transition ». Il permet de décrire tous les comportements attendus d'un automate de commande face aux événements ou aux informations issues d'un processus automatisé. En d'autres termes, c'est un modèle graphique de représentation du cahier des charges d'un automate logique [4].

### 2. Eléments de base d'un grafcet

Le grafcet est une suite de transitions, il est composé [5]:

- d'**Étapes** auxquelles sont associées des Actions ;
- de **Transitions** auxquelles sont associées des Réceptivités ;
- de **Liaisons orientées** reliant les étapes aux transitions et les transitions aux étapes. Ces liaisons seront fléchées que lorsqu'elles ne respectent pas le sens de parcours général du haut vers le bas.



**Figure 2.1. :** Eléments de base d'un grafset

### 3. Règles d'évolutions du grafcet [7]

#### Règle1:

Les étapes initiales sont celles qui sont activées au début du fonctionnement. Il doit toujours y avoir au moins une.

#### Règle2 :

Deux étapes ne doivent jamais être reliées directement : elles doivent être séparées par une transition. De même, deux transitions ne doivent jamais être reliées directement entre elles : une étape doit les séparer.

#### Règle 3:

Une transition peut être validée ou non. Elle est validée lorsque toutes les étapes immédiatement précédentes sont actives. Elle est franchie lorsqu'elle est validée et que la condition logique associée est vraie.

#### Règle 4:

Le franchissement d'une transition entraîne dans l'ordre, la désactivation de toutes les étapes immédiatement précédentes et l'activation de toutes les étapes immédiatement suivantes.

#### Règle5 :

Toutes les transitions simultanément franchissables à un instant donné, sont simultanément franchies.

### 4. Structure de base

#### Séquence unique (structure linéaire) (Figure 2.2.)

Elle est composée d'une suite d'étapes pouvant être activées les unes après les autres.

#### Saut d'étapes (Figure 2.3.)

Le saut d'étapes est une sélection de séquence permettant de sauter plusieurs étapes en fonction des conditions d'évolution

#### Reprise d'étapes (Figure 2.4.)

La reprise d'étapes permet de recommencer plusieurs fois si nécessaire une même séquence.

### Séquences exclusives (Figure 2.5.)

Une sélection de séquence est dite exclusive lorsque les réceptivités associées aux transitions ne peuvent pas être vraies simultanément

### Séquences simultanées : (Figure 2.6.)

Plusieurs séquences peuvent s'exécuter simultanément, mais l'évolution des séquences dans chaque branche reste indépendante et la présence d'étapes d'attentes sont généralement nécessaires [6].

## **5. Niveau de grafcet**

Le langage grafcet comporte deux niveaux, dont voici les caractéristiques.

### **Niveau 1 (spécification) :**

- Ne traite que le comportement logique de l'application ;
- Ignore les contraintes spécifiques des capteurs et des actionneurs ;
- Les actions et les réceptivités sont données par des phrases.

### **Niveau 2 (réalisation) :**

- Décrit le fonctionnement réel de l'automatisme ;
- Tient en compte les capteurs et les actionneurs ;
- Les actions et les réceptivités sont données sous forme d'équation logique sur des signaux réels.

Vu les avantages que nous apporte le grafcet niveau 2, nous allons l'utiliser pour la modélisation de notre processus.

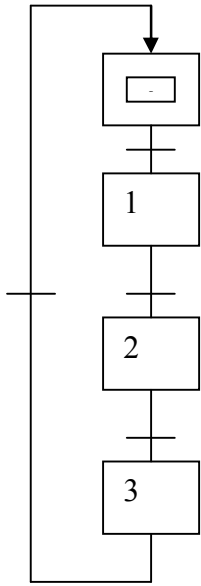


Figure 2.2. : Séquence unique

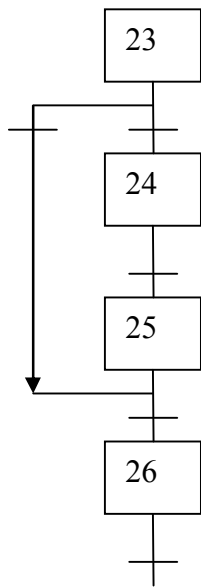


Figure 2.3. : Saut d'étape

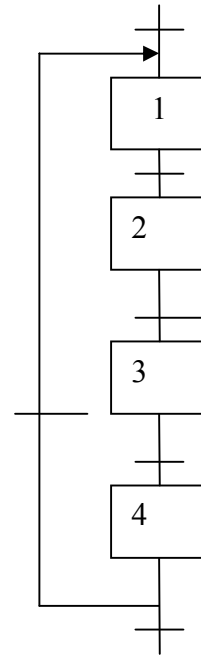


Figure 2.4. : Reprise d'étape

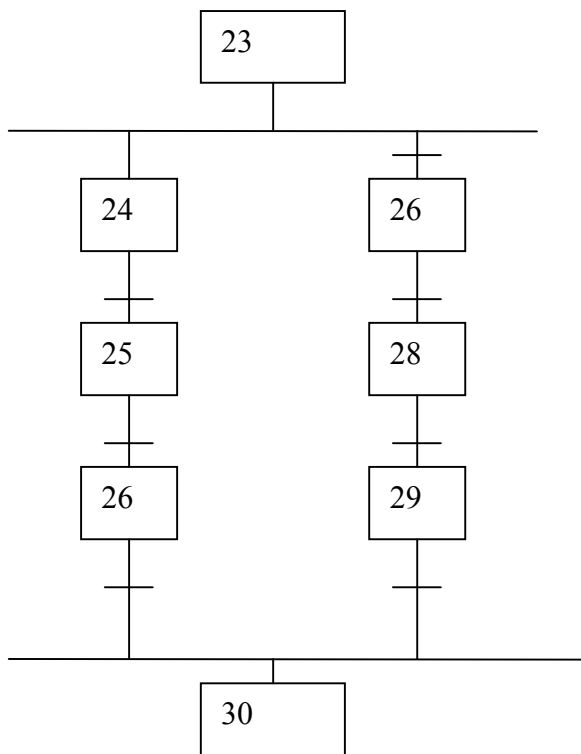


Figure 2.5. : Séquences exclusives

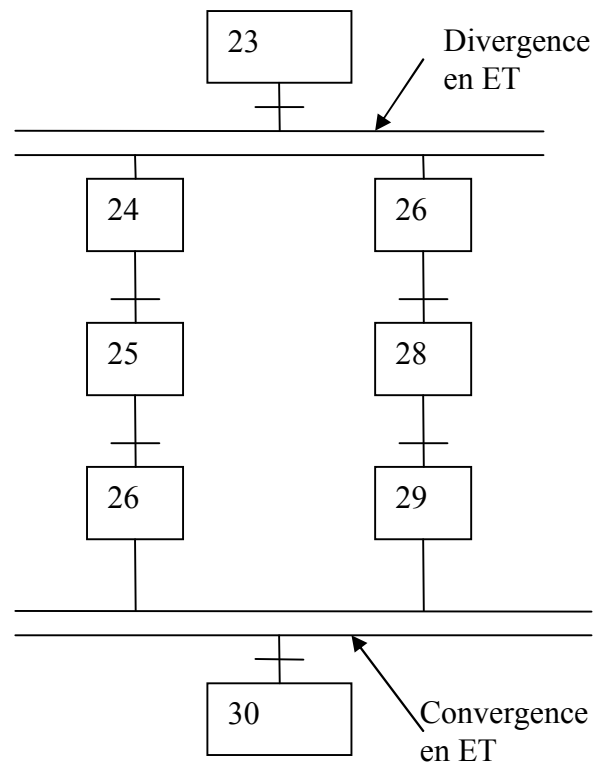


Figure 2.6. : Séquences simultanées

## 6. Les abréviations utilisées dans notre modèle

### 6.1. Les actions

Le tableau ci-dessous résume les actions utilisées pour le modèle de conduite développé (**Tableau 2.1.**)

<b>ACTIONS</b>	<b>SIGNIFICATION</b>
NA30 S1_O	Ouverture de la vanne de purge du ballon
NA30 S1_F	Fermeture de la vanne de purge du ballon
NA65 S1_O	Ouverture de la vanne de vidange du désurchauffeur « 1 » gauche
NA65 S1_F	Fermeture de la vanne de vidange du désurchauffeur « 1 » gauche
NA66 S1_O	Ouverture de la vanne de vidange du désurchauffeur « 1 » droite
NA66 S1_F	Fermeture de la vanne de vidange du désurchauffeur « 1 » droite
NA73 S1_O	Ouverture de la vanne de vidange du désurchauffeur « 2 » gauche
NA73 S1_F	Fermeture de la vanne de vidange du désurchauffeur « 2 » gauche
NA74 S1_O	Ouverture de la vanne de vidange du désurchauffeur « 2 » droit
NA74 S1_F	Fermeture de la vanne de vidange du désurchauffeur « 2 » droit
RA23 S1_O	Ouverture de la vanne de vidange avant du By-pass
RA23 S1_F	Fermeture de la vanne de vidange avant du By-pass
RA23 S4_O	Ouverture de la vanne de purge avant du By-pass
RA23 S4_F	Fermeture de la vanne de purge avant du By-pass
RA50 S1_O	Ouverture de la vanne de vidange du filtre HP
RA50 S1_F	Fermeture de la vanne de vidange du filtre HP
RC13 S1_O	Ouverture de la vanne de vidange arrière du By-pass
RC13 S1_F	Fermeture de la vanne de vidange arrière du By-pass
RC20 S1_O	Ouverture de la vanne de vidange arrière de la turbine HP
RC20 S1_F	Fermeture de la vanne de vidange arrière de la turbine HP

NE23 S1_O	OUVERTURE DE LA VANNE DE VIDANGE DU RESURCHAUFFEUR GAUCHE
NE23 S1_F	Fermeture de la vanne de vidange du resurchauffeur gauche
NE24 S1_O	Ouverture de la vanne de vidange du resurchauffeur droit
NE24 S1_F	fermeture de la vanne de vidange du resurchauffeur droit
NE30 S1_O	Ouverture de la vanne de vidange du resurchauffeur de sortie gauche
NE30 S1_F	Fermeture de la vanne de vidange du resurchauffeur de sortie gauche
NE31 S1_O	Ouverture de la vanne de vidange du resurchauffeur de sortie droite
NE31 S1_F	Droite de la vanne de vidange du resurchauffeur de sortie droite
RB25 S1_O	Ouverture de la vanne de vidange du filtre MP
RB25 S1_F	Fermeture de la vanne de vidange du filtre MP
RZ10 S1_O	Ouverture de la vanne d'écoulement du ballon lessive
RZ10 S1_F	Fermeture de la vanne d'écoulement du ballon lessive
RT10 S1_O	Ouverture de la vanne d'écoulement du ballon de purge
RT10 S1_F	Fermeture de la vanne d'écoulement du ballon de purge
L <sub>J</sub> _Ouv	Lampe indiquant l'ouverture de la vanne J
L <sub>J</sub> _Fer	Lampe indiquant la fermeture de la vanne J
L <sub>J</sub> _Def	Lampe indiquant la défaillance de la vanne J
L <sub>J</sub> _D_O	Lampe demandant l'ouverture manuelle de la vanne J
L <sub>J</sub> _D_F	Lampe demandant la fermeture manuelle de la vanne
V.O	Vanne ouverte
V.F	Vanne fermée

**Tableau 2.1. :** Actions et leurs significations

## 5.2. Les réceptivités

Le tableau ci-dessous résume les réceptivités utilisées pour le modèle de conduite développé.

RECEPTIVITES	SIGNIFICATION
BP	Bouton poussoir de sélection de mode
AU	Arrêt d'urgence
$P < 0.5$	Pression inférieure à 0.5 Bar
$K_i$	Capteurs de fin de course i impaire : temporisation d'ouverture i paire : temporisation de fermeture
$P > 1$	Pression supérieure à 1 Bar
Feu_M	Feu en chaudière marche
$DT_1 < 10^\circ\text{C}$	Différence de température inférieure à $10^\circ$
Feu_A	Feu en chaudière arrêt
$Tep_K$	Temporisation d'impulsions prolongée
Feu_A > 5M	Feu en chaudière arrêt pendant plus de 5 minutes
BI_M	Balayage chaudière en marche
$Ppe_m$	Pompe m alimentaire en marche
$P > 100$	Pression supérieure à 100 Bar
V1_NF	Vanne vapeur vive non fermée
V2_O	Vanne refermeture du By-pass ouverte
V2_NO	Vanne refermeture du By-pass non ouverte
NBL_H	Niveau ballon lessive haut
NBL_B	Niveau ballon lessive bas
NBP_H	Niveau ballon purge haut
NBP_B	Niveau ballon purge bas

**Tableau 2.2. :** Réceptivités et leurs significations

## 7. Modélisation du système purge/vidange

Le programme du système purge/vidange est mis en route par le bouton poussoir de sélection de mode et le démarrage du programme de l'une des pompes alimentaires. De là, toutes les vannes sont en mode automatique et sont prêtes à recevoir des ordres d'ouverture ou de fermeture, grâce au système d'aide à la décision qui est composé de cinq lampes qui indiquent si la vanne est :

- Ouverte ;
- Fermée ;
- En défaillance ;
- En demande d'ouverture ;
- En demande de fermeture

On peut à chaque instant voir l'état de la vanne et anticiper tout dysfonctionnement.

Etudiant par exemple la branche de la vanne NA30S001, elle est située au dessus du ballon chaudière et elle sert à purger l'air du ballon lors du démarrage afin d'admettre la vapeur. Celle-ci est ouverte par le signal NA30P004\_XH54 (pression inférieure à 0.5 Bar). Si on reçoit après 30 s un signal qui indique l'ouverture de la vanne, la lampe d'ouverture est allumée, sinon la lampe de défaillance et celle de demande d'ouverture sont allumées, d'où la nécessité de l'ouvrir manuellement.

La fermeture est donnée par le signal NA30P004\_XH01 (pression supérieure à 1 Bar) après 30 s. Si on reçoit le signal qui indique la fermeture, la lampe de fermeture est allumée, sinon celles de défaillance et de demande de fermeture sont actives, d'où la nécessité de la fermer manuellement. Le graficet de notre station est illustré dans la figure 2.7. .

## **Conclusion**

Le grafcet est l'outil adéquat pour la modélisation des systèmes industriels séquentiels pour sa souplesse et sa facilité d'utilisation.

Ce chapitre nous a servi à modéliser notre procédé de commande et d'identifier les fonctions nécessaires au bon fonctionnement de l'automatisme de conduite de notre système ainsi que les variables de l'automate (entrées/sorties).

Le système d'aide à la décision que nous avons conçu est très simple d'utilisation et sera d'une grande aide aux opérateurs de maintenance qui établiront un diagnostic plus aisément.

## **Introduction**

L'introduction de l'informatique dans l'industrie et particulièrement dans le domaine de la conception et de la fabrication a considérablement accéléré le développement de l'automatisation, avec les API (automate programmable industriel). Sont, ensuite, apparues des machines à commande numérique, dont les mouvements sont enregistrés sur une unité de stockage et qui peuvent accomplir plusieurs opérations d'usinage. D'une façon générale un automatisme est un dispositif qui permet à la machine ou à des installations de fonctionner avec une réduction maximale de l'intervention humaine et qui peut :

- Prendre en charge des tâches répétitives ou dangereuses, pénibles à exécuter.
- Contrôler la sécurité du personnel et des installations.
- Accroître la production et la productivité, réaliser des économies de la matière et de l'énergie.
- Accroître la flexibilité des installations pour modifier les produits ou le mode de fabrication

En Algérie, l'automatisation prend une grande ampleur dans le domaine de l'industrie, d'où la présence quasi total du leader mondial, dans le domaine, qui est SIMATIC une filiale du géant mondial SIEMENS.

### **1. Critère de choix de l'automate programmable industriel**

Après avoir étudié notre système dans les chapitres précédents, le choix de l'API revient à considérer certains critères importants tels que :

- Le nombre et la nature des entrées/sorties ;
- Le type du processeur, la taille de la mémoire, la vitesse de traitement et les fonctions spéciales offertes par le processeur ;
- Fonction ou modules spéciaux : certains modules permettent de soulager le processeur en calcul afin de sécuriser le traitement et la communication avec le procédé ;
- Communication avec d'autre système ;
- La fiabilité et la robustesse ;
- Protection contre les parasites (champs électromagnétiques), baisse et pic de tension.

Le système de purge/vidange que nous étudions est un automatisme logique dont les entrées/sorties sont de nature tout ou rien (TOR). Il est constitué de :

- ✓ 118 entrées TOR ;
- ✓ 32 sorties TOR ;
- ✓ 123 bits internes (mémentos).

Nous avons opté pour l'automate S7 300 de la firme SIEMENS, car il répond parfaitement aux exigences citées ci-dessus.

## 2. Définition de l'automate S7-300

L'automate programmable est un système de traitement logique de l'information dont le programme de fonctionnement s'effectue à partir d'instructions établies en fonction du processus à réaliser [2].

Le S7-300 est un automate de conception modulaire destiné à des tâches d'automatisation de moyenne et haute complexité, sa gamme est caractérisée par :

- Gamme diversifiée de la CPU ;
- Gamme complète de module ;
- Possibilité d'extension jusqu'à 32 module ;
- Possibilité de mise en réseau avec :
  - Profibus ;
  - L'interface multipoint (MPI) ;
  - L'industrie ethernet ;
- Raccordement central de la console de programmation (PG) avec accès à tous les modules ;
- Liberté de montage aux différents emplacements.

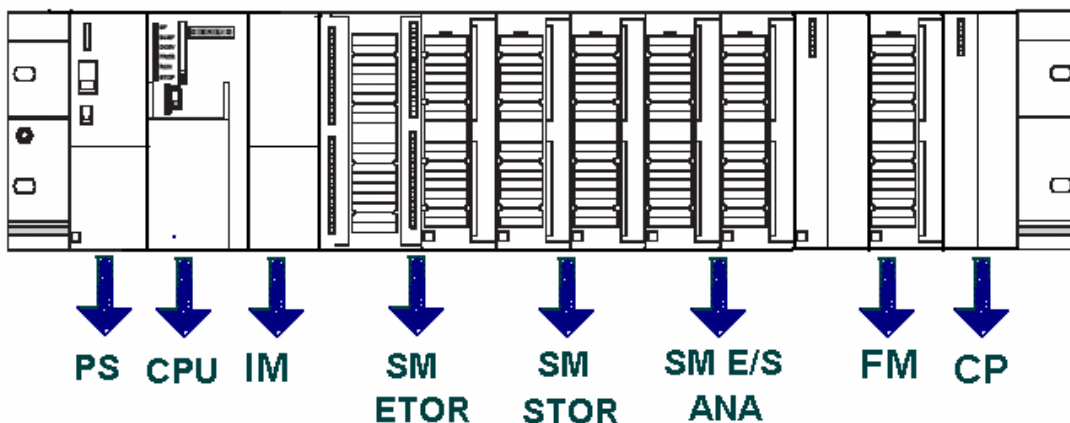


FIGURE 3.1. : Présentation des modules du S7-300

### • Fonctionnement :

L'automate programmable lit en permanence et à grande vitesse les informations du programme dans la mémoire.

Selon la modification des entrées, il réalise les opérations logiques entre information d'entrée et de sortie.

Le temps de lecture d'un programme est pratiquement inférieur à 10  $\mu$ s. ce temps est très inférieur au temps d'évolution d'un séquence.

### **3. Modularité du S7-300**

Le S7-300 est un mini automate modulaire conçu pour les applications d'entrées et de milieu de gamme Figure 3.1. .

#### **a) Module d'alimentation (PS)**

Le module d'alimentation (PS) délivre, sous une tension de 24V, un courant de sortie assigné de 2A, 5A et 10A. Il permet de sauvegarder le contenu des mémoires RAM au moyen d'une pile de sauvegarde ou une alimentation externe.

Une LED indique le bon fonctionnement du module d'alimentation. En cas de surcharge de la tension de sortie, un témoin se met à clignoter.

#### **b) Unité centrale (CPU)**

La CPU est le cerveau de l'automate, elle lit les états de signaux d'entrée, exécute le programme utilisateur et commande les sorties.

Elle contient un système d'exploitation, une unité d'exécution et des interfaces de communication.

Elle permet le pré réglage du comportement au démarrage et le diagnostic de défauts par les LEDs

#### **Commutateur de modes**

**MERS** : effacement général (module rest).

**STOP** : arrêt, le programme n'est pas exécuté.

**RUN** : le programme est exécuté, accès en lecture, seul avec une PG/PC.

**RUN-P** : le programme est exécuté accès en écriture, accès en lecture avec une PG/PC.

#### **Signification des états**

**SF** : signalisation groupée (défaut interne de la CPU, ou d'un module avec une fonction de diagnostic)

**BATF** : défaut de pile (pile a plot ou absente).

**DC5V** : signalisation de la tension.

**FRCE** : forçage en entrée ou en sortie.

**STOP** : allumage continu en mode stop, clignotement lors de l'effacement général.

**c) Module de couplage (IM)**

Les coupleurs permettent de réaliser des configurations à plusieurs châssis, si les emplacements du châssis de base ne suffisent pas, on peut utiliser des châssis à extensions. Les coupleurs assurent la liaison entre l'appareil de base et l'appareil d'extension.

**d) Module de signaux (SM)**

Les modules de signaux établissent la liaison entre la CPU du S7-300 et le processus commandé. On dispose de différents modules de signaux.

**▪ Les modules d'entrées/sorties TOR (tout ou rien)**

Qui sont les interfaces pour signaux booléens en provenance des processus commandés et à destination de la CPU.

**▪ Les modules d'entrées analogiques**

Convertissent les signaux analogiques (tension, courant) du processus en signaux numériques (ou valeurs numériques) traitables par l'API S7-300.

**▪ Les modules de sortie analogique**

Convertissent les signaux (valeur) numériques internes en signaux analogiques destinés au processus.

**e) Module de fonction (FM) :**

Les modules de fonctions offrent des fonctions spéciales :

- Comptage
- Positionnement
- Régulation

**f) Châssis d'extension (UR)**

Les châssis sont constitués d'un profilé support en aluminium permettant le raccordement électrique des divers modules.

**4. Périphérique de communication**

Il existe plusieurs périphériques de communication, nous utiliserons un PC standard muni du logiciel STEP7 et d'une interface MPI pour communiquer avec l'automate, celui-ci nous permettra :

- D'écrire le programme, de le compiler et de le transférer à l'automate ;
- D'exécuter le programme pas à pas et de le visualiser ;
- De forcer ou de modifier des données telles que les entrées, les sorties, les bits internes etc..

## 5. Programmation avec le SIMATIC STEP7

### a. Progiciel STEP7

Le STEP7 est un progiciel de base pour la configuration et la conceptions des programmes pour les système d'automatisation SIMATIC, existant en plusieurs version telles que :

STEP7 micro Win pour les applications du SIMATIC S7-200, SIMATIC Manager pour les applications du S7-300 et S7-400.

Il possède trois langages de programmation (CONT/LIS/LOG), assurant la conversion d'un mode à l'autre.

### b. Configuration matérielle

La configuration matérielle consiste en la disposition des châssis (racks), de modules et d'appareils de la périphérie centralisée. Les châssis sont représentés par une table de configuration dans laquelle on peut enficher un nombre définit de module, comme dans les châssis réels.

Pour notre système nous avons choisis une configuration dans laquelle nous avons Figure 3.2. :

- Le module d'alimentation PS 307 5A ;
- La CPU 314 ;
- Quatre (4) modules d'entrées logiques dont trois de 32bits et un de 16bits ;
- Un (01) module de sortie logique de 32bits.

Emplacement	Modu...	R...	Fl...	A...	A...	A...	Commentaire
1	PS 307 5A	6ES7					
2	CPU 314	6ES7		2			
3							
4	DI32xDC24V	6ES7			0...3		
5	DI32xDC24V	6ES7			4...7		
6	DI32xDC24V	6ES7			8...11		
7	DI16xDC24V	6ES7			12...1		
8	DO32xDC2	6ES7				16...1	
9							
10							
11							

## 6. Structure de notre programme

### a. Type de programme utilisé

La structure suivie pour la programmation de notre système est du type structuré complexe qui consiste en la subdivision du programme en petites parties, correspondant aux fonction (FC) et bloc de fonction (FB) du processus d'automatisation qui peuvent être utilisés fois en leurs faisant appel dans le bloc organisationnel OB, et ceci dans le but de simplifier et d'éclaircir notre programme ce qui n'aurait pas pu être possible avec la programmation linéaire.

### b. Blocs utilisés dans notre programme

#### ▪ Bloc d'organisation et de traitement de programme cyclique OB1

Il constitue l'interface entre le programme utilisateur et le système d'exploitation c'est-à-dire que la CPU exécute uniquement l'instruction qui se trouve sur ce bloc. L'OB1 contient l'instruction d'appel de bloc pour ramener les autres blocs (FB, FC,..) afin d'être exécuté par l'automates.

#### ▪ Bloc fonctionnel (FB)

A chaque FB on associe un ou plusieurs bloc de données qui sauvegarde les données statiques (il dispose d'une zone mémoire), il contient un programme qui est exécuté quand il est appelé par l'OB1, le FB facilite la programmation de fonctions complexes souvent utilisées.

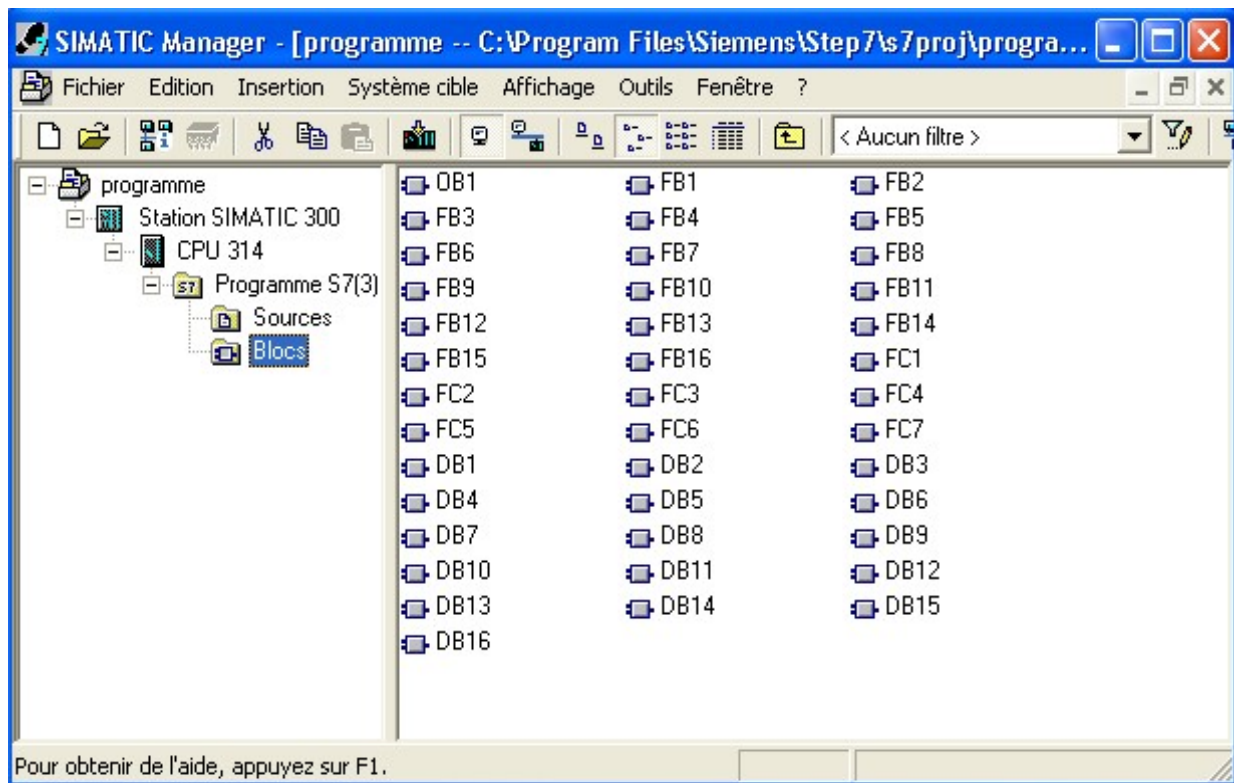
#### ▪ Fonction (FC)

Contrairement au bloc fonctionnel, la fonction ne possède pas de mémoire, les données locales d'une fonction sont perdues après l'exécution de la fonction.

#### ▪ Bloc de données (DB)

Les blocs de données sont des zones mémoire qui permettent de mémoriser des données locales ou bien globales. Il existe deux types de bloc de données :  
**DB globaux** : servent à enregistrer les données utilisateurs pouvant être utilisées par tous les autres blocs ;  
**DB d'instances** : il est associé à chaque FB, un FB peut avoir plusieurs DB d'instances.

La figure 3.3. représente la structure du programme du système purge/vidange



**Figure 3.3. :** Structure du programme du système purge/vidange

Quant à la structure hiérarchique des blocs du modèle de conduite du système purge vidange, elle est illustrée par la figure 3.4. .

On peut voir que notre programme est composé de sept (07) bloc FC, quatorze (14) blocs FB et de quatorze (14) blocs DB. Tous ces blocs sont appelés du bloc OB1 pour accomplir une tâche précise.

FC1 : est la fonction de sélection de mode.

FC2 : contient les temporisations de retard à la montée (de T1 à T8), c'est le temps pris par la vanne pour être fermée et ouverte.

FC3 : contient les temporisations de retard à la montée (de T9 à T16), c'est le temps pris par la vanne pour être fermée et ouverte.

FC4 : contient les temporisations de retard à la montée (de T17 à T24), c'est le temps pris par la vanne pour être fermée et ouverte.

FC5 : contient les temporisations de retard à la montée (de T25 à T32), c'est le temps pris par la vanne pour être fermée et ouverte.

FC6 : contient les temporisations d'impulsions prolongées (de T33 à T40), c'est le temps de maintien de l'ordre d'ouverture.

FC7 : contient les temporisations d'impulsions prolongées (de T41 à T46), c'est le temps de maintien de l'ordre d'ouverture.

FB1 : est le bloc d'ouverture et de fermeture de la vanne NA30S001, il fait appel à :

-FC1 : pour avoir le mode de fonctionnement

-FC2 : pour avoir les temporisations d'ouverture de fermeture de la vanne.

-DB1 : pour avoir accès aux données liées au bloc FB1.

FB2 : est le bloc d'ouverture et de fermeture de la vanne NA65S001, il fait appel à :

-FC1 : pour avoir le mode de fonctionnement

-FC2 : pour avoir les temporisations d'ouverture de fermeture de la vanne.

-FC6 : pour avoir la temporisation de maintien de l'ordre d'ouverture.

-DB2 : pour avoir accès aux données liées au bloc FB2.

FB3 : est le bloc d'ouverture et de fermeture de la vanne NA66S001, il fait appel à :

-FC1 : pour avoir le mode de fonctionnement

-FC2 : pour avoir les temporisations d'ouverture de fermeture de la vanne.

-FC6 : pour avoir la temporisation de maintien de l'ordre d'ouverture.

-DB3 : pour avoir accès aux données liées au bloc FB3.

FB4 : est le bloc d'ouverture et de fermeture de la vanne NA73S001, il fait appel à :

-FC1 : pour avoir le mode de fonctionnement

-FC2 : pour avoir les temporisations d'ouverture de fermeture de la vanne.

-FC6 : pour avoir la temporisation de maintien de l'ordre d'ouverture.

-DB4 : pour avoir accès au données liées au bloc FB4.

FB5 : est le bloc d'ouverture et de fermeture de la vanne NA74S001, il fait appel à :

-FC1 : pour avoir le mode de fonctionnement

-FC3 : pour avoir les temporisations d'ouverture de fermeture de la vanne.

-FC6 : pour avoir la temporisation de maintien de l'ordre d'ouverture.

-DB5 : pour avoir accès au données liées au bloc FB5.

FB6 : est le bloc d'ouverture et de fermeture de la vanne RA23S001, il fait appel à :

-FC1 : pour avoir le mode de fonctionnement

-FC3 : pour avoir les temporisations d'ouverture de fermeture de la vanne.

-FC6 : pour avoir la temporisation de maintien de l'ordre d'ouverture.

-DB6 : pour avoir accès au données liées au bloc FB6.

FB7 : est le bloc d'ouverture et de fermeture de la vanne RA23S004, il fait appel à :

-FC1 : pour avoir le mode de fonctionnement

-FC3 : pour avoir les temporisations d'ouverture de fermeture de la vanne.

-FC6 : pour avoir la temporisation de maintien de l'ordre d'ouverture.

-DB7 : pour avoir accès au données liées au bloc FB7.

FB8 : est le bloc d'ouverture et de fermeture de la vanne RA50S001, il fait appel à :

-FC1 : pour avoir le mode de fonctionnement

-FC3 : pour avoir les temporisations d'ouverture de fermeture de la vanne.

-FC6 : pour avoir la temporisation de maintien de l'ordre d'ouverture.

-DB8 : pour avoir accès au données liées au bloc FB8.

FB9 : est le bloc d'ouverture et de fermeture de la vanne RC13S001 et RC20S001, il fait appel à :

-FC1 : pour avoir le mode de fonctionnement

-FC4 : pour avoir les temporisations d'ouverture de fermeture de la vanne.

-FC7 : pour avoir la temporisation de maintien de l'ordre d'ouverture.

-DB9 : pour avoir accès au données liées au bloc FB9.

FB10 : est le bloc d'ouverture et de fermeture de la vanne NE23S001, il fait appel à :

-FC1 : pour avoir le mode de fonctionnement

-FC4 : pour avoir les temporisations d'ouverture de fermeture de la vanne.

-FC7 : pour avoir la temporisation de maintien de l'ordre d'ouverture.

-DB10 : pour avoir accès au données liées au bloc FB10.

FB11 : est le bloc d'ouverture et de fermeture de la vanne NE24S001, il fait appel à :

- FC1 : pour avoir le mode de fonctionnement
- FC4 : pour avoir les temporisations d'ouverture de fermeture de la vanne.
- FC7 : pour avoir la temporisation de maintien de l'ordre d'ouverture.
- DB11 : pour avoir accès au données liées au bloc FB11.

FB12 : est le bloc d'ouverture et de fermeture de la vanne NE31S001, il fait appel à :

- FC1 : pour avoir le mode de fonctionnement
- FC4 : pour avoir les temporisations d'ouverture de fermeture de la vanne.
- FC7 : pour avoir la temporisation de maintien de l'ordre d'ouverture.
- DB12 : pour avoir accès au données liées au bloc FB12.

FB13 : est le bloc d'ouverture et de fermeture de la vanne NE32S001, il fait appel à :

- FC1 : pour avoir le mode de fonctionnement
- FC5 : pour avoir les temporisations d'ouverture de fermeture de la vanne.
- FC7 : pour avoir la temporisation de maintien de l'ordre d'ouverture.
- DB13 : pour avoir accès au données liées au bloc FB13.

FB14 : est le bloc d'ouverture et de fermeture de la vanne RB25S001, il fait appel à :

- FC1 : pour avoir le mode de fonctionnement
- FC5 : pour avoir les temporisations d'ouverture de fermeture de la vanne.
- FC7 : pour avoir la temporisation de maintien de l'ordre d'ouverture.
- DB14 : pour avoir accès au données liées au bloc FB14.

FB15 : est le bloc d'ouverture et de fermeture de la vanne RZ10S001, il fait appel à :

- FC1 : pour avoir le mode de fonctionnement
- FC5 : pour avoir les temporisations d'ouverture de fermeture de la vanne.
- DB15 : pour avoir accès au données liées au bloc FB15.

FB16 : est le bloc d'ouverture et de fermeture de la vanne RT10S001, il fait appel à :

- FC1 : pour avoir le mode de fonctionnement
- FC5 : pour avoir les temporisations d'ouverture de fermeture de la vanne.
- DB16 : pour avoir accès au données liées au bloc FB16.

## 7. Exemple d'une partie de notre programme

### La fonction FC1

La fonction que nous allons décrire est le programme de sélection de mode, elle est représentée dans la fonction FC1. Pour sélectionner le mode automatique il faut appuyer sur le bouton poussoir et que le programme de l'une des pompes soit mis en branle (Figure 3.5).

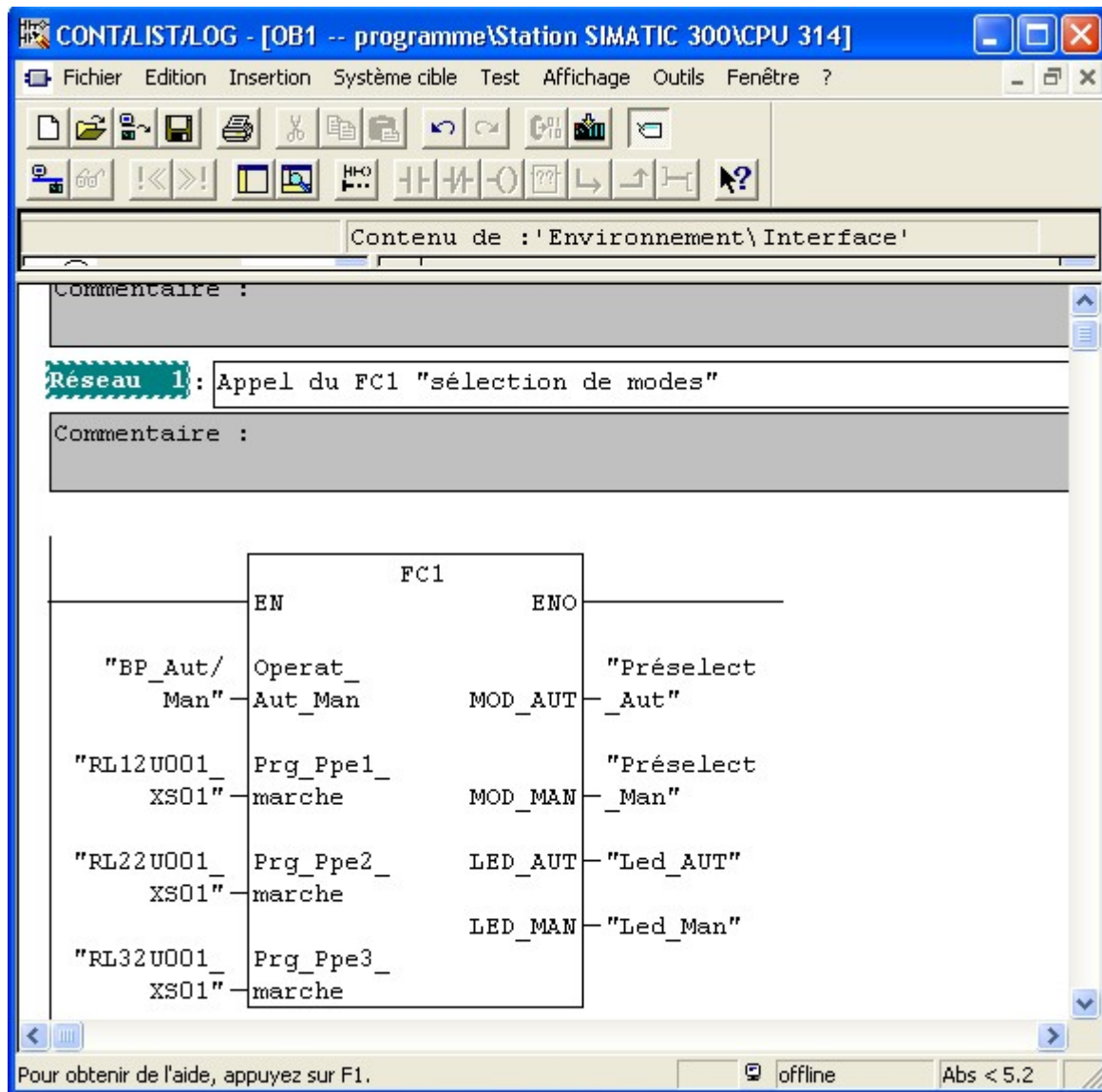


Figure 3.5. : Le bloc FC1 appelé dans OB1



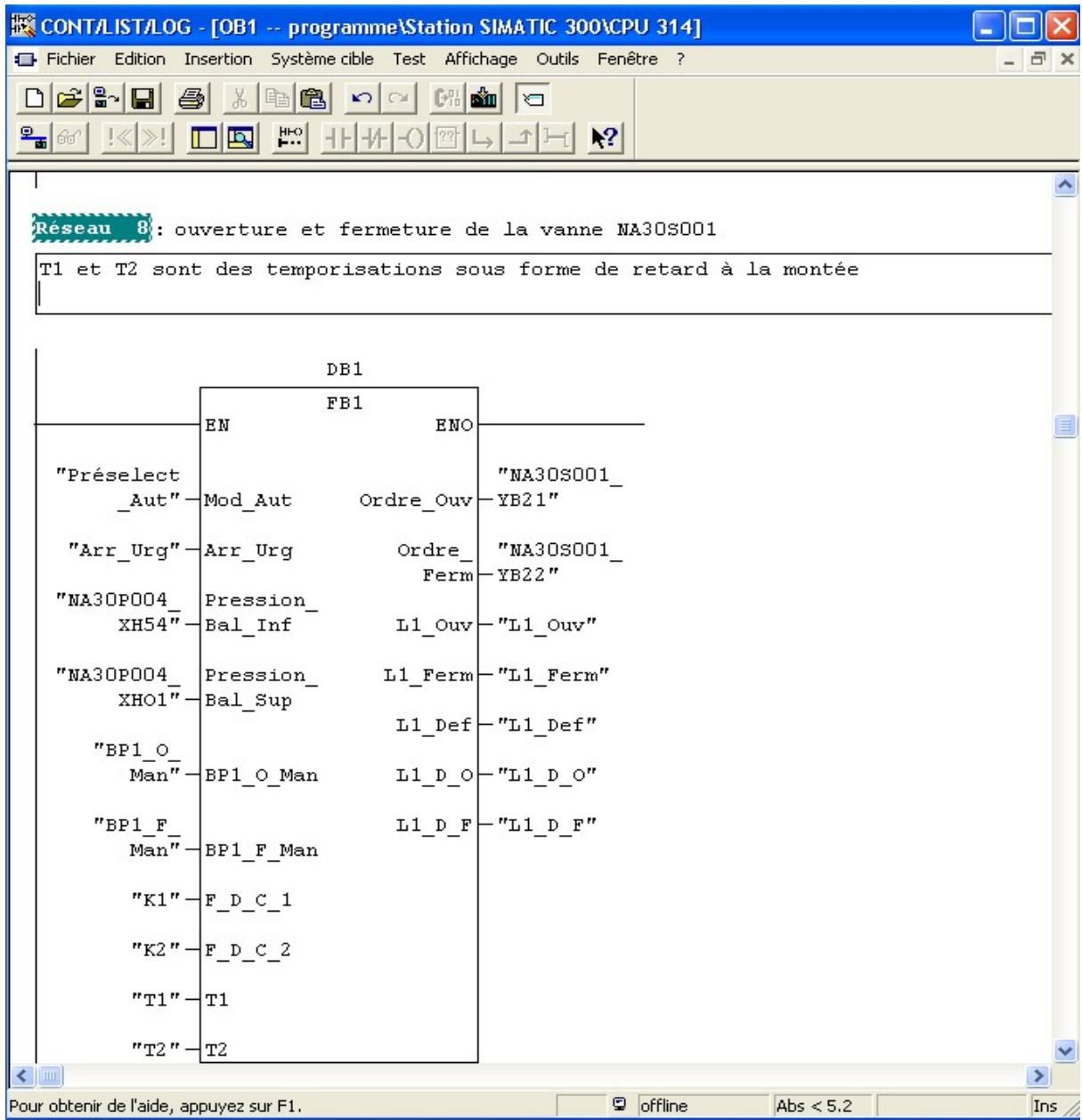


Figure 3.7. : Le bloc FB1 appelé dans OB1

### 8. Table des mnémoniques

Un mnémonique est un nom que l'utilisateur définit en respectant les règles de syntaxe imposées. Il est destiné à rendre le programme utilisateur très lisible et aide donc à gérer facilement les grands nombres de variables couramment rencontrés dans ce genre de programme. Ce nom peut être utilisé pour la programmation et le contrôle commande, une fois son affectation déterminée (par exemple : variable, type de donnée, bloc). La figure 3.8. illustre une partie de la table des mnémoniques.

	Etat	Mnémétique	Opérande	Type de d	Commentaire
147		Led_AUT	M 0.2	BOOL	Lampe indiquant le mode automatique
148		Led_Man	M 0.3	BOOL	Lampe indiquant le mode manuel
149		NA30P004_XH54	E 0.5	BOOL	Pression ballon < 0.5 Bar
150		NA30P004_XH01	E 0.6	BOOL	Pression ballon > 1 Bar
151		NA30S001_YB21	A 16.0	BOOL	ordre d'ouverture de la vanne NA30S1
152		NA30S001_YB22	A 16.1	BOOL	ordre de fermeture de la vanne NA30S1
153		NA63T904_XH01	E 1.6	BOOL	Différence de température supérieure ...
154		NA63T904_XH52	E 1.5	BOOL	Différence de température inférieure à...
155		NA64T904_XH01	E 2.4	BOOL	Différence de température supérieure ...
156		NA64T904_XH52	E 2.3	BOOL	Différence de température inférieure à...
157		NA65S001_YB21	A 16.2	BOOL	ordre d'ouverture de la vanne NA65S1
158		NA65S001_YB22	A 16.3	BOOL	ordre de fermeture de la vanne NA65S1
159		NA66S001_YB21	A 16.4	BOOL	ordre d'ouverture de la vanne NA66S1
160		NA66S001_YB22	A 16.5	BOOL	ordre de fermeture de la vanne NA66S1
161		NA73S001_YB21	A 16.6	BOOL	ordre d'ouverture de la vanne NA73S1
162		NA73S001_YB22	A 16.7	BOOL	ordre de fermeture de la vanne NA73S1
163		NA73T904_XH01	E 3.2	BOOL	Différence de température supérieure ...
164		NA73T904_XH52	E 3.1	BOOL	Différence de température inférieure à...
165		NA74S001_YB21	A 17.0	BOOL	ordre d'ouverture de la vanne NA74S1
166		NA74S001_YB22	A 17.1	BOOL	ordre de fermeture de la vanne NA74S1
167		NA74T904_XH01	E 4.0	BOOL	Différence de température supérieure ...
168		NA74T904_XH52	E 3.7	BOOL	Différence de température inférieure à...
169		NE23S001_YB21	A 18.2	BOOL	ordre d'ouverture de la vanne NE23S1
170		NE23S001_YB22	A 18.3	BOOL	ordre de fermeture de la vanne NE23S1

Pour obtenir de l'aide, appuyez sur F1.

**Figure 3.8. :** Une partie de la table des mnémoniques

## 9. Validation du programme de conduite

Le logiciel de simulation d'automate S7-PLSIM, intégré dans l'atelier logiciel STEP7 professionnel, permet le test dynamique des programmes de toute configuration automate SIMATIC S7 sans disposer de matériel cible. Il permet aussi de réduire de manière significative, les temps de mise en service de nos installations grâce à la mise au point et l'optimisation anticipée des programmes automatés. La Figure 3.9. illustre la fenêtre du S7-PLSIM.

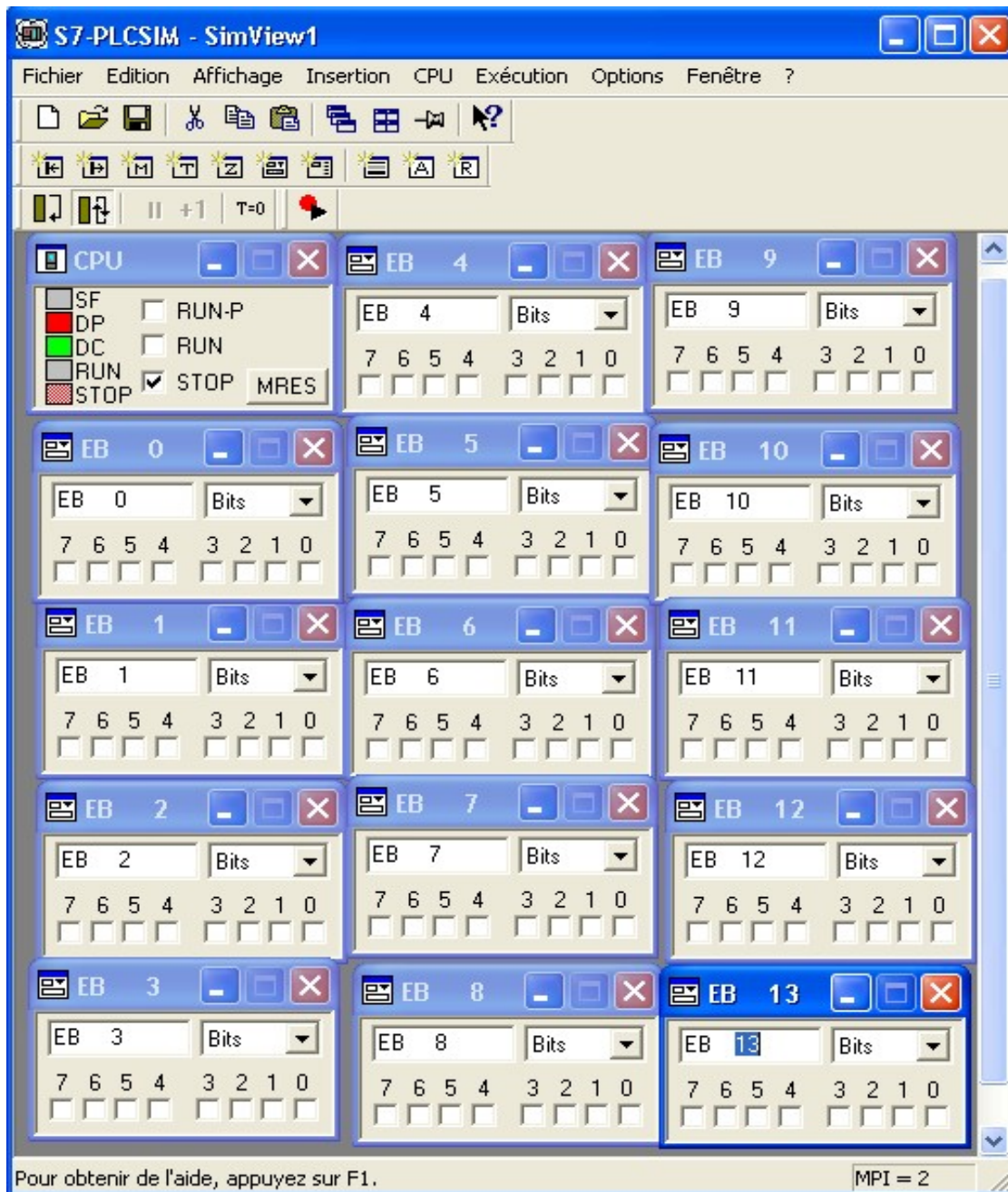


Figure 3.9. : Fenêtre du S7-PLSIM

### Exemple de simulation de notre programme

#### Fonction FC1

Ceci est un exemple concret de notre programme dans lequel il est procédé à la simulation de la fonction FC1. La mise en marche du programme purge/vidange se fait par l'opérateur en appuyant sur le bouton poussoir et que le programme de l'une des pompes alimentaire soit en marche

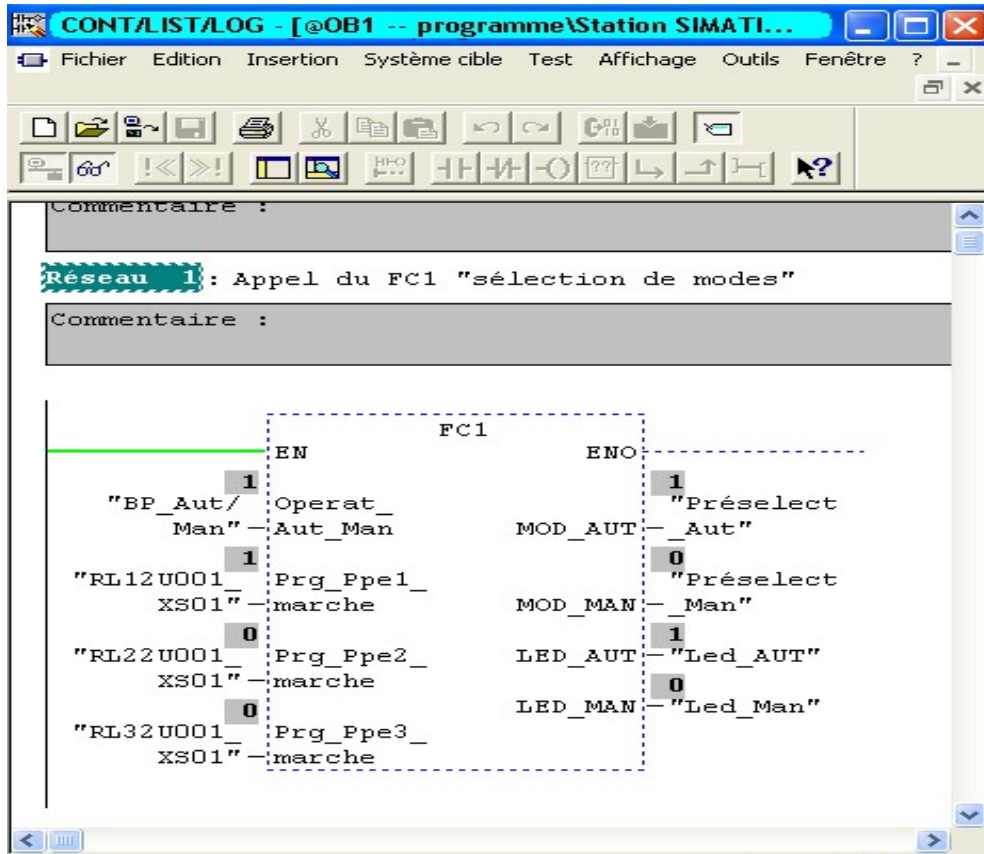


Figure 3.10. : Simulation du bloc FC1 appelé dans OB1

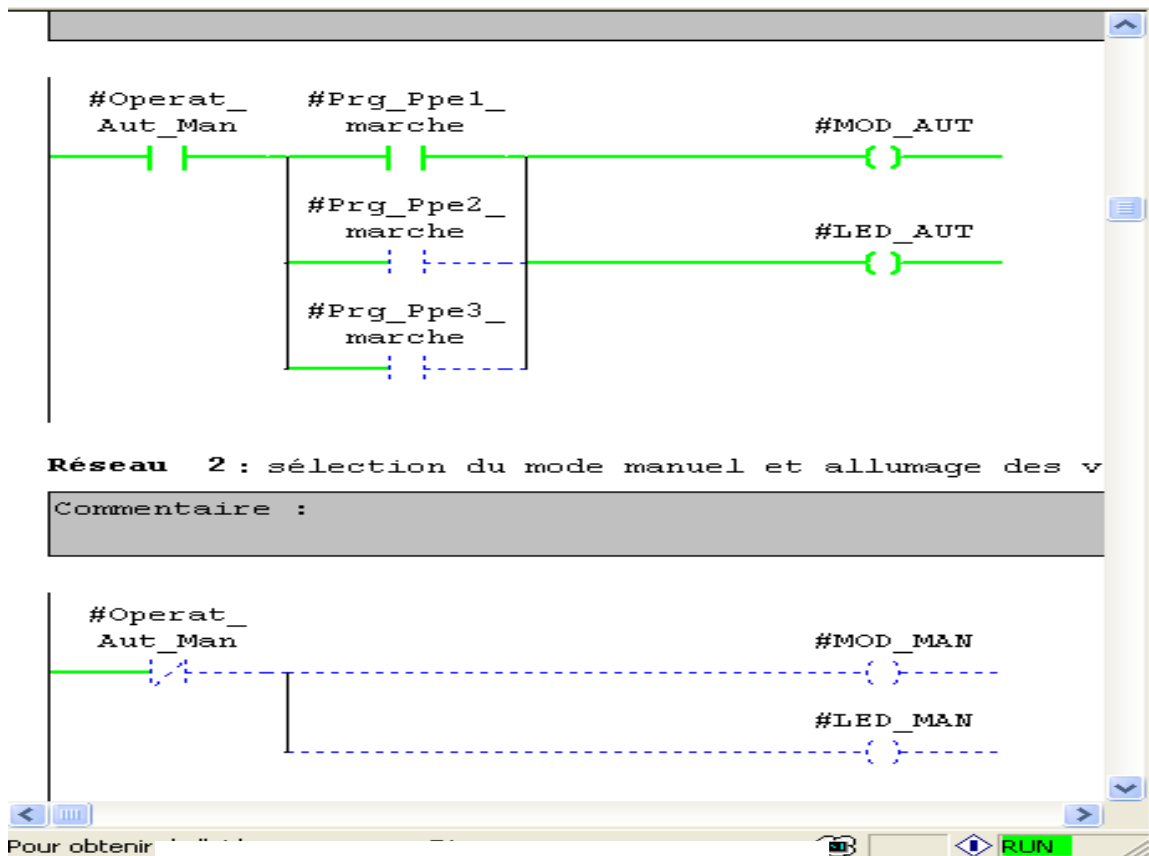
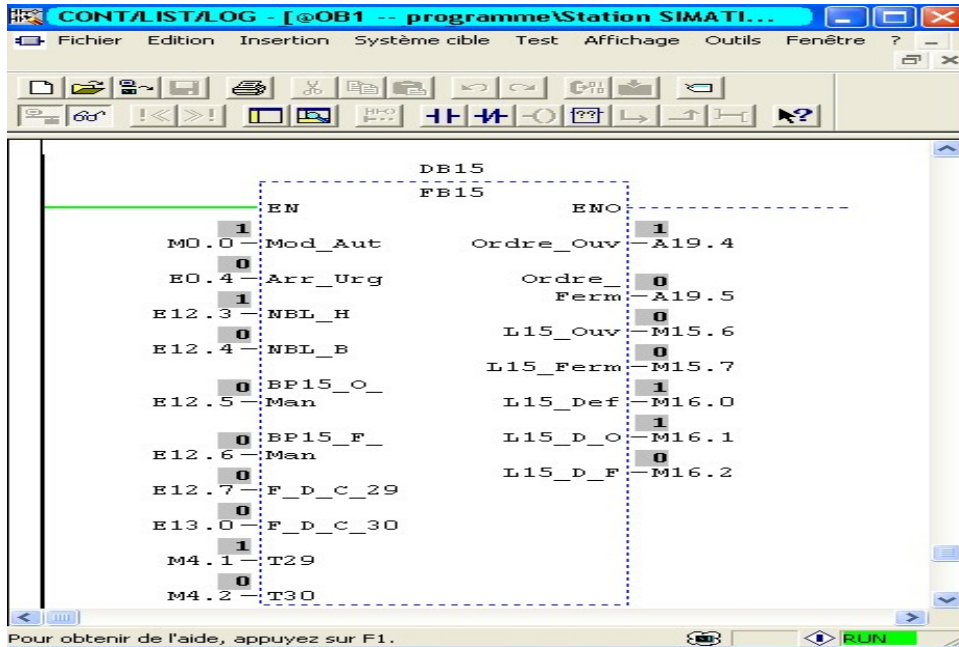


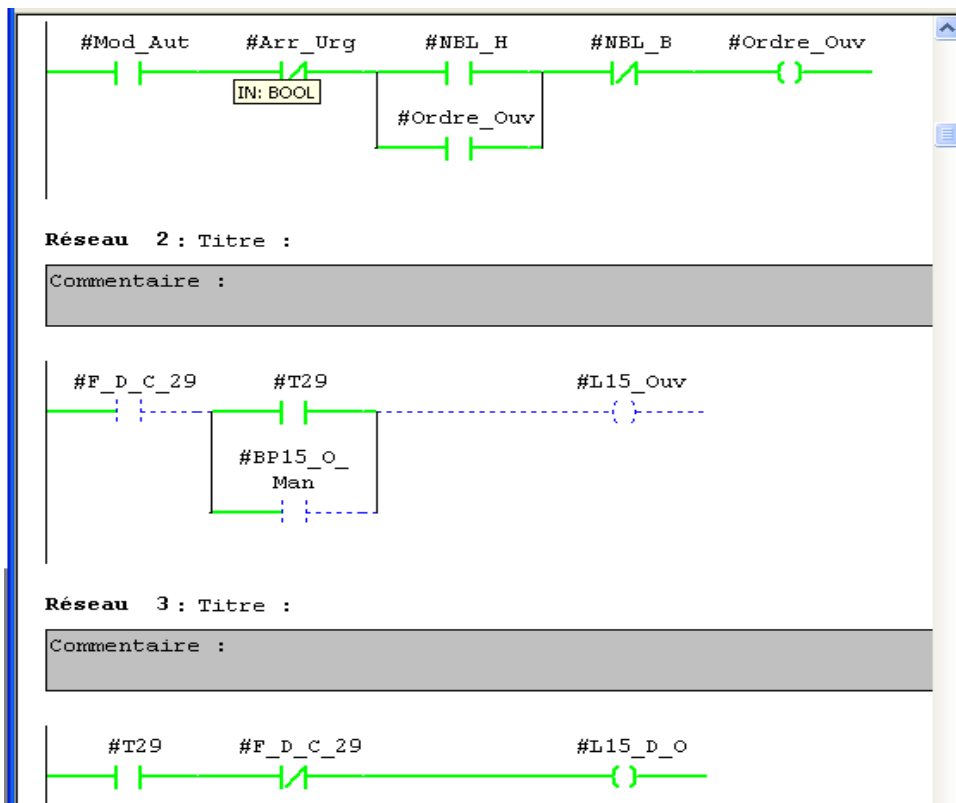
Figure 3.11. : Simulation du bloc FC1

**Bloc FB15**

L'exemple suivant consiste en l'ouverture et la fermeture de la vanne d'écoulement du ballon lessive, celle-ci est ouverte lorsque l'eau atteint un niveau haut et se referme au niveau bas.



**Figure 3.12. :** Simulation du bloc FB15 appelé dans OB1



**Figure 3.13. :** Simulation du bloc FB15

## **Conclusion**

Dans ce chapitre, nous avons présenté une vue d'ensemble de l'automate programmable industriel que nous avons adopté pour le pilotage de notre station le S7-300 ainsi que son logiciel de programmation SIMATIC STEP7.

La validation du programme de conduite que nous avons développé a été réalisée grâce au logiciel de simulation de modules S7-PLSIM. Cette procédure nous a permis d'apporter les modifications nécessaires pour la concrétisation de notre programme.

Dans le chapitre suivant, nous allons développer une plate forme de supervision et la proposer aussi complète que possible, permettant une visualisation dynamique des entrées/sorties et qui simplifie la tâche de contrôle pour l'opérateur de conduite.

## **Introduction**

Le logiciel de supervision est une entité capable de présenter à l'opérateur des informations utiles, afin qu'il prenne à temps les bonnes décisions pour la conduite du procédé. Il a essentiellement pour mission de collecter les données (acquisition et stockage) et de les mettre en forme (traitement).

La supervision se situe au plus haut niveau dans la hiérarchie des fonctions de production ; il est donc essentiel de présenter à l'opérateur sous forme adéquate les informations sur le procédé nécessaire pour une éventuelle prise de décision.

Cette présentation passe par des images de synthèses qui représentent un ensemble de vues ; le processus est représenté par un synoptique comprenant des images et objets animés par l'état des organes de commande et les valeurs transmises par les capteurs.

Outre le synoptique, on trouve aussi des vues d'alarmes, de statistiques, de régulations....ets.

### **1. Constitution d'un système de supervision**

La plus part des systèmes de supervisions se composent d'un moteur central (logiciel), auquel se rattachent des données provenant des équipements (automates).

Le logiciel de supervision assure l'affichage, le traitement des données, l'archivage et la communication avec d'autres périphériques.

#### **Module de visualisation**

Il permet d'obtenir et de mettre à la disposition des opérateurs des éléments d'évaluation du procédé par ces volumes de données instantanées.

#### **Module d'archivage**

Il mémorise des données (alarmes et événements) pendant une longue période, et permet l'exploitation des données pour des applications spécifiques à des fins de maintenances ou de gestion de production.

#### **Module de traitement**

Il permet de mettre en forme les données afin de les présenter via le module de visualisation aux opérateurs sous une forme prédéfinie.

#### **Module de communication**

Assure l'acquisition et le transfert de données et gère la communication avec les API et d'autre périphérique.

## **2. Apport de la supervision**

La supervision a un impacte considerable sur le monde industriel, tant pour les exploitants que pour les entreprises [08] [09]

### **Apport pour le personnel**

La supervision permet de dégager les exploitants des taches délicates, surtout dans des milieux hostiles ; elle permet aussi de rendre le travail moins contraignant pour celui qui l'exécute et améliore les conditions de travail. Elle offre à l'opérateur la possibilité de suivre le fonctionnement du procédé et d'effectuer des taches de routine (vérification des paramètres, inspection des installations.....)

En situation d'exception (incendie, danger, situation à risque...), les actions à entreprendre sont cernées et bien décrites ; dans ce cas le système de supervision sert d'interface entre le procédé et l'exploitant pour le diagnostique et l'aide à la décision.

### **Apport pour l'entreprise**

L'effet de la supervision sur l'entreprise est considerable, elle permet entre autre de :

- Respecter les délais en diminuant le nombre de panne, car le suivit de l'entreprise dépend du respect des délais impartis.
- Améliorer et maintenir la qualité de production, qui passe par le maintient des équipements en bon état de fonctionnement.
- Réduire les coûts d'exploitation en diminuant les pertes de production liées aux pannes.

### **Logiciel de supervision WinCC**

Le WinCC (Windows Control Center) est un système IHM (Interface Homme Machine) ; autrement dit l'interface entre l'homme (l'opérateur) et la machine (le processus). Il permet à l'opérateur de visualiser et de surveiller le processus par un graphisme à l'écran.

WinCC constitue la solution de conduite et de supervision de procédés sur ordinateur, pour système monopostes et multiposte.

Il fonctionne sous MICROSOFT WINDOW, autorise des solutions basées sur le Web et permet le transit des informations sur internet.

Il offre une bonne solution de supervision en raison des fonctionnalités adaptées aux exigences courantes des installations industrielles qu'il mette à la disposition des opérateurs.

Les étapes de déroulement de la supervision sou WinCC sont résumées dans la figure suivante :

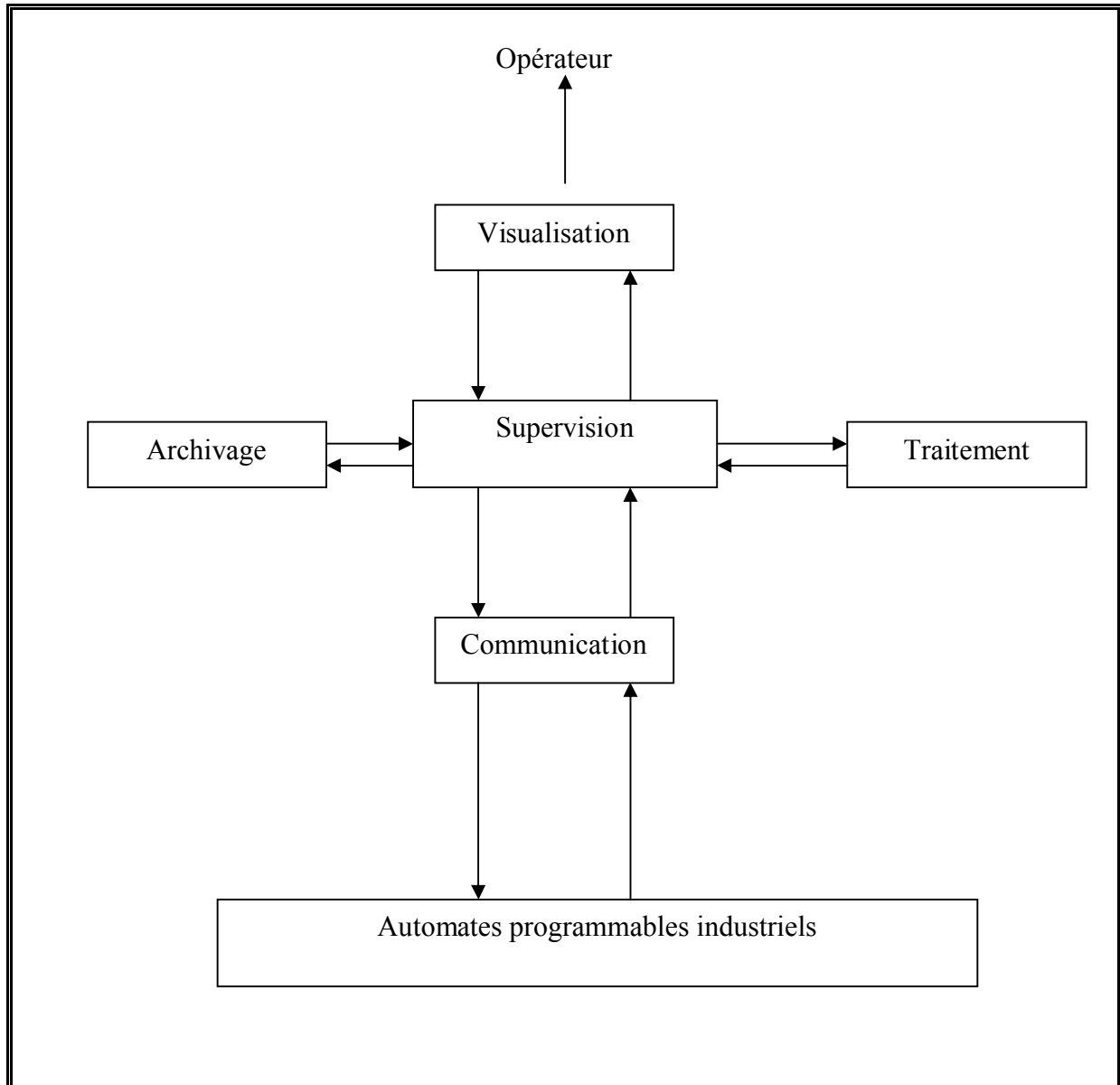


Figure 4.1. : Déroulement de la supervision

### 3. Positionnement dans l'environnement IHM

WinCC s'intègre parfaitement dans les solutions d'automatisation et de techniques de l'information :

- Faisant partie du concept TIA de Siemens (Totally Integrated Automation), WinCC s'avère particulièrement efficace dans le cadre d'une mise en oeuvre avec des automates programmables de la famille de produits SIMATIC. Les automates programmables d'autres marques sont bien entendus également pris en charge ;
- Les données WinCC peuvent être échangées avec d'autres solutions de TIA via des interfaces standardisées.

#### 4. Différents niveaux de performance

Les systèmes IHM SIMATIC sont des systèmes de visualisation. Les différents produits se distinguent par leurs fonctionnalités, leurs performances, la plateforme matérielle et les interfaces ouvertes.

Les systèmes IHM SIMATIC simples sont de petits panneaux de commande et d'affichage.

Ils constituent le bas de la gamme de produits IHM. SIMATIC WinCC est un système de visualisation haut de gamme.



Figure4.2. : Différents niveaux de performance

#### 5. Composants du système

##### 5.1. Structure du système

WinCC est un système modulaire. Il se compose du système de base WinCC auquel viennent s'ajouter les options et add-ons WinCC.

##### 5.2. Système de base WinCC

Le système de base WinCC se compose des sous-systèmes suivants:

- Système graphique ;
- Système de signalisation ;
- Système d'archivage ;
- Système de journalisation ;
- Communication ;
- Gestionnaire des utilisateurs ;

Le système de base WinCC se subdivise en logiciel de configuration (CS) et en logiciel runtime (RT) :

- Le logiciel de configuration permet de créer un projet ;
- Le logiciel runtime permet de mettre le projet en oeuvre dans le cadre du process. Le projet est alors "en runtime".

### **5.3. Options WinCC**

Les options WinCC permettent d'étendre les fonctions du système de base WinCC. Une licence particulière est requise pour chaque option mise en oeuvre.

Le support des options WinCC est assuré directement par la hotline SIMATIC.

## **6. Configurations typiques**

### **6.1. Flexibilité**

WinCC permet de réaliser différentes configurations de système. Vous n'êtes par ailleurs pas lié à une configuration une fois définie, mais pouvez également transformer ultérieurement p. ex. une configuration monoposte en configuration multiposte. Vous pouvez ainsi étendre progressivement votre configuration.

### **6.2. Configurations**

D'une manière générale, WinCC permet de réaliser les configurations système suivantes :

- Système monoposte ;
- Système multiposte avec un serveur et plusieurs clients ;
- Système client web pour la connexion de clients via l'intranet ou Internet ;
- Système réparti à plusieurs serveurs ;
- Système redondant pour une disponibilité maximale.

## **7. Intégration dans l'environnement SIMATIC**

### **7.1. Communication**

#### **7.1.1. Fonctions de la communication**

La communication avec d'autres applications, telles que Microsoft Excel ou SIMATIC ProTool s'effectue sur la base de la norme OPC (OLE for Process Control). Grâce au serveur OPC intégré, WinCC met toutes les données de

process à la disposition des autres applications. Le client OPC également intégré permet à WinCC de recevoir les données issues d'autres serveurs OPC.

La communication entre WinCC et les automates programmables s'effectue via le bus de process utilisé, Ethernet ou PROFIBUS. La gestion des communications est assurée par des pilotes de communication spécifiques, appelés canaux. WinCC est doté de canaux pour les automates programmables SIMATIC S5/S7/505 ainsi que de canaux non propriétaires tels que PROFIBUS DP, DDE et OPC. Il existe en outre un grand nombre de canaux disponibles en option ou sous forme d'add-ons pour presque tous les automates programmables courants.

### 7.1.2. Communication avec les automates programmables

Dans le cadre des échanges de données, les variables de process constituent le lien entre WinCC et les automates programmables. Chaque variable de process de WinCC correspond à une valeur de process déterminée dans la mémoire de l'un des automates programmables connectés. Au runtime, WinCC lit sur l'automate programmable la zone de données dans laquelle cette valeur de process est enregistrée et détermine ainsi la valeur des variables de process.

Inversement, WinCC peut également écrire des données sur l'automate programmable. Ces données étant ensuite traitées par l'automate programmable, vous pouvez ainsi piloter le process au travers de WinCC.

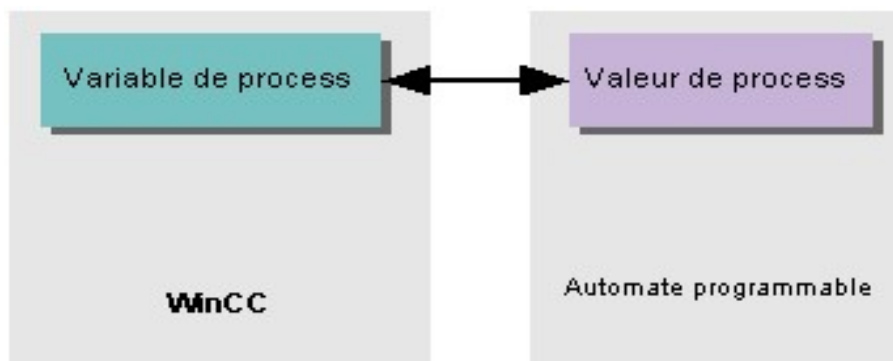


Figure 4.3. : Communication de WinCC avec les API

### 7.1.3. Unités de canal, liaisons logiques, variables de process

La communication entre WinCC et les API s'effectue via des liaisons logiques. Les liaisons logiques sont structurées en plusieurs niveaux hiérarchiques. Ces différents niveaux se reflètent dans la structure hiérarchique de WinCC Explorer.

## 8. Utilisation directe de mnémoniques STEP 7 sous WinCC

La continuité de la configuration et de la programmation permet d'utiliser directement les mnémoniques de STEP 7 sous WinCC.

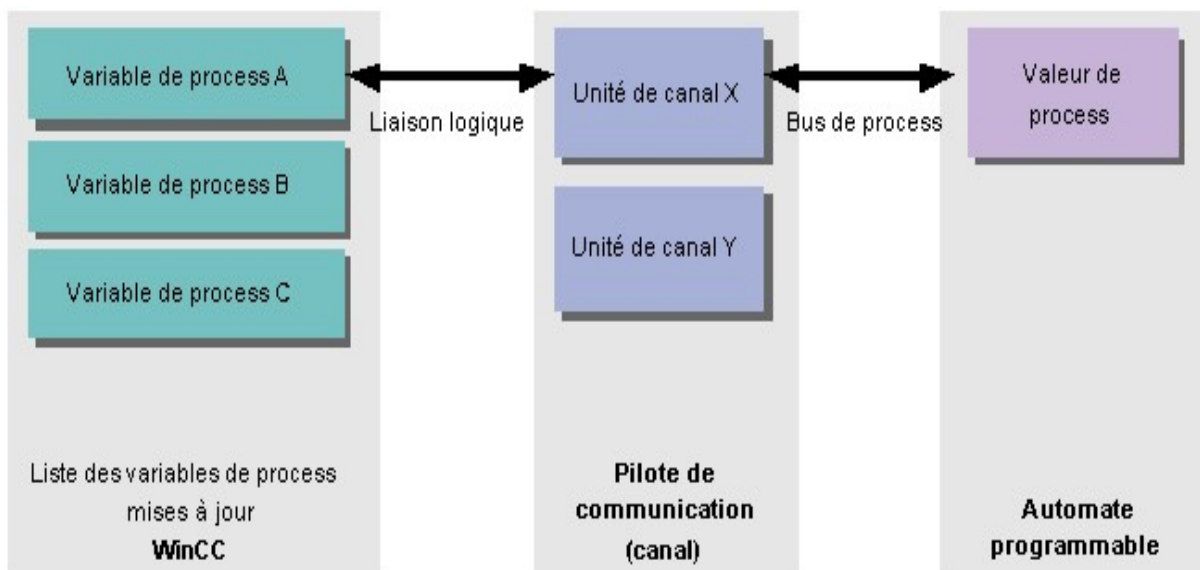
Les variables de processus sont le lien de communication entre les automates programmables et le système IHM. Sans les avantages de la Totally Integrated Automation, il faudrait définir chaque variable deux fois : une fois sur l'automate programmable et une fois sur le système IHM. Il en résulte non seulement un double travail mais également un très grand risque d'erreur.

On peut accéder directement sous WinCC à la table des mnémoniques définie sous STEP 7. Le dialogue de sélection des variables de WinCC affiche une liste de toutes les variables de l'automate programmable S7. Il nous suffit de sélectionner les variables requises dans cette liste sans être obligé de les créer sous WinCC.

### 8.1. Déroulement de la communication au runtime

Au runtime, le système a besoin de valeurs de process actuelles. La liaison logique permet à WinCC de savoir sur quel automate programmable se trouve la variable de process et quel canal assure la gestion des échanges de données. Les valeurs de process sont transmises via le canal. Les données lues sont enregistrées dans la mémoire centrale du serveur WinCC.

Les opérations de communication requises sont optimisées par le canal de sorte à minimiser le trafic de données sur le bus de process.



**Figure 4.4. :** Déroulement de la communication de WinCC avec l'API au runtime

### 8.2.1. Présentation

L'organigramme ci-après illustre l'interaction des sous-systèmes WinCC. Il fournit des informations importantes sur l'ordre chronologique de la configuration. Il n'est pas possible par exemple de configurer complètement l'Online Trend Control ou l'Online Table Control (en bas à gauche) tant que Tag Logging n'a pas été configuré.

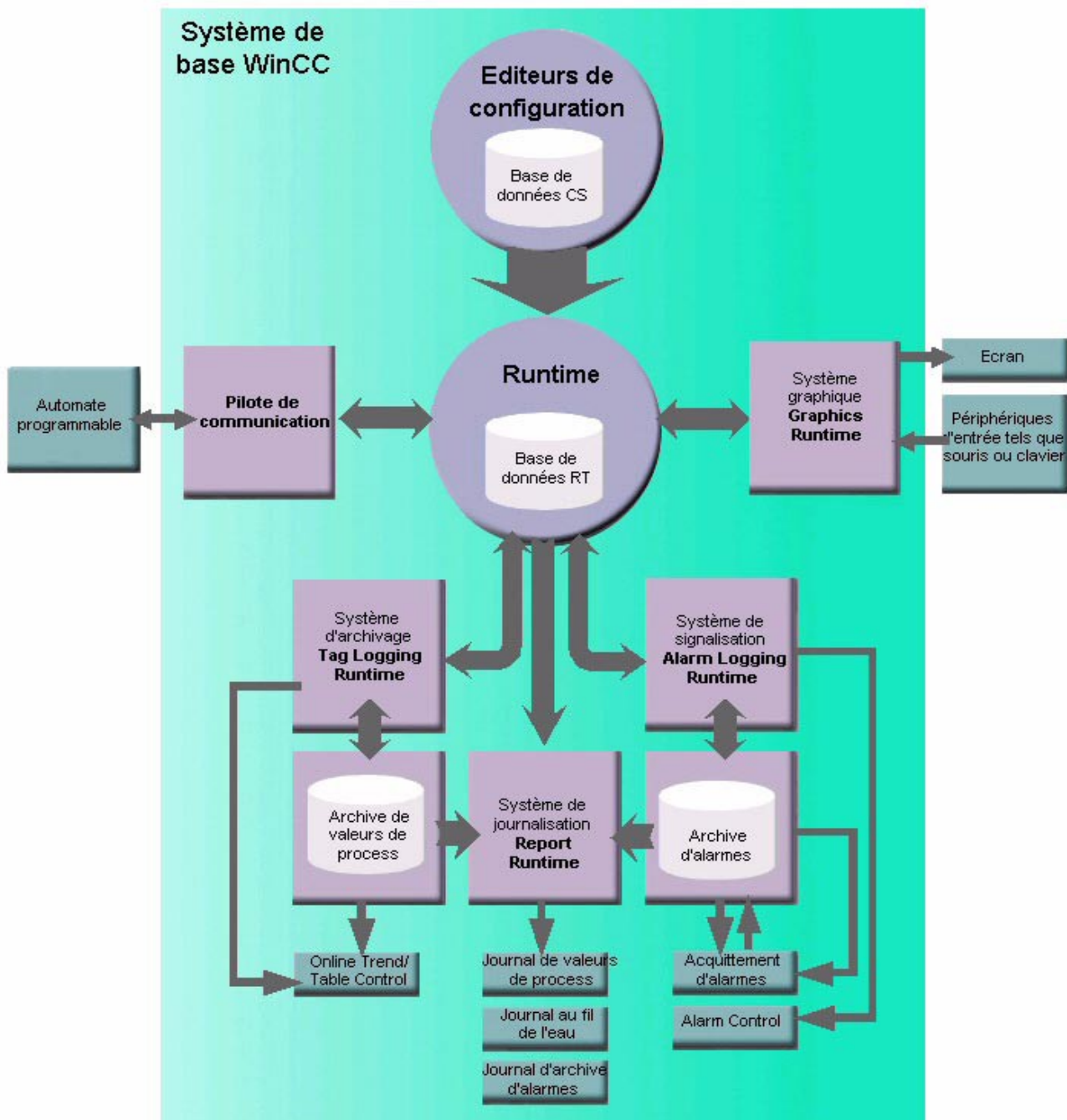


Figure 4.5. : Schéma de fonctionnement d'un système de base WinCC

## **9. Application disponible sous WinCC**

WinCC se compose de plusieurs applications pour accomplir la fonction de supervision. Il dispose des éditeurs suivants :

### **Graphics Designer**

Graphics Designer est un programme graphique vectoriel servant à créer des vues de process. Les nombreux objets graphiques contenus dans la palette d'objets et la palette de styles permettent de créer des vues de process sophistiquées.

On peut dynamiser individuellement chaque objet graphique par la programmation d'actions. Les assistants génèrent automatiquement les dynamisations fréquemment utilisées et les affectent aux objets. Vous pouvez également conserver vos propres objets graphiques dans une bibliothèque.

### **Alarm Logging**

Alarm Logging acquiert et archive les événements avec possibilité de les afficher et de les manipuler. Choisissez librement les blocs d'alarmes, leur classe, leur type, leur affichage et leur journalisation. L'assistant système et les dialogues de configuration nous aident à configurer. L'affichage d'alarmes au runtime se paramètre dans Alarm Control situé dans la palette d'objets de Graphics Designer.

### **Tag Logging**

Tag Logging acquiert et traite les données du process en cours pour leur représentation graphique et leur archivage. On paramètre comme on le souhaitez le format des données à archiver, les temps d'acquisition et les temps d'archivage. Les composants WinCC On-line Trend Control et WinCC Table Control représentent respectivement les valeurs de process sous forme de courbes ou de tableaux.

### **Report Designer**

Report Designer est un système de journalisation intégré à pilotage temporel ou événementiel pour les alarmes, les manipulations, les archives et les données, courantes ou archivées, sous forme de journaux personnalisés ou de documentations de projet avec un modèle de ligne ou de page à paramétrer. Il offre une interface utilisateur confortable avec palette graphique et palette

d'outils, et supporte différents types de journaux. Plusieurs systèmes de modèles de mise en page et d'impression sont proposés par défaut.

### **Global Script**

Global Scripts est le terme générique désignant les actions et fonctions C qui, suivant leur type, peuvent être utilisées soit dans le projet courant, soit dans tous les projets. Les scripts sont utilisés pour configurer des actions et des objets. Ils sont traités par un interpréteur C interne au système. On utilisera des actions de Global Scripts au runtime pendant le process. Leur exécution est initiée par un déclencheur.

### **Text Library**

Vous pouvez éditer dans Text Library les textes utilisés par les différents modules dans le système runtime. La bibliothèque de textes permet de définir la traduction en langue étrangère des textes d'alarmes configurés et de les afficher ensuite dans la langue de runtime voulue.

### **User Administrator**

L'éditeur User Administrator permet d'attribuer et de contrôler les droits d'accès des utilisateurs aux différents éditeurs du système de configuration et de runtime. Lors de la configuration des utilisateurs, des droits d'accès aux fonctions WinCC leur sont attribués individuellement. Il existe 999 niveaux d'accès différents. L'attribution des accès peut s'effectuer au runtime du système.

### **Supervision du système purge/vidange développée sous WinCC**

Le programme de supervision que nous avons développé est élaboré avec le logiciel WinCC (5.1) de la firme SIEMENS. Il permet la visualisation en direct du fonctionnement de notre système à tous moment et ce grâce à l'écran de notre PC relié à l'automate par l'interface MPI.

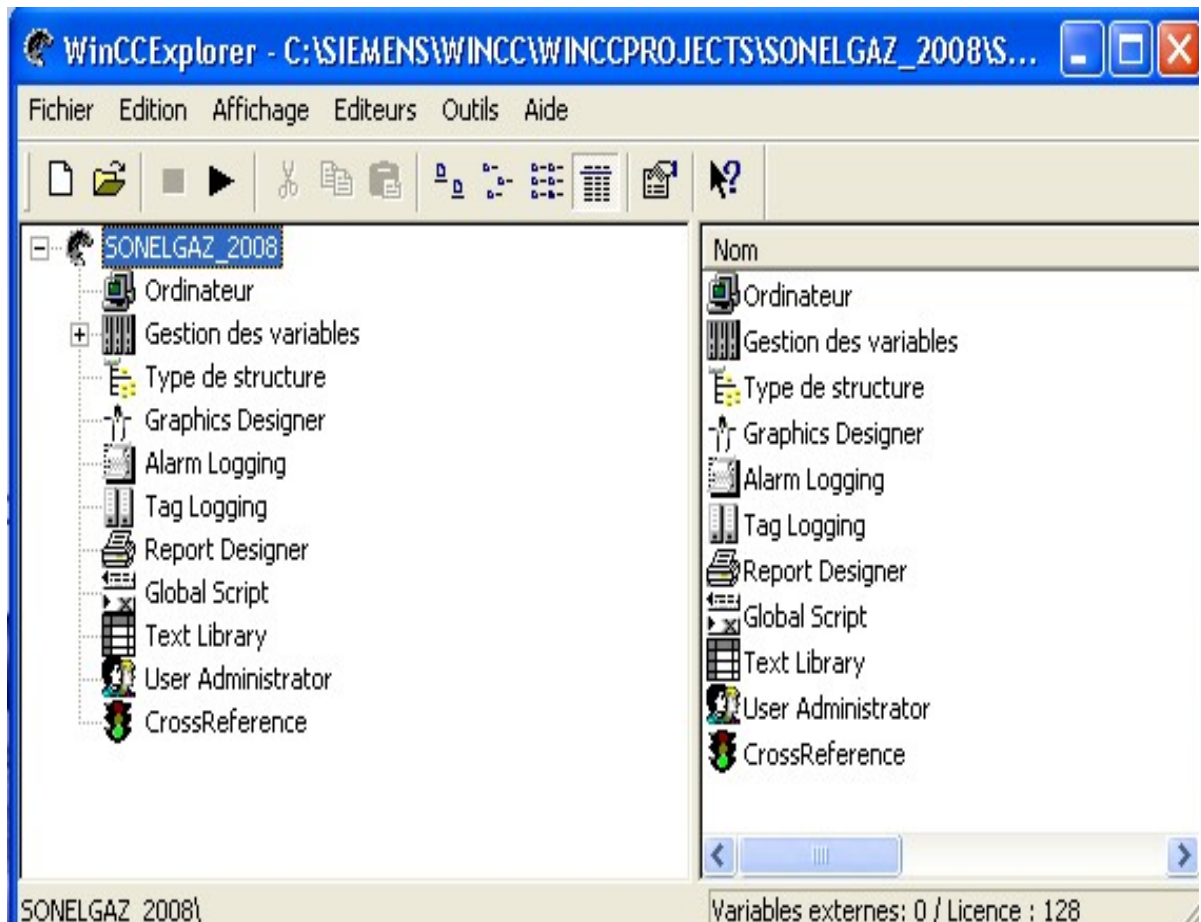
## **10. Procédure de programmation**

Les principales étapes suivies pour la création de notre application sous WinCC sont :

1. créer un projet ;
2. sélectionner et installer l'API ;
3. définir les variables dans l'éditeur de variables ;
4. créer et éditer les vues dans l'éditeur Graphics Designer ;
5. paramétrer les propriétés de WinCC runtime ;

6. activer les vues dans le WinCC runtime ;
7. utiliser le simulateur pour tester les vues du processus.

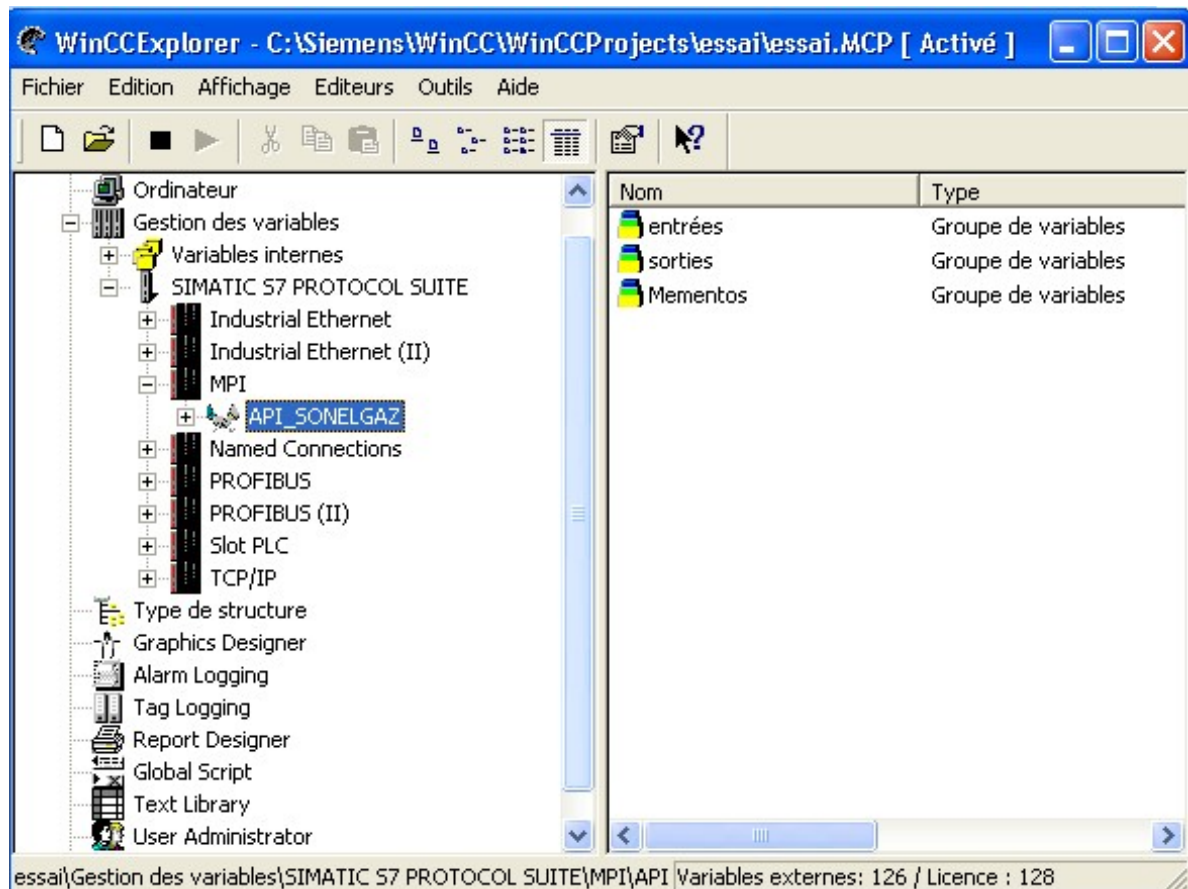
Nous présentons ci-contre la procédure suivie pour réaliser la supervision de la station. Le projet monoposte crée est nommé « SONELGAZ\_2008 », il est représenté par la figure suivante :



**Figure 4.5 :** Création du projet SONELGAZ\_2008

Puis nous avons procédé à la configuration du système de supervision pour assurer la communication entre l'API S7 300 avec le WinCC ; pour ce faire nous avons sélectionné à partir de l'éditeur de variable le pilote « SIMATIC S7 protocol suite » et choisi la liaison de communication (canal) « MPI ».

L'étape suivante est l'introduction des variables du procédé, correspondantes à des variables manipulées par le programme de l'API S7 300. Ceci est représenté par la figure ci-dessous .



**Figure 4.6 :** Configuration des paramètres du système

L'étape qui suit est la plus importante car elle consiste à créer des vues et de les dynamiser, dans l'éditeur « Graphic designer » qui nous permet d'insérer les différents types d'objets dont on a besoin grâce à la palette d'objet et la bibliothèque interne du WinCC. Pour la plate forme de supervision que nous avons développé pour le système purge/vidange, nous avons crée sept (07) vues :

- Une vue d'accueil afin de présenter notre travail ;
- Un centre de contrôle d'où on a accès à toutes les informations sur l'état de nos vannes, et grâce à des boutons on accède à toutes les vues pour un meilleur contrôle ;
- Cinq (05) vues représentant toute nos vannes, et grâce au système d'aide à la décision que l'on implanté on accède aux informations sur l'état précis de la vanne.



**Figure 4 .7 : Vue d'accueil**

Après avoir créer la vue d'accueil nous ferons de meme pour les autres vues, ensuite nous devons configurer les bouton de navigation qui serviront à naviguer sur toutes les vues, et dynamiser les vues en affectant à chaque objet la variable à laquelle il correspond.

### **Centre de commande**

A partir de cette vues on pourra connaître l'état de toute les vanne simultanément sans toute fois les visualiser on y a ajouté des boutons de navigation pour contrôler l'état exacte de la vanne en cas de défaillance et afin, de surveiller un groupement de vanne précis.



Figure 4.8 : Centre de contrôle

Afin d’avoir un meilleur contrôle des vannes et d’anticiper tous dysfonctionnement nous avons créé cinq (05) vues, représentant des groupements de vannes associées à leurs propres tableaux de commande (système d’aide à la décision) indiquant l’état exacte de chaque vanne.

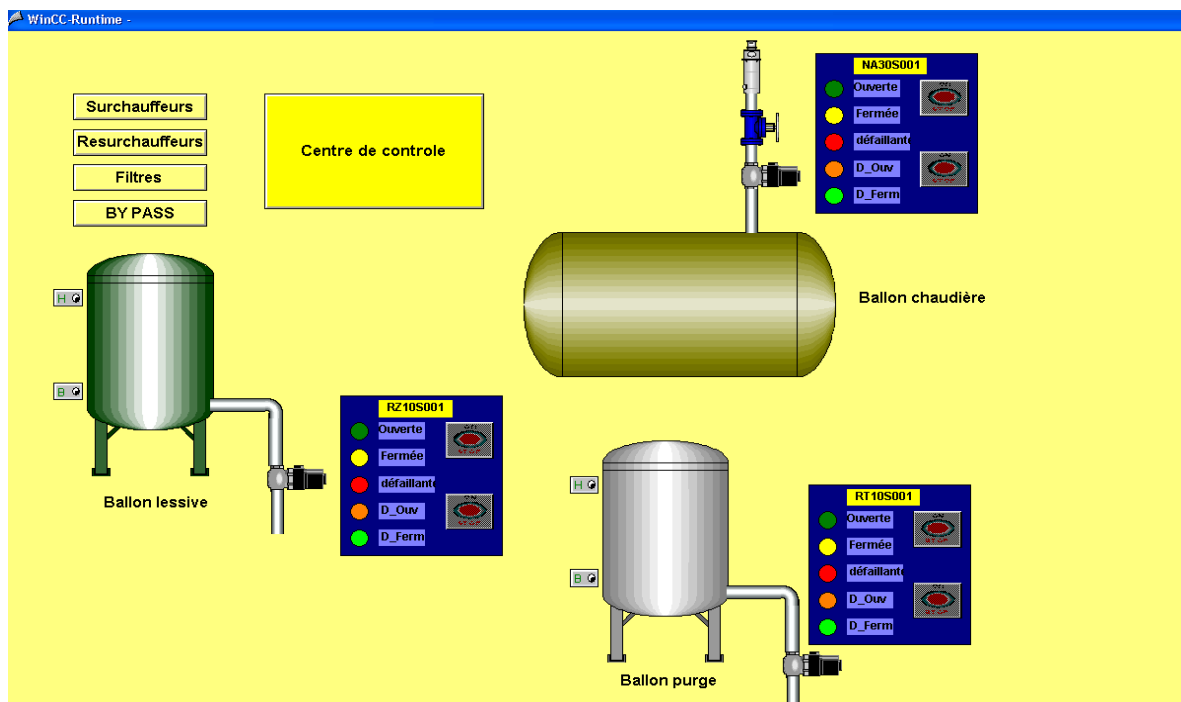


Figure 4.9. : Ballons

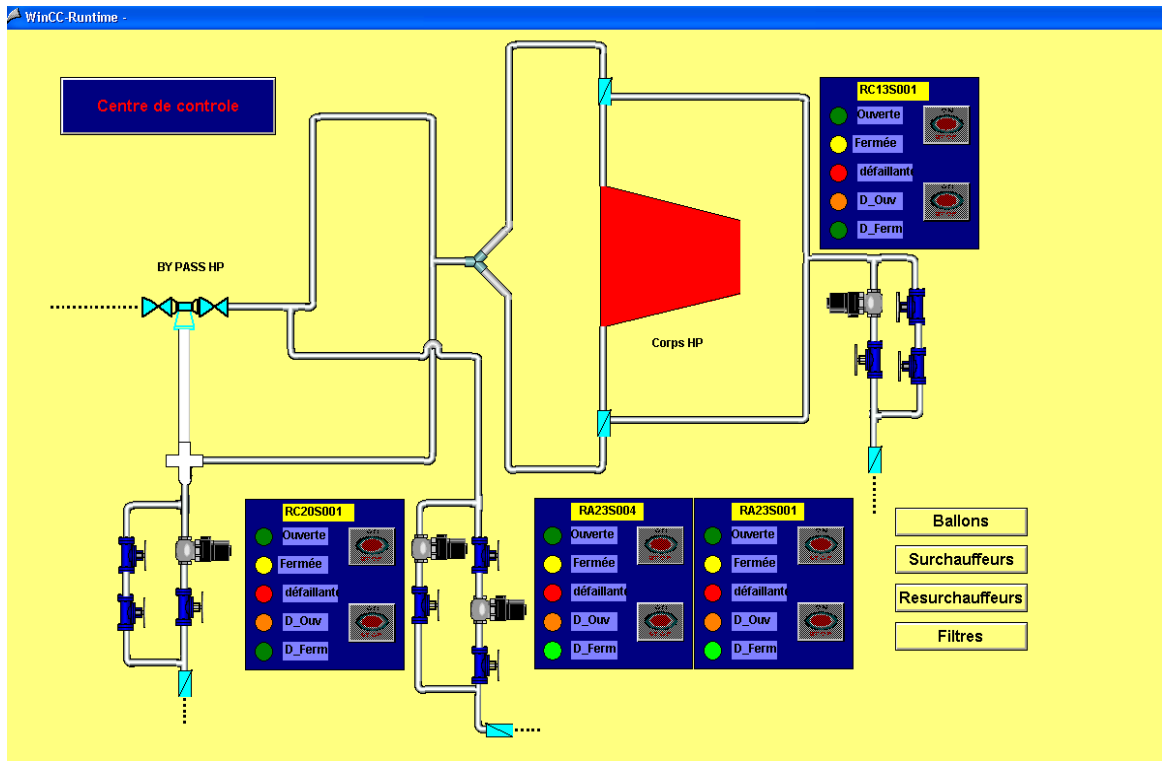


Figure 4.10.: BY PASS

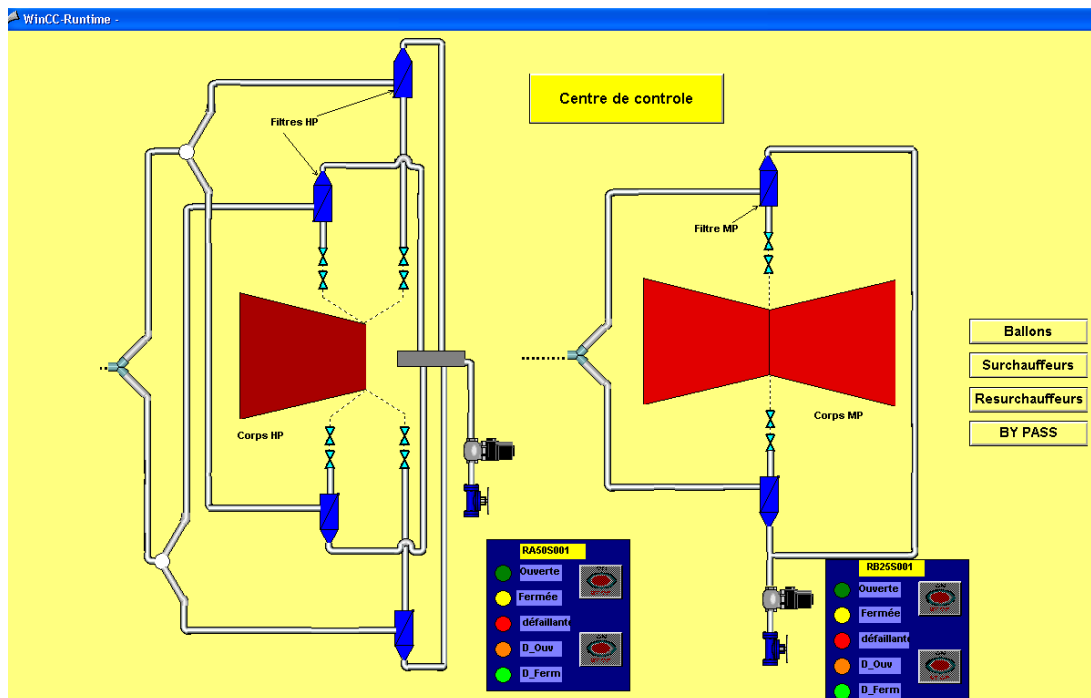


Figure 4.11. : Filtres

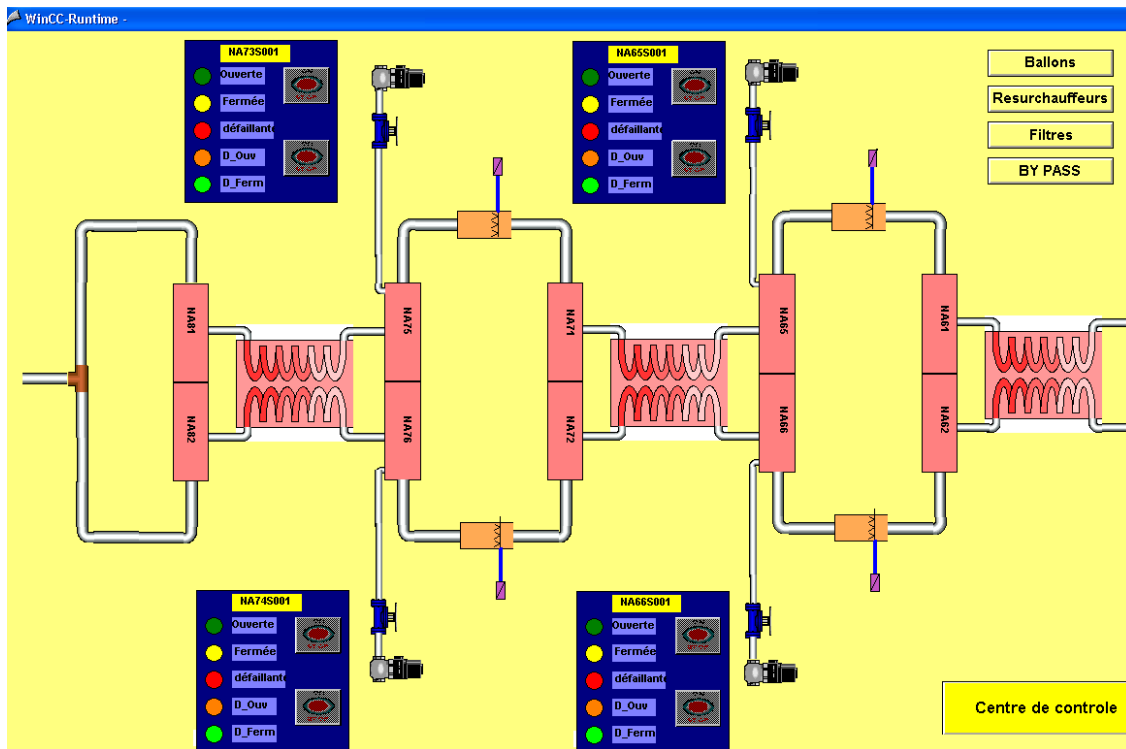


Figure 4.12. : Surchauffeurs

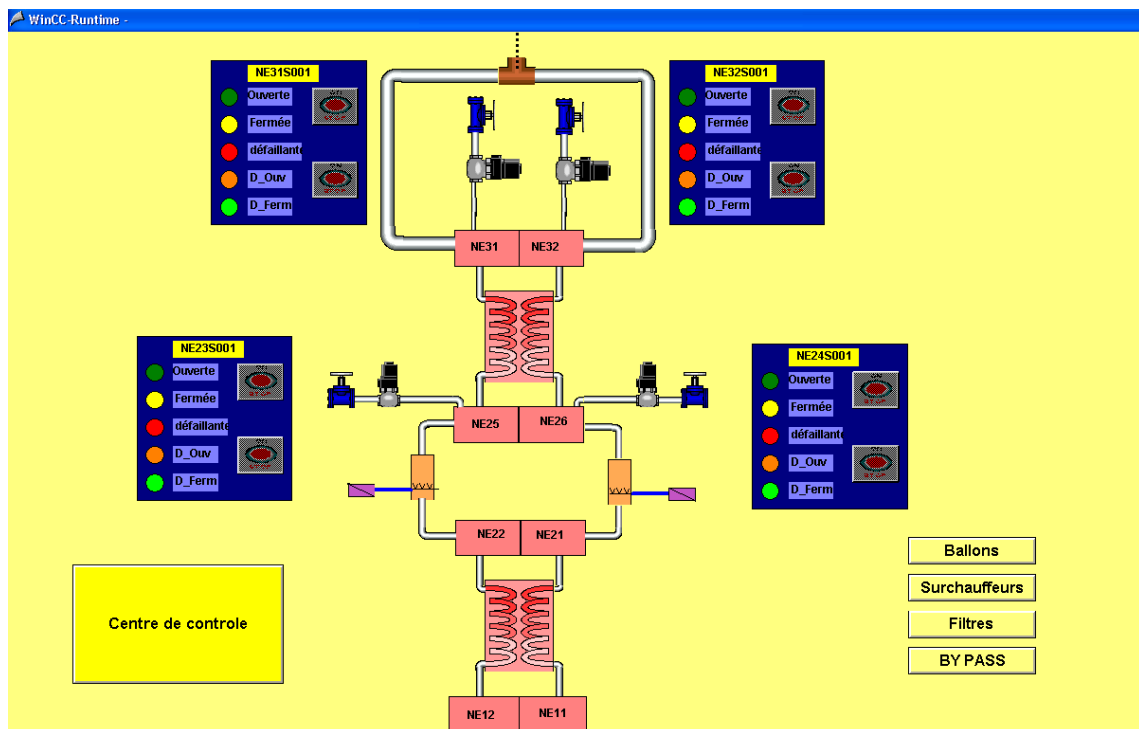


Figure 4.13. : Resurchauffeurs

### Systeme d'aide à la décision

Il est sous forme de tableau d'indication, il est composé de cinq lampes indiquant l'état de la vanne et de deux voyant indiquant l'appui de boutons de commande manuel

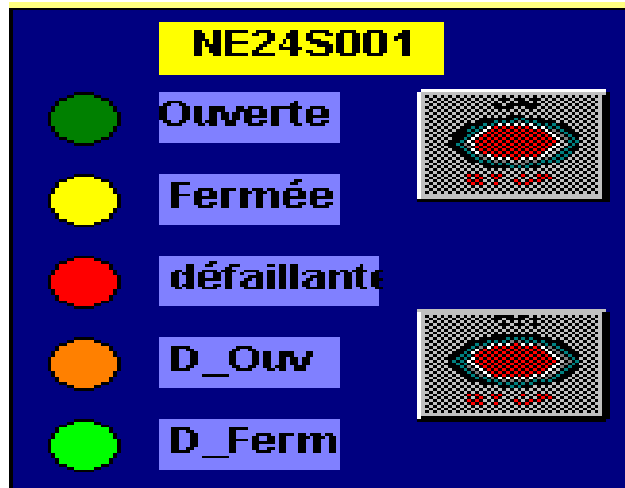


Figure 4.14. : Systeme d'aide à la décision.

### Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons décrit la supervision en précisant sa place dans l'industrie. Nous avons élaboré sous le logiciel WinCC les vues qui permettent de suivre l'évolution du procédé en fonction du temps, et d'établir un diagnostic aisément.

Figure 2.7. : Grafcet du système purge/vidange

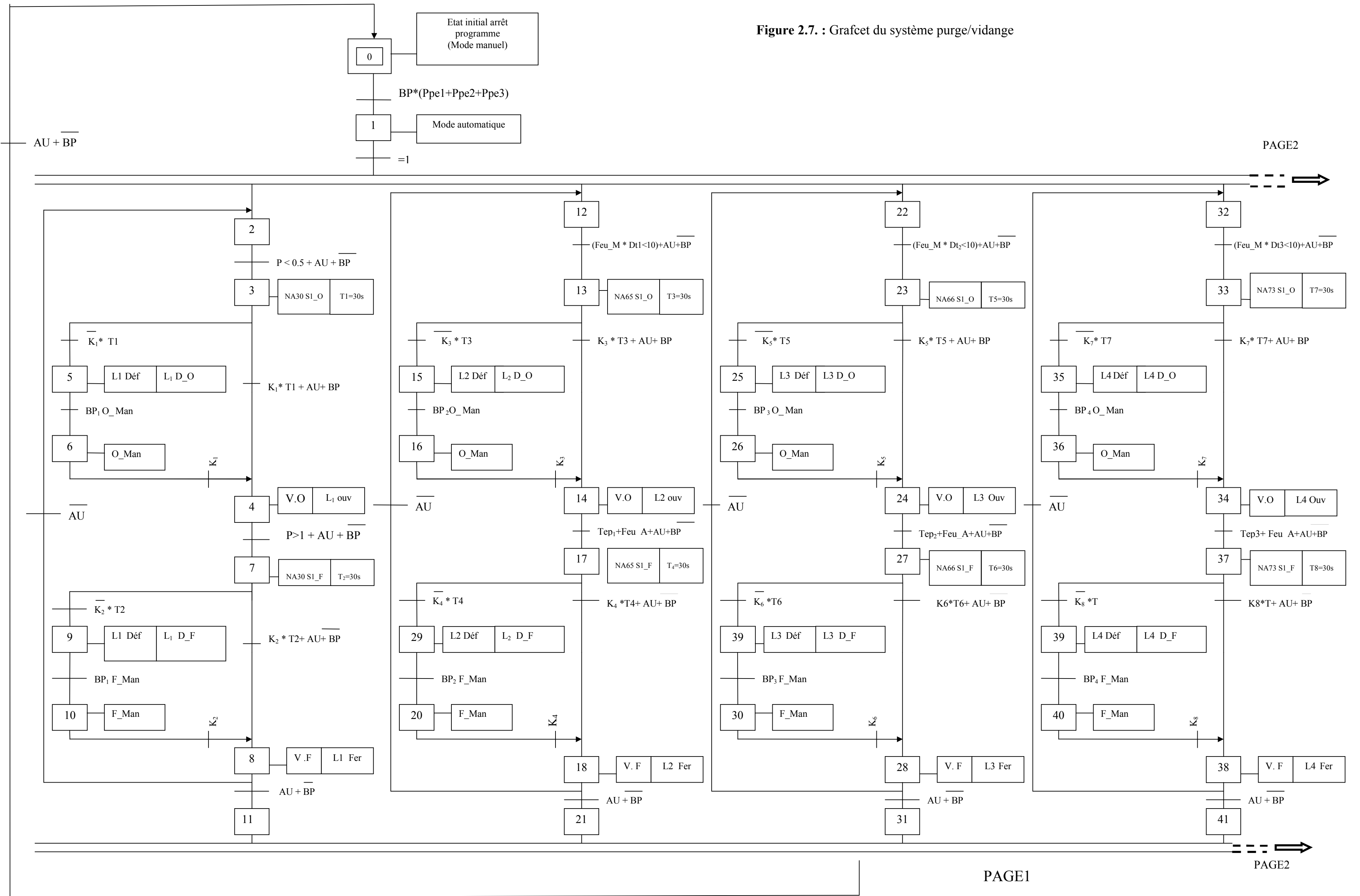


Figure 2.7. : Grafcet du système purge/vidange

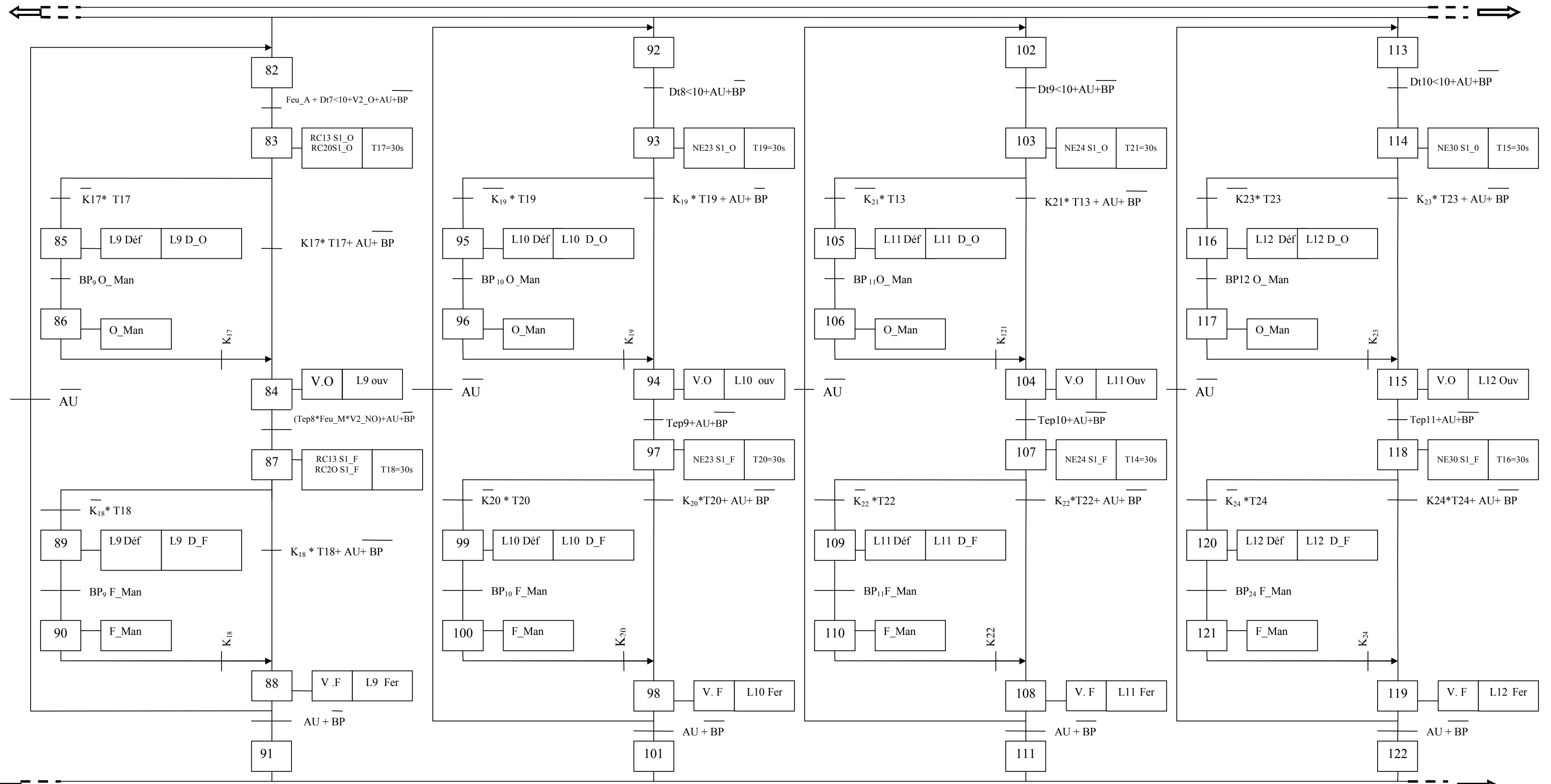


Figure 2.7. : Grafset du système purge/vidange

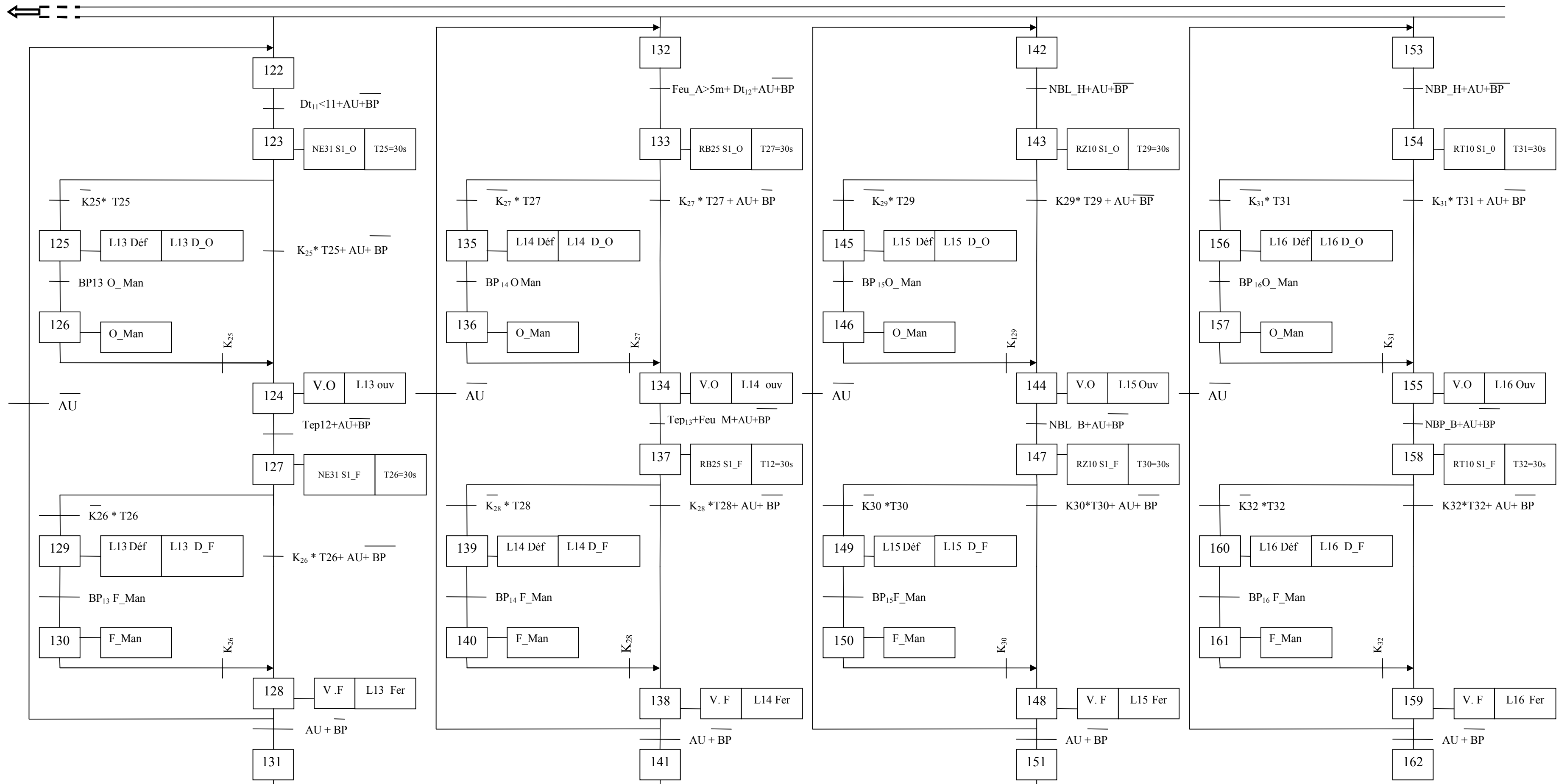
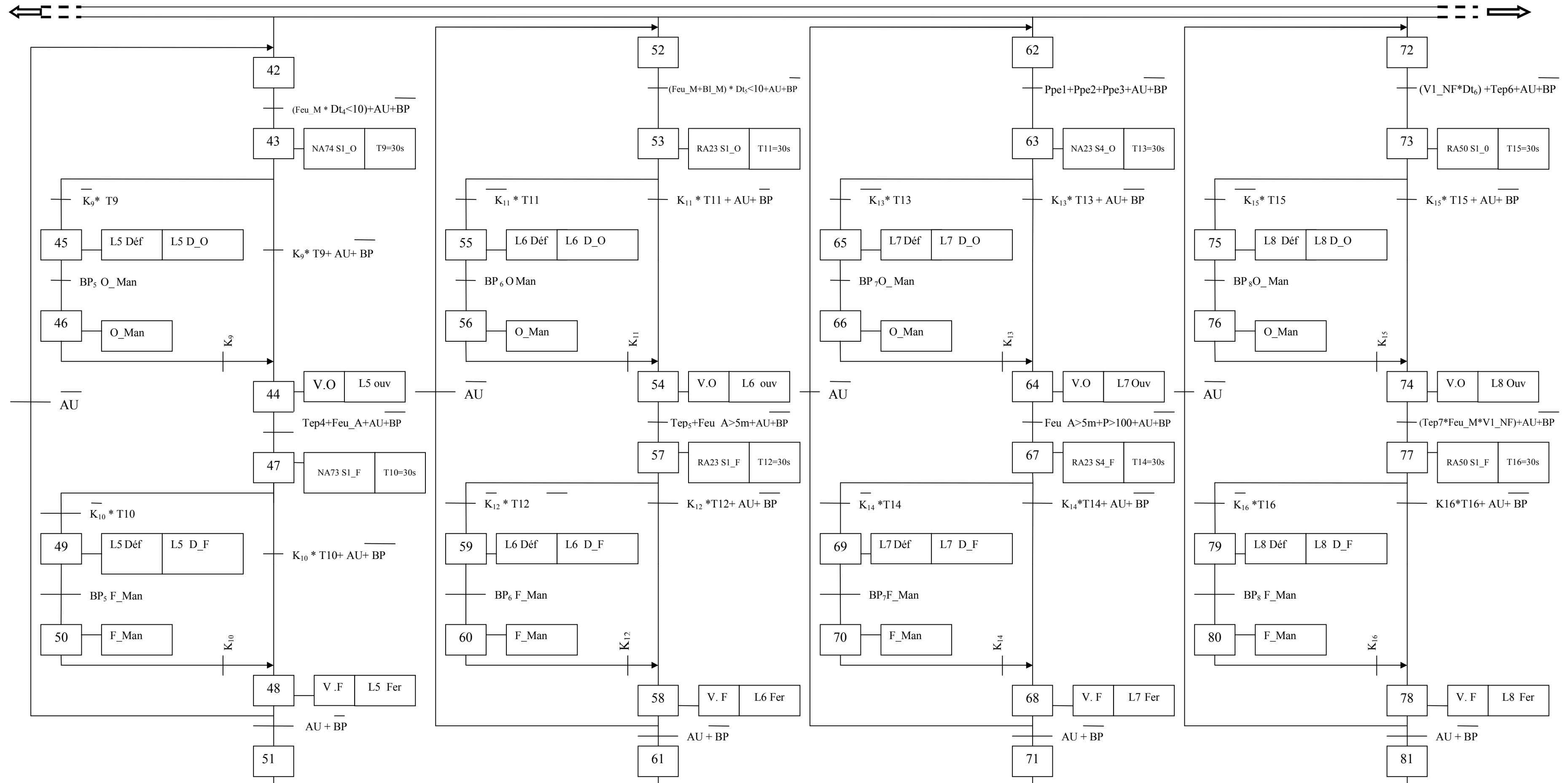


Figure 2.7. : Grafcet du système purge/vidange

PAGE 1

PAGE 3

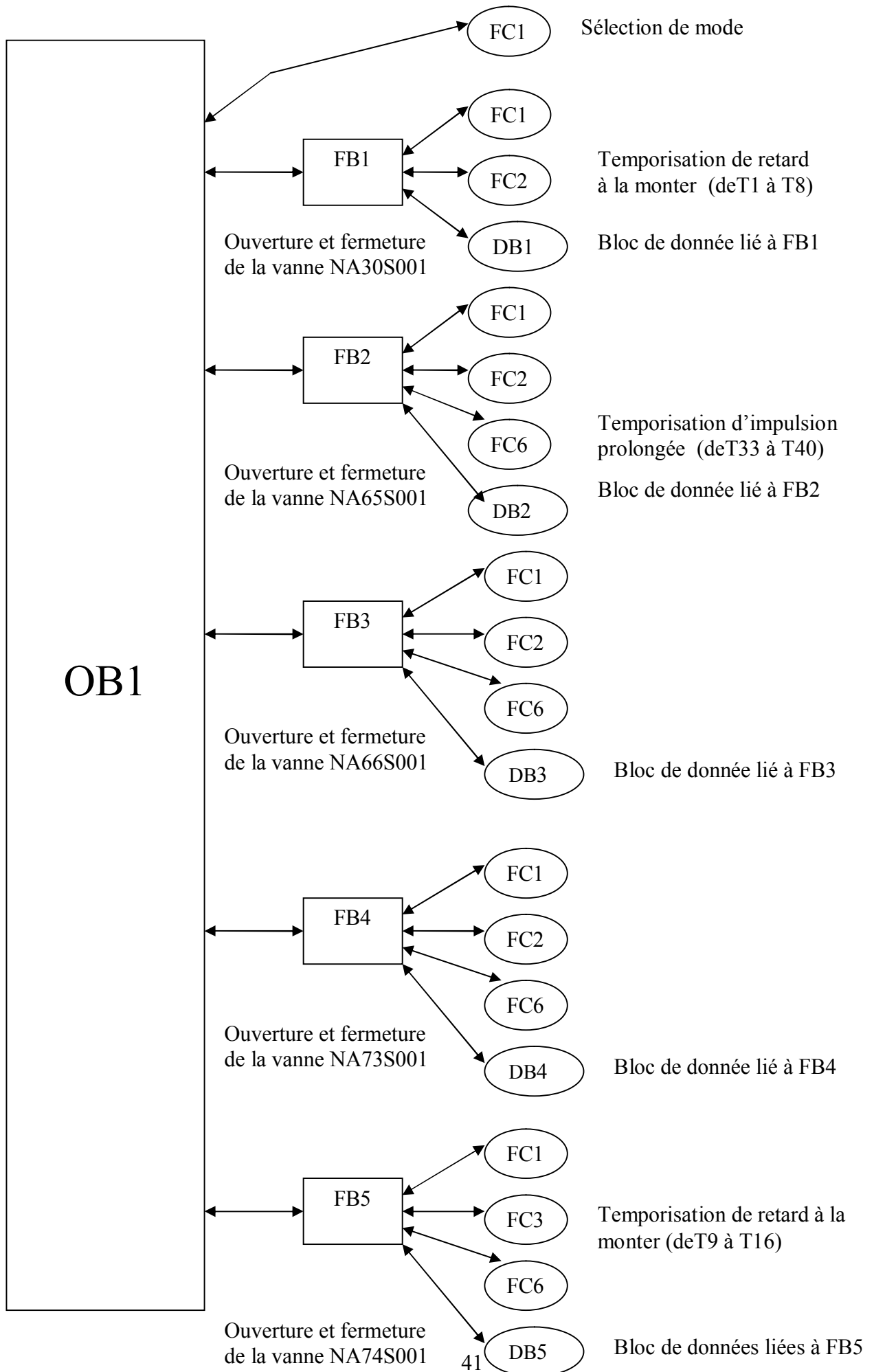


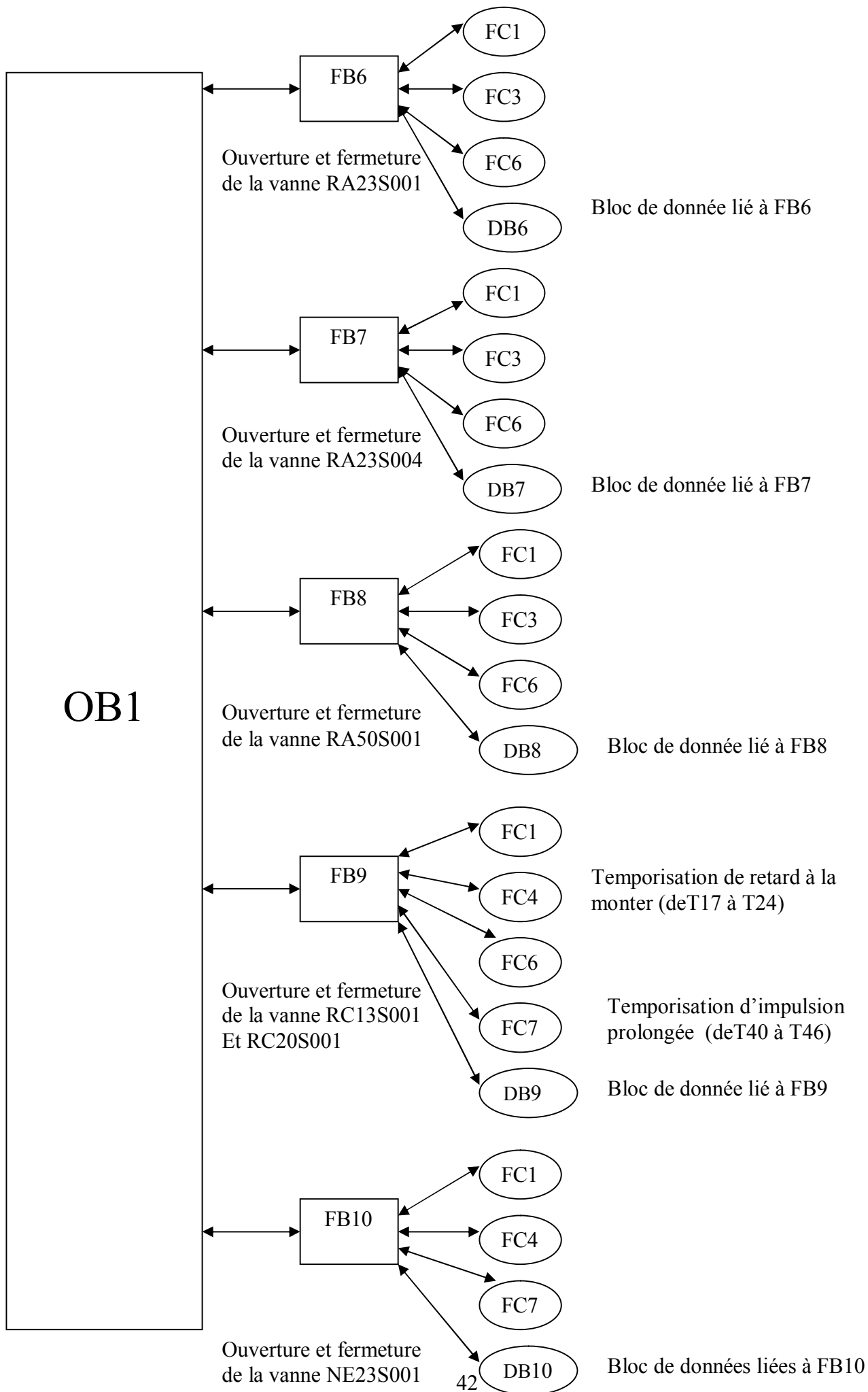
PAGE 1

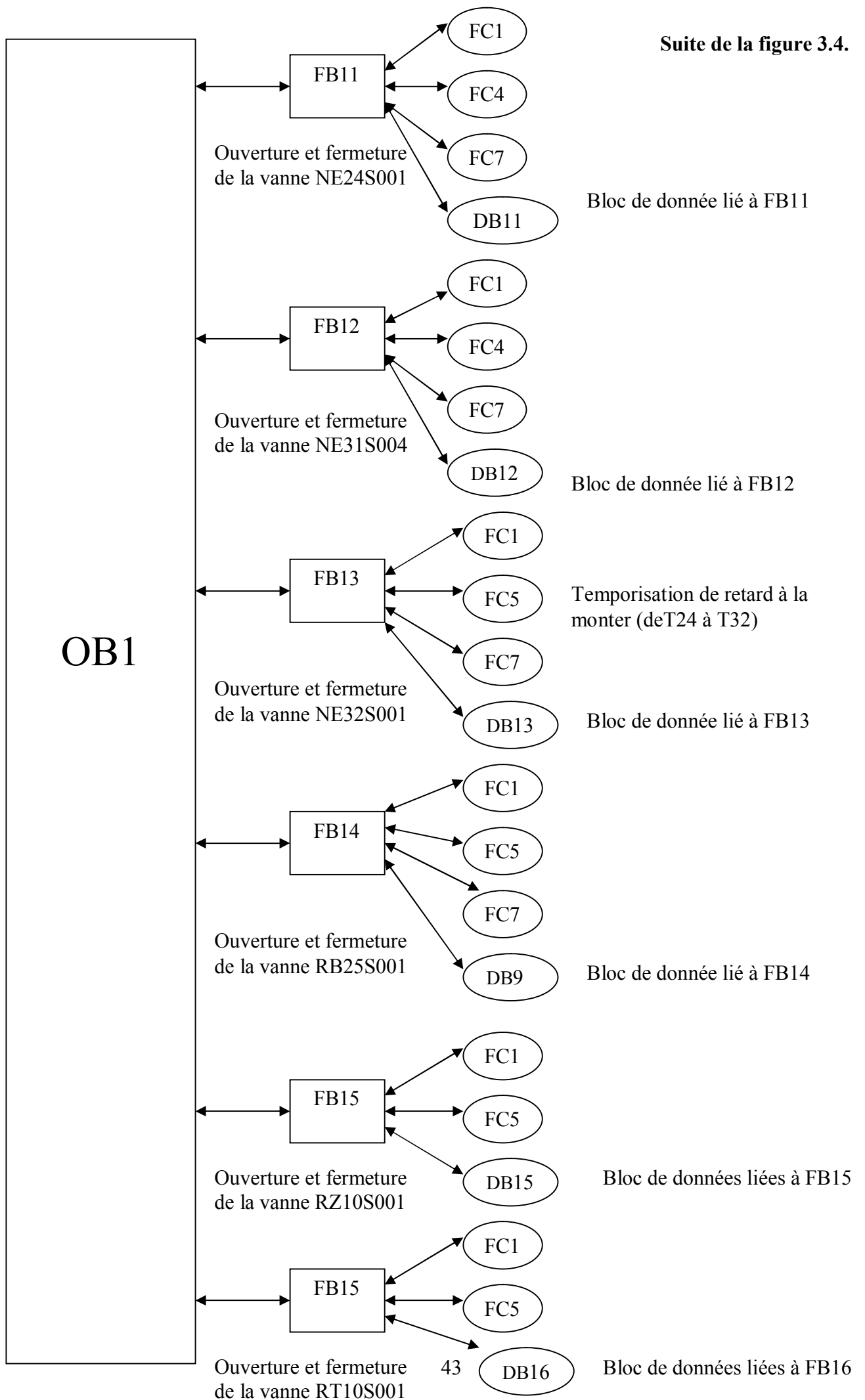
PAGE 2

PAGE 3

**Figure 3.4. : Arborescence du programme**







## Conclusion générale

Le présent travail que j'ai effectué au sein de la centrale électrique de Cap Djinet, m'a été bénéfique quant à l'acquisition de nombreux enseignements théoriques, techniques et pratiques.

La complexité du système implanté, m'a permis aussi de découvrir la réalité de l'activité d'une centrale électrique et m'a donné l'occasion, de mettre en pratique mes connaissances théoriques et de me familiariser avec le monde industriel.

Il m'a permis, en outre, de comprendre l'ampleur extraordinaire, prise dans toutes les filières de l'industrie par la commande des processus par les API en raison de leurs précisions dans le traitement numérique qui permet de générer des commandes adéquates à toutes les situations et dans toutes les conditions.

Le but de ce travail est de réaliser un programme sous STEP 7 pour commander le système purge/vidange de la dite centrale. Pour ce faire, nous avons modélisé notre système grâce au grafcet qui est l'outil adéquat à la modélisation des processus séquentiels, il nous a aidé au passage, à définir toutes nos entrées/sorties et d'élaborer sous STEP 7, le programme du système purge/vidange et de mettre en œuvre un système d'aide à la décision pour cerner plus facilement les panne et éviter tous dysfonctionnement du système.

La validation du programme de conduite que nous avons développé, a été réalisée par le biais du logiciel de simulation des modules physique « S7 PLSIM ».

Notre travail a aussi pour but de développer une plate forme de supervision afin de contrôler le bon fonctionnement du système purge/vidange par l'intermédiaire de graphismes et de schémas en temps réel. Celle-ci jumelée au système d'aide à la décision, nous a permis de cibler facilement la nature et l'origine de la panne.

Ainsi, l'opérateur pourra établir des diagnostics concrets et aura une meilleure maîtrise de l'observation et de la maintenance.

Enfin, nous espérons que ce travail puisse apporter un plus et constituer un support supplémentaire aux promotions à venir et aux techniciens de la centrale thermique de Cap Djinet.

## **Liste des annexes**

**Annexe 01** : le programme

**Annexe 02** : la liste des mnémoniques

**Annexe 03** : figures des emplacements des vannes