

République Algérienne démocratique et populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
Université Mouloud MAMMERI, Tizi-Ouzou
Faculté de génie électrique et d'informatique

Département automatique



Mémoire

de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur
d'état en automatique

Thème



Proposé par :

Mr. H.MEGHARBI

Dirigé par:

Mr. A.HAMASSE

Présenté par :

Mr. MABED Djamel

Mr. MEZDAD Meziane

Promotion 2007/2008

Remerciements

Nous tenons à remercier notre bon dieu, le tout puissant de nous avoir permis de mener à bien ce travail.

On remercie vivement Mr A.HAMASSE de nous avoir encadré, pour ses remarques pertinentes, et ses conseils judicieux qu'il nous a octroyés le long de notre travail.

On remercie fortement Mr H.MEGHARBI de nous avoir proposé ce travail, et pour son aide précieuse tout au long de notre stage pratique, ainsi que l'ensemble de la société NAFTAL GPL Oued-Aissi.

On remercie infiniment Mr CHARIF pour son aide précieuse dans la programmation, pour ses remarques pertinentes et pour sa disponibilité.

Nos remerciements s'adressent également au président et membres du jury pour avoir accepté d'évaluer notre travail.

Dédicaces

Je dédie ce travail :

- *A la mémoire de mon cher frère « Slimane » que dieu le tout puissant le bénisse et l'accueille dans son vaste paradis.*
- *A mes parents, pour leurs sacrifices afin de me voir arriver a ce stade.*
- *A mon frère Med, sa femme Samia et leurs bébé ‘Zelalsen’.*
- *A mes sœurs : Sadia, Zohra et sont mari Abd-Arahmane.*
- *A tout mes amis surtout Amine BOUNOUA et Saïd CHAIBI.*
- *A mon binôme Djamel avec qui j'ai partagé ce travail de fin d'étude.*

Meziane



Je dédie ce travail tout d'abord à ma très chère famille.

A ma mère ;

A mon père ;

A mes frères ;

A mes sœurs ;

A toute la famille ;

A mes amis sans exception ;

A mon binôme Meziane avec lequel j'ai partagé ce travail ;

Ainsi qu'à tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin pour l'élaboration de ce travail.

Djamel

Sommaire

Introduction générale.....	01
-----------------------------------	-----------

CHAPITRE I : Description et fonctionnement du réseau de défense anti-incendie

I-1-Introduction.....	03
I-2-Installation du centre enfuteur de Oued-Aissi.....	03
a-Hall d'emplissage.....	03
a-1-Carrousel.....	03
a-2-Convoyeur à chaîne.....	03
b-Zone de stockage des bouteilles.....	04
c-Bloc administratif.....	04
d-Bâche à eau.....	04
e-Salle des machines et le magasin des pièces.....	04
e-1-Zone des compresseurs.....	04
e-2-Zone de pompes à incendie.....	05
e-3-Magasin des pièces.....	05
f-Quai de chargement et déchargement.....	05
g-Zone des compresseurs et des pompes GPL.....	06
h-Zone de stockage des GPL.....	06
I-3-Généralités sur les GPL.....	07
I-3-1-Propriétés physiques importantes du GPL.....	07
I-3-2-Caractéristiques générales des GPL.....	08
a-Température d'ébullition.....	08
b-Tension de vapeur.....	08
I-3-3-Risque d'explosion.....	09
I-3-4-Risque de pression et phénomène de BLEVE.....	09
a-Sur chauffage du liquide.....	10
b-Baisse rapide de la pression.....	10
I-4-Structure d'un système automatisé de production.....	10
I-4-1-Partie opérative.....	11
a-Actionneurs.....	11
a-1-Actionneurs électriques.....	12
a-2-Actionneurs pneumatiques.....	12
a-3-Actionneurs hydrauliques.....	12
b-Effecteurs.....	12
c-Capteurs.....	13
c-1- Différents Types de capteurs.....	13
c-2- Caractéristiques principales des capteurs.....	13
I-4-2-Partie commande.....	14
-Pré actionneurs.....	14
a- Distributeurs (préactionneurs pneumatiques).....	14

b- Relais contacteur (Pré actionneurs électrique)	14
c- Electrovanne.....	14
I -4-3-Poste de contrôle.....	15
I -5-Description de la station à automatiser	15
I -5-1-Différents équipements essentiels constituant le RDCI et les éléments à ajouter.....	15
I -5-1-1-Actionneurs.....	15
a-Pompes.....	15
a-1-Pompe Jockey	15
a-2-Pompes électriques	16
a-3-Motopompe.....	16
b-Vérins doubles effet.....	16
c-Vannes.....	17
c-1-Vannes simples à soupape.....	17
c-2-Vannes à tournant sphérique.....	17
c-3-Vannes pneumatiques motorisées.....	18
• Fonctionnement de la vanne motorisée pneumatique.....	18
c-4-Clapets.....	18
d-Sirènes d'alerte incendie.....	19
I -5-1-2-Pré actionneurs.....	19
a-Distributeurs.....	19
b-Electrovanne.....	20
c-Contacteurs électriques.....	20
I -5-1-3-Capteurs.....	21
a-Capteurs de pression, (pressostats).....	21
b-Détecteurs de flammes UV et IR.....	21
b-1-Caractéristiques techniques.....	22
b-2-Fonctionnement.....	22
c-Brise de glace.....	22
d-Détecteurs de présence à action mécanique.....	23
e-Capteur de niveau, le flotteur.....	23
I -5-1-4-Partie relation.....	24
• Pupitre de commande.....	24
I-5-2-Schéma synoptique du réseau de défense contre incendie.....	25
I-7-Fonctionnement du réseau de défense contre incendie.....	26
a-Fonctionnement actuel.....	26
a-1-Zone des pompes.....	26
• Fonctionnement des pompes en automatique.....	26
a-2-Automatisme d'arrosage des zones de stockage.....	27
b-Nouveau fonctionnement.....	28
b-1-Zone des pompes	28
b-2-Nouvel Automatisme d'arrosage des zones de stockage.....	28
b-3-Automatisme de détection incendie.....	28
b-4-Réserve d'eau.....	29
I -8-Conclusion	29

CHAPITRE II : Modélisation du système par le GRAFCET

II-2-Introduction	30
II-3-Définition du GRAFCET.....	30
II-4-Eléments graphiques de base du GRAFCET.....	31
II-4-1-Etapes.....	31
• Etape initiale.....	31
• Macro-étape.....	31
• Etape source/Etape puits.....	32

• Tâche.....	33
-Actions.....	33
II-4-2-Transitions.....	33
• Réceptivités.....	33
• Temporisation.....	34
II-4-3-Liaisons orientées.....	34
II-5-Actions associées aux étapes.....	34
II-5-1-Actions continues (assignation sur l'état).....	34
• Actions conditionnelles.....	35
• Actions retardées.....	35
• Actions limitées dans le temps.....	36
- Note.....	35
II-5-2-Action mémorisée.....	36
- Commentaire.....	37
II-6-Règles d'évolution du GRAFCET.....	37
Règle 1 : Situation initiale du GRAFCET.....	37
Règle 2 : Transition franchissable.....	37
Règle 3 : Franchissement d'une transition.....	38
Règle 4 : Franchissements simultanés.....	38
Règle 5 : Activation et désactivation simultanée.....	38
II-6-Règles de construction d'un GRAFCET.....	39
• Convergence en ET.....	39
• Divergence en ET.....	39
• Convergence en OU.....	39
• Divergence en OU.....	39
• Saut d'étape.....	39
• Reprise de séquence.....	40
II-7-Niveau de représentation.....	40
Niveau 1 : Spécifications fonctionnelles.....	40
Niveau 2 : Spécifications technologiques.....	40
II-8-Modélisation du réseau de décence contre incendie par le GRAFCET.....	40
Grafcet niveau 1 de la sélection de marche des pompes.....	41
Grafcet niveau 2 de la sélection de marche des pompes.....	43
Grafcet niveau 1 du processus d'arrosage des sphères.....	45
Grafcet niveau 1 du processus d'arrosage des cigares.....	46
Grafcet niveau 2 du processus d'arrosage des sphères.....	47
Grafcet niveau 2 du processus d'arrosage des cigares.....	48
Grafcet niveau 1 de l'automatisme de détection d'incendie.....	49
Grafcet niveau 2 de l'automatisme de détection d'incendie.....	50
Grafcet niveau 1 du fonctionnement de la vanne d'alimentation de la réserve d'eau.....	51
Grafcet niveau 2 du fonctionnement de la vanne d'alimentation de la réserve d'eau.....	52
II-9-Conclusion.....	53

CHAPITRE III : Automates programmables industriels

I- Généralités sur les automates programmables industriels

III-1-Introduction.....	54
III-2-Définition d'un Automate programmable.....	54
III-3-Environnement d'un automate programmable.....	55
III-3-1-Poste de contrôle.....	55
III-3-2-Partie opérative.....	56
III-3-3-Partie Commande.....	56
III-4-Structure matérielle d'API.....	57
III-4-1-Automate programmable compact.....	57

III-4-2-Automate modulaire.....	57
III-5-Structure interne des API	57
III-5-1-Module d'alimentation.....	58
• Remarque.....	58
III-5-2-Module d'entrées.....	58
III-5-3-Module de sorties.....	58
III-5-4-Coupleur de périphériques.....	59
III-5-5-Unité centrale.....	59
a-Processeur.....	59
b-Mémoire.....	59
• Bus.....	60
III-6-Structure du programme automate.....	60
III-6-1-Traitement interne.....	61
• Chien de garde (watchdog).....	61
III-6-2-Lecture des entrées.....	61
III-6-3-Exécution du programme.....	61
III-6-4-Ecriture des sorties.....	61
III-7-Nature des informations traitées par l'automate.....	61
III-7-1-Information tout ou rien (TOR).....	61
III-7-2-Information analogique.....	62
III-7-3-Information numérique.....	62
III-8-Programmation des automates programmables.....	62
III-8-1-Consoles de programmation.....	62
III-8-2-Langage de programmation des automates programmables.....	62
a-Langage liste d'instruction (language listing).....	62
b-Langage à contact (ladder diagram).....	63
c-Langage logique (logigramme).....	63
d-Langage blocs fonctionnels (FBD : function bloc diagram).....	63
III-9-Critères de choix d'un automate.....	63
III-10-Avantages et inconvénients des API.....	64
a-Avantages.....	64
b-Inconvénients.....	64

II- Présentation de l'automate programmable S7.300

III-1-Introduction.....	64
III-2-Structure matérielle d'un automate S7.300.....	65
III-2-1-Module d'alimentation.....	65
III-2-2-Unité centrale (CPU).....	65
III-2-3-Coupleurs.....	66
III-2-4-Modules d'entrées/sorties TOR	66
III-2-5-Modules d'entrées/sorties analogiques.....	66
III-2-6-Modules de fonctions (FM).....	66
a-Comptage/Mesure.....	66
b-Positionnement.....	67
c-Régulation.....	67
III-2-7-Modules de communication (CP).....	67
III-2-8-Profilé support.....	67
III-3-Console de programmation.....	68
III-4-Programmation de l'automate S7.300.....	68
III-5-Conclusion.....	68

CHAPITRE IV : Langage de programmation « STEP7 »

IV-1-Introduction.....	69
IV-2-Langage de programmation.....	69
IV-3-Principe de conception d'une structure de programme.....	69

IV-3-1-Programme dans un CPU.....	69
a-Système d'exploitation.....	69
b-Programme utilisateur.....	70
IV-3-2-Blocs dans le programme utilisateur.....	70
IV-4-Blocs d'organisation et structure du programme.....	70
IV-4-1-Blocs d'organisation (OB).....	70
IV-4-2-Blocs fonctionnel (FB).....	71
IV-4-3-Fonctions (FC).....	71
IV-4-4-Blocs de données (DB).....	71
IV-4-5-Blocs système.....	71
a- Blocs fonctionnels système (SFB).....	71
b- Fonctions système.....	72
IV-5-Structure hiérarchique des blocs de programmation.....	72
IV-6-Création et simulation du projet sous STEP7.....	72
IV-7-Conclusion.....	78

CHAPITRE V : Développement de la solution de supervision

V- 1-Introduction.....	79
V-2-Constitution d'un système de supervision.....	79
V-2-1- Module de visualisation (affichage).....	79
V-2-2- Module d'archivage.....	79
V-2-3- Module de traitement.....	80
V-2-4- Module de communication.....	80
V-3- Supervision sous WinCC.....	80
V-3-1- Description de WinCC.....	80
V-3-2-Applications disponibles sous WinCC.....	81
• Graphic designer.....	81
• Tag logging.....	81
• Alarm logging.....	81
• Global script runtime.....	81
• Report designer.....	81
• User administrator.....	82
V-4-Application développée sous WinCC.....	82
V -4- 1- Création d'un projet WinCC.....	82
V -4- 2 - Création des variables.....	83
V -4- 3- Création des vues.....	84
V-5- Particularités de WinCC.....	85
V-6-Développement de l'application de supervision au réseau de défense contre incendie.....	85
V-6-1- Vue d'accueil.....	86
V-6-2-Vue pomperies incendie.....	87
V-6-3- Vue vannes d'arrosage.....	88
V-7-Conclusion.....	88

Conclusion générale.....	89
---------------------------------	-----------

Références bibliographiques

Annexe

Introduction générale

Introduction générale

L'Algérie est l'un des pays dont l'économie se base essentiellement sur les produits pétroliers et ses dérivées, la commercialisation et la distribution de ces produits étaient détenues par de grandes entreprises multinationales telles que bp, esso, shell...

Dès le mois de mai 1968 la distribution des produits pétroliers a été mise sous la tutelle de la SONATRACH, pour une gestion rationnelle et optimale des ressources et moyens disponibles, des plans de restructuration des grandes entreprises nationales ont été mis en action à partir de 1980, ainsi est née l'ERDP spécialisée dans la distribution et le raffinage et en 1987 l'ERDP a été subdivisé en deux entreprises :

- NAFTAL : Dont la mission principale est la distribution et la commercialisation des produits pétroliers (carburant et GPL) sur le marché national ainsi que l'enfûtage GPL et formulation du bitume.
- NAFTEC : chargée du raffinage.

A partir de 1998 NAFTAL change de statut et devient filiale a 100% de SONATRACH. Ensuite il y a eu séparation entre NAFTAL CLP et NAFTAL GPL en juillet 2000.

Le centre enfuteur de Oued-Aissi figure parmi les multiples centres implantés en Algérie, en vue de la nature des produits circulants dans le centre qui sont de nature très inflammable, la nécessité de mettre en œuvre un programme efficace de défense contre incendie est cependant indispensable, pour cela le centre est actuellement entrain de moderniser tout les équipements de protection anti-incendie, devant cette situation on nous a proposé de rénover le système en utilisant une solution programmable.

Pour ce faire, on a repartie notre travail en cinq chapitres :

- Le premier chapitre est consacré à la description générale du site ainsi que le fonctionnement du système de lutte anti-incendie.
- Le second chapitre est la modélisation par le GRAFCET de notre système.

- Le troisième chapitre est une description générale des automates programmables industriels (API) ainsi que le choix de l'automate à utiliser pour l'automatisation de la station.
- Le quatrième chapitre est consacré au langage de programmation STEP7 ainsi que l'élaboration d'un programme S7 pour notre système.
- Le cinquième et dernier chapitre fait l'objet de la supervision.
- On termine notre travail par une conclusion générale.

Chapitre II

Description et fonctionnement du réseau de défense anti-incendie

I-1-Introduction

Le centre enfuteur de Oued-Aissi a été réalisé en 1975, c'est un ancien centre qui a beaucoup activé, il a pour rôle le stockage, le conditionnement et la distribution du butane et du propane dans la wilaya de Tizi-Ouzou.

Le remplissage du butane se fait dans des bouteilles B3 (3 kilos de butane) et la B13 (13 kilos de butane), par contre le remplissage du propane se fait dans des bouteilles de P35 et P11 (35 ou 11 kilos de propane).

Le siège administratif du centre se trouve dans la localité de THALA-ATHMANE à 15km de la ville de Tizi-Ouzou, et son objectif est d'assurer un service public pour satisfaire les besoins immédiats des consommateurs.

I -2- Installations du centre enfuteur d'Oued-Aissi

Le centre enfuteur est constitué essentiellement de :

a- Hall d'emplissage

L'emplissage des bouteilles butane et propane se fait dans le hall d'emplissage où on trouve :

a-1- Carrousel

C'est un système de 24 bascules automatiques permettant de remplir les bouteilles de butane et de propane à un poids désiré, il effectue un tour par minute pour que les bouteilles soient remplies, chaque bascule est munie d'une pince d'emplissage qui fonctionne à l'air comprimé et munie aussi d'une arrivée de butane commandée par un poussoir permettant le passage ou l'arrêt du gaz, les bascules sont disposées sur un ensemble rotatif reposant sur des roues et entraînées par une courroie.

Ce carrousel est équipé de 2 convoyeurs, l'un d'arrivée et l'autre de départ.

a-2- Convoyeur à chaîne

C'est un équipement de transport de bouteilles qui est fait de chaînes qui transportent les bouteilles vides vers le carrousel et ramène les bouteilles pleines vers l'extérieur tout en

passant par différentes étapes telles que le tri des bouteilles, l'étanchéité et la mise en place des chapeaux.

Sans oublier aussi l'opération du contrôle des bouteilles qui s'effectue à l'intérieur du hall.

b- Zone de stockage des bouteilles

C'est là où les bouteilles de butane et de propane (vide ou pleines) sont stockées.

c- Bloc administratif

C'est là où s'effectuent les différentes opérations administratives concernant le centre, comme on trouve aussi une salle de contrôle récemment installée à l'aide de laquelle on peut savoir à chaque instant ce qui se passe à l'intérieur du hall d'emplissage y compris :

- La concentration des gaz dans les conduites
- L'état des électrovannes dans le hall...

d- Bâche à eau

Elle assure l'approvisionnement en eau pour les besoins multiples du centre y compris la prévention en cas d'incendie, elle est d'une capacité de 1000 m³.

e- Salle des machines et magasin des pièces

La salle des machines est subdivisée en trois zones :

e-1- Zone des compresseurs : on y trouve de gigantesques compresseurs à air lesquels sont utilisés pour le fonctionnement de plusieurs équipements car la technologie pneumatique est plus sécurisée que la technologie électrique dans les centres où le risque de déflagration est présent comme c'est le cas du centre enfuteur.

La production d'énergie pneumatique est assurée par un compresseur, animé par un moteur électrique, ce compresseur intégré est constitué d'un filtre, du système de compression de l'air, d'un refroidisseur et d'un dernier filtre ; un réservoir permet de réguler la consommation.

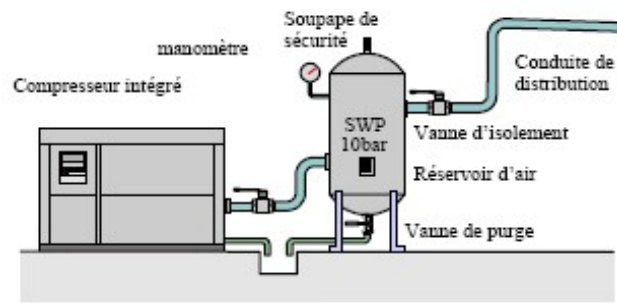


Figure I-1 : Schéma synoptique de production d'air comprimé

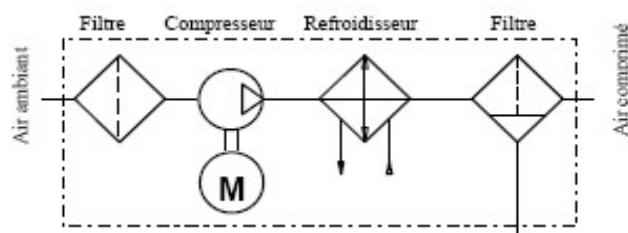


Figure I-2 : Symbole du compresseur intégré

e-2- Zone de pompes à incendie

C'est là où se trouvent les différentes pompes à eau qui assurent à tout moment une pression largement suffisante soit pour l'arrosage des zones de stockage GPL ou pour les différentes utilisations habituelles, on y trouve trois type de pompes :

- Une pompe Jockey (pompe de maintien)
- Deux pompes électriques.
- Une motopompe (pompe diesel).

e-3- Magasin des pièces

C'est là où se trouvent les différentes pièces de rechange qui seront utilisées en cas de besoins.

f- Quai de chargement et déchargement

C'est la place où s'effectue le chargement du GPL vers la zone de stockage, ou son déchargement vers les camions citernes.

Le chargement et déchargement s'effectuent à l'aide de quatre bras mixtes, chaque bras peut être utilisé pour charger ou décharger du butane ou du propane.

g- Zone des compresseurs et des pompes GPL

La distribution du GPL provenant de la zone de stockage vers le hall d'emplissage ne serait pas possible sans les compresseurs et pompes à gaz, comme ils jouent le même rôle pour le chargement ou le déchargement des GPL.

h- Zone de stockage des GPL

La zone de stockage est constituée de trois sphères et de deux cigares, à savoir que le butane est stocké dans les trois sphères (bu1, bu2, bu3) de capacité de 1000m³ chacune, le propane est stocké dans les deux cigares (p1, p2) chacun est d'une capacité de 150m³.

Les sphères et les cigares sont munis de pompes, et d'une tuyauterie pour le tirage du produit et son refoulement des sphères et des cigares vers le hall d'emplissage.

Chaque sphère est constituée d'une enveloppe de forme sphérique supportée par des poteaux, l'ensemble repose sur des fondations en béton armé.

Les accessoires d'accès pour chaque sphère sont :

- Un escalier.
- Deux trous d'entrée qui permettent l'accès à l'intérieur du réservoir en cas de nettoyage.
- Une échelle intérieure.

Les accessoires de contrôle sont :

- Un manomètre qui indique la pression de la partie gazeuse du butane.
- Deux indicateurs de température, l'un se situe en haut et l'autre en bas de la sphère.
- Trois indicateurs de niveau.

Les accessoires de sécurité pour les sphères et pour les cigares sont les soupapes de sécurité, le rôle des soupapes est de créer un point faible prédéterminant dans une installation afin d'éviter les surcharges survenant pendant le fonctionnement.

Le propane est conditionné dans des cages dont les équipements essentiels sont :

- Une soupape de sécurité ;
- Un manomètre à bain d'huile et jauge point haut ;
- Une prise de gaz ;
- Une jauge magnétique ;
- Deux prises liquides.

I-3-Généralités sur les GPL

Le butane et le propane, définis sous le terme général de Gaz Pétrole Liquéfiés, sont extraits soit du pétrole brut au cours des opérations de raffinage, soit du gaz naturel et des gaz associés dans les gisements de pétrole.

A titre indicatif, le raffinage de 100 t de pétrole brut fournit environ 4 t de Gaz de Pétrole liquéfiés.

Le butane et le propane commercialisés ne sont pas des produits chimiquement purs mais des mélanges d'hydrocarbures répondant à des spécifications officielles bien définies.

I-3-1-Propriétés physiques importantes du GPL

	Point d'ébullition (°C)	Masse volumique du Liquide (kg/m ³) à 15 °C	Masse volumique du Gaz (kg/m ³) à 15°C
Butane	0	585	2.50
Propane	- 40	515	1.85

- 1 litre de butane liquide libère 239 litres de gaz (15 °C – 1bar)
- 1 litre de propane liquide libère 311 litres de gaz (15 °C – 1 bar)

Ces caractéristiques physiques confèrent à cette énergie un avantage certain du point de vue du stockage et du transport.

1-3-2-Caractéristiques générales des GPL

Deux caractéristiques qui différencient le butane et le propane, à la température ambiante, qui sont :

- la température d'ébullition,
- la tension de vapeur ou pression du gaz.

a- Température d'ébullition

A une pression donnée, chaque liquide bout à une température fixe et cette température ne varie pas pendant toute la durée de l'ébullition.

Par exemple, sous la pression atmosphérique normale :

- l'eau bout à 100° C,
- le lait à 70° C,
- le butane à 0° C,
- le GPLc à - 25° C,
- le propane à - 40° C.

Il faut donc une température supérieure à :

- 0°C pour obtenir un débit gazeux en butane.
- - 40°C pour obtenir un débit gazeux en propane.

Les GPL sont à l'état liquide pour toutes températures inférieures à celles indiquées ci-dessus pour chacun d'eux, et l'ouverture du robinet du récipient qui les contient ne donne lieu à aucune émission de gaz.

Pour les températures supérieures à ces valeurs, chaque fois que l'on ouvre le robinet du récipient, il y a ébullition du liquide, formation de vapeur donc de gaz.

Les bouteilles de propane sont toujours placées à l'extérieur des locaux. Le point d'ébullition particulièrement bas du propane lui confère l'avantage de pouvoir être utilisé pendant les hivers les plus rigoureux.

b- Tension de vapeur

La pression qui règne dans les récipients (tension de vapeur) dépend de :

- La température initiale du liquide ;
- Du soutirage éventuel effectué.

Le graphique ci-joint donne les pressions de vapeur relatives en fonction de la température ambiante.

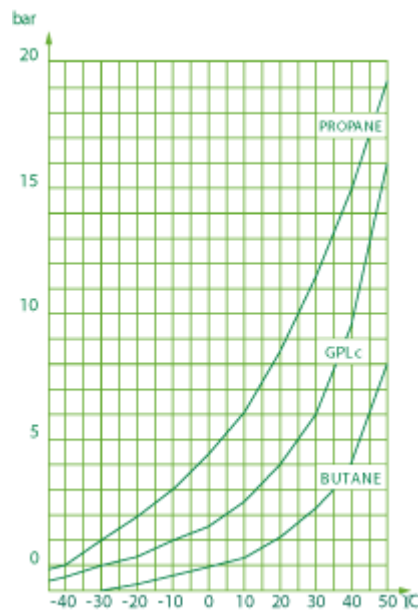


Figure I-3 : Courbe de pression de vapeur

I-3-3- Risque d'explosion

Le risque d'explosion constitue une source d'accidents graves dans les installations industrielles, c'est un phénomène accidentel dont les origines sont diverses, en général ce risque est présent dans le centre emplisseur c'est le risque le plus redouté, car il cause des dégâts matériels et humains très considérables, l'explosion d'une sphère est équivalent à l'explosion d'une bombe de 1000 kg de TNT.

1-3-4- Risque de pression et phénomène de BLEVE

Le BLEVE (bowling liquide expanding vapeur explosion) est un type d'explosion qui se produit à la rupture d'un équipement contenant un liquide combustible dont la pression de vapeur est très supérieur à la pression atmosphérique et les équipement de stockage y compris sphères et cigares sont les plus concernés par le BLEVE et pour que ce phénomène survienne il faut que l'une de ces conditions soit présente :

a- Sur chauffage du liquide

Un gaz liquéfié est dit surchauffé lorsque sa température dépasse suffisamment (au moins 2 ou 3°C) celle du même gaz à la pression atmosphérique normale, tel est le cas de la plus part des gaz.

De tels fluides sont surchauffés lorsqu'ils se trouvent à une température normale d'ébullition à la pression atmosphérique à la suite d'un contact (pour des raisons quelconques) avec une source de chaleur considérable, tel est le cas relativement fréquent dans les incidents d'un réservoir contenant ces gaz.

b- Baisse rapide de la pression

La soudaine baisse de la pression due à la rupture d'un réservoir peut être causée par :

- Des facteurs mécaniques.
- Un échauffement excessif des parois du réservoir d'où la diminution de la résistance mécanique du métal avec apparition de fissures.

I -4- Structure d'un système automatisé de production

Un système automatisé de production est composé d'une partie opérative (P.O), une partie de commande (P.C) et un ensemble de capteurs et Préactionneurs.

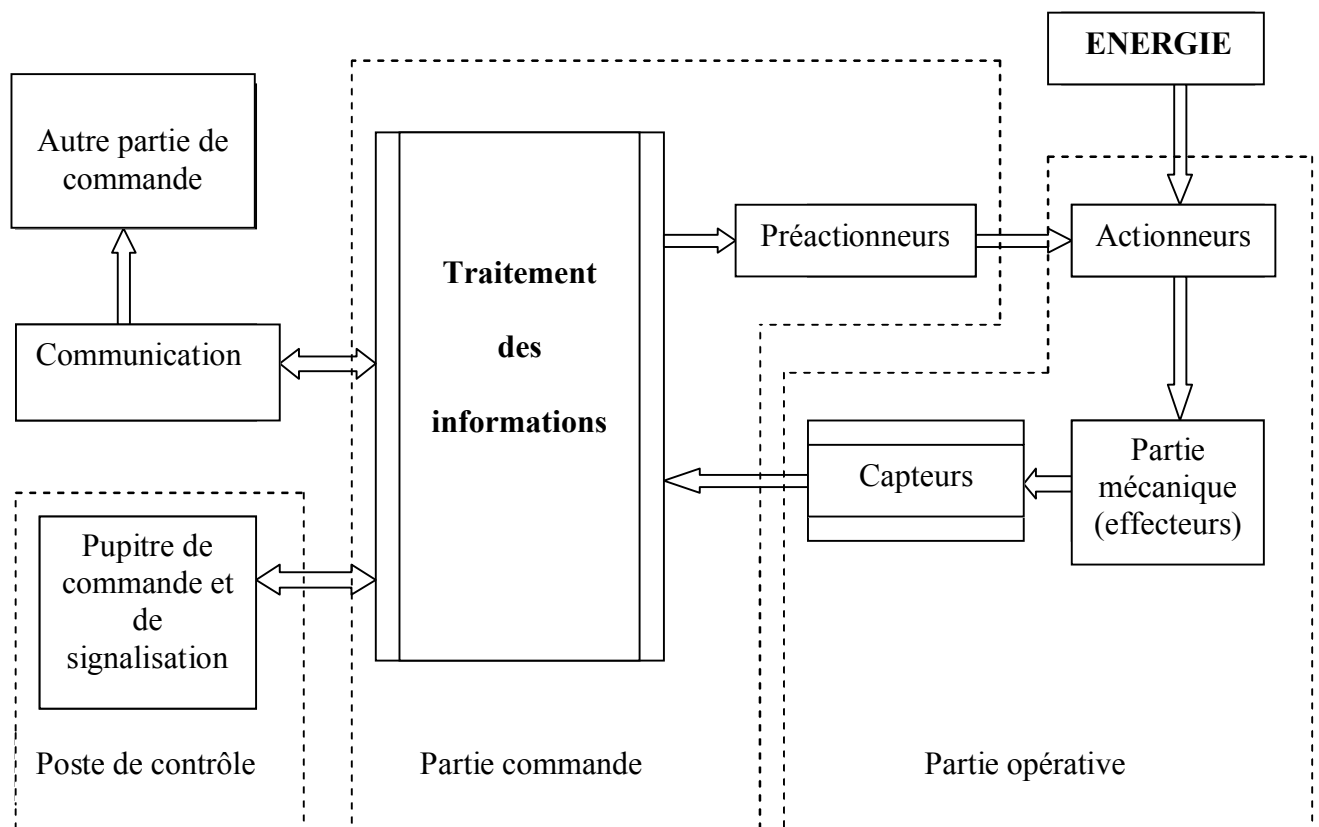


Figure I-4 : Structure d'un système automatisé de production

I - 4-1-Partie opérative

C'est l'ensemble des constituants d'un procédé, elle reçoit les ordres de la partie commande par l'intermédiaire des Préactionneurs et elle lui adresse en permanence à l'aide des capteurs le compte rendu des opérations effectuées.

La partie opérative agit sur la matière d'œuvre afin de lui donner une valeur ajoutée, elle est constituée de :

a- Actionneurs

L'actionneur est le constituant essentiel de la chaîne des puissances, il convertit l'énergie d'entrée disponible (électrique, pneumatique, hydraulique) en énergie de sortie exploitable par le système, le plus souvent en énergie mécanique.

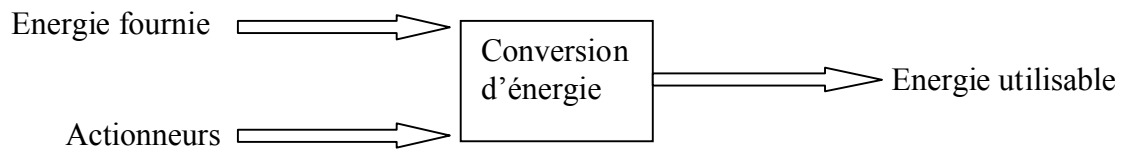


Figure I-5 : Rôle de l'actionneur dans un SAP

Il existe trois types d'actionneurs :

a-1- Actionneurs électriques

Ils utilisent directement la puissance électrique fournie aux machines et ils peuvent être :

- Des moteurs électriques.
- Des vannes de débit.
- Des résistances de chauffage.

Les Pré actionneurs associés à ces actionneurs sont principalement des contacteurs et des électrovannes.

a-2- Actionneurs pneumatiques

Ils utilisent de l'air comprimé, facile à utiliser et ils se présentent sous forme de vérins pneumatiques, les distributeurs sont les pré actionneurs qui leur sont associés.

a-3- Actionneurs hydrauliques

Ils sont utilisés lorsque l'effort à développer est très important, on prend l'exemple des vérins hydrauliques.

b- Effecteurs

Un effecteur est tout élément dont le rôle est d'agir sur la matière d'œuvre pour obtenir l'effet désiré, exemple d'une pince de robot.

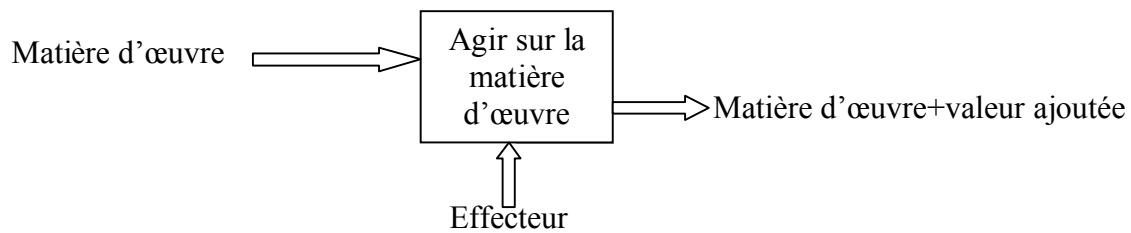


Figure I-6 : Rôle de l'effecteur dans le SAP

c- Capteurs

Le capteur fournit à la partie commande le compte rendu sur l'état du système, il convertit les informations physiques de la partie opérative en grandeurs électriques exploitables par la partie commande.

c-1- Différents Types de capteurs

Il existe 3 types de capteur :

- Les capteurs TOR : ce sont les plus répandus en automatisation courante, capteur à contact mécanique, il délivre en sortie un signal 1 ou 0 dit tout ou rien.
- Les capteurs analogiques : ils traduisent les valeurs de position, pression, température sous forme d'un signal (tension ou courant) continu variant entre 2 valeurs limites.
- Les capteurs numériques : ils transmettent des valeurs numériques précisant des positions, pressions....qui peuvent être lues sur 8, 16 ou 32 bits.

c-2- Caractéristiques principales des capteurs

Les caractéristiques principales des capteurs sont :

- L'étendue de la mesure.
- La sensibilité.
- La rapidité.
- La linéarité.

I-4-2- Partie commande (P.C)

La partie commande d'un système est un ensemble de composants et de constituants de traitement d'information dont le fonctionnement est destiné à :

- Coordonner la succession des actions de la partie opérative ;
- Surveiller son bon fonctionnement ;
- Gérer les communications avec d'autres systèmes ;
- Assurer le traitement des données et les résultats relatifs au procédé.

- **Pré actionneurs**

Ils assurent le transfert d'énergie entre la source de puissance (réseau électrique, pneumatique.....) et les actionneurs ; ils autorisent ou non le passage d'énergie nécessaire à l'actionneur ; ce contacteur peut être un contacteur pour l'énergie électrique ou un distributeur pour l'énergie pneumatique.

Les pré actionneurs à leur tour sont commandés par la partie commande qui reçoit les consignes du pupitre de commande (opérateur) et les informations de la partie opérative transmises par les capteurs.

Comme exemple de Préactionneurs on peut citer :

a- Distributeurs (préactionneurs pneumatiques): utilisés pour commuter et contrôler le débit d'air sous pression comme des sortes d'aiguillages à la réception d'un signal de commande qui peut être mécanique, électrique, ou pneumatique.

b- Relais contacteur (Préactionneurs électriques) : se sont des préactionneurs tout ou rien (TOR), les contacteurs sont des relais conçus pour commuter des courants de fortes intensités, en quelque sorte c'est une sécurité pour l'opérateur, car à partir d'une faible puissance en utilisant le relais, il manipule les puissances élevées par le contacteur.

c- Electrovanes : se sont des préactionneurs électropneumatiques tout ou rien, permettant le passage ou non d'un fluide dans un circuit.

I -4-3- Poste de contrôle

Il est composé de pupitres de commande et de signalisation, il permet à l'opérateur de commander le système (marche, arrêt.....), il permet également de visualiser les différents états du système à l'aide de voyants.

I-5-Description de la station à automatiser**I-5-1- Différents équipements essentiels constituant le réseau de défense contre incendie et les éléments à ajouter****I-5-1-1- Actionneurs****a- Pompes****a-1- Pompe Jockey (Pompe centrifuge)**

La pompe centrifuge est constituée par:

- Une roue à aubes tournant autour de son axe
- Un distributeur dans l'axe de la roue
- Un collecteur de section croissante, en forme de spirale appelée volute.

Le liquide arrive dans l'axe de l'appareil par le distributeur et la force centrifuge le projette vers l'extérieur de la turbine, il acquiert une grande énergie cinétique qui se transforme en énergie de pression dans le collecteur où la section est croissante.

La pompe Jockey est jumelée à un réservoir à vessie ou à un accumulateur dont le but est de limiter la fréquence des démarrages de la pompe Jockey à une valeur acceptable, elle a un débit de 15m³/h.

L'accumulateur hydropneumatique est un accumulateur à gaz avec élément de séparation entre le gaz et le fluide, le gaz le plus souvent utilisé est l'azote (inerte et de bonne compressibilité)

a-2- Pompes électriques (Pompes centrifuges)

Dans la salle des machines on trouve 2 pompes électriques

Les caractéristiques principales des pompes électriques dont dispose l'unité sont :

- Moteur triphasé avec tension d'alimentation de 380 V ;
- Puissance moteur 75 kW soit 100 chevaux ;
- Vitesse de rotation 2950 tr/min ;
- Fréquence 50 Hz ;
- Débit 150 m³/h.

a-3- Motopompe

La salle des machines comporte une pompe diesel qui représente une sécurité supplémentaire pour assurer le maintien d'une pression suffisante dans la tuyauterie, elle assure un débit de 150 m³/h.

b-Vérins double effet

Ce sont des actionneurs linéaires qui transforment une énergie pneumatique ou hydraulique en un travail mécanique, le vérin double effet comporte un piston muni d'une tige qui se déplace librement à l'intérieur d'un tube, pour faire sortir la tige, on applique une pression sur la face avant du piston, et sur la face arrière pour faire rentrer la tige.

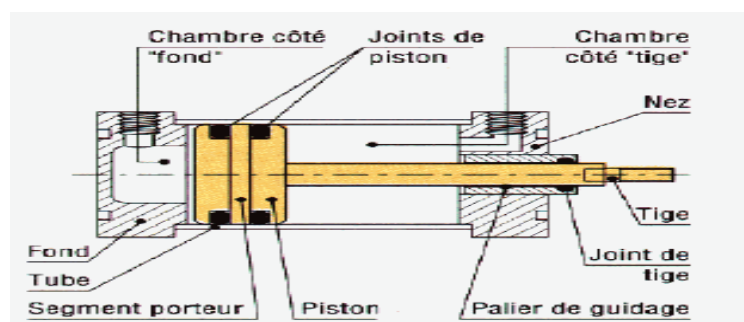


Figure I-7 : Schémas d'un vérin double effet

Un vérin double effet a deux directions de travail et comporte deux orifices d'alimentation, la pression est appliquée alternativement de chaque côté du piston ce qui entraîne son déplacement dans un sens puis dans l'autre, L'air comprimé est distribué par un distributeur à deux sorties.

c- Vannes

c-1- Vannes simples à soupape

Elles sont constituées d'un obturateur appelé soupape ou clapet se déplaçant perpendiculairement à la veine fluide et perpendiculairement au siège d'étanchéité. L'obturateur peut-être en position fermée, ouverture totale ou dans n'importe quelle position intermédiaire.

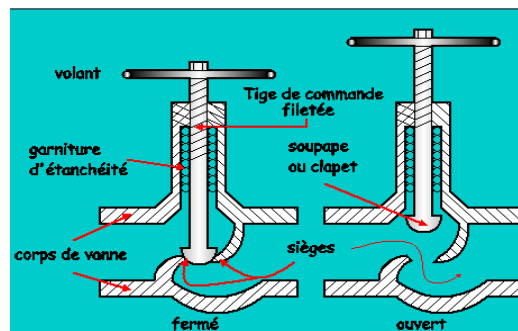


Figure I-8 : Vanne simple à soupape

c-2- Vannes à tournant sphérique

Elles sont constituées d'un corps et d'un obturateur appelé tournant qui se déplace dans un mouvement de rotation perpendiculaire à la direction du fluide, le corps et le tournant possèdent des lumières ou orifices qui se superposent à l'ouverture ou se contrarient à la fermeture, le passage de 0% à 100 % d'ouverture s'effectue en un quart de tour.

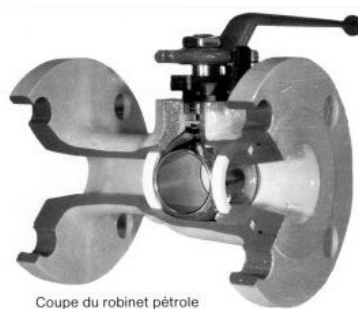


Figure I-9 : Vanne à tournant sphérique

c-3- Vannes pneumatiques motorisées

Ces vannes motorisées ont pour fonction le sectionnement à distance des conduites et réservoirs de fluides à l'aide d'une commande pneumatique, les fonctions les plus courantes de ces vannes sont le sectionnement de tuyauteries et l'alimentation des machines.

Il est important de souligner que les vannes motorisées pneumatiques standard ont un fonctionnement « tout ou rien », c'est-à-dire que leur position soit ouverte ou fermée elles passent instantanément d'un état à l'autre.

- **Fonctionnement de la vanne motorisée pneumatique**

Fonctionnement en double effet : un vérin pneumatique de type piston crémaillère entraîne l'axe de la vanne dont le mouvement est un quart de tour, un distributeur envoie un signal pneumatique alternativement dans l'une des deux chambres du vérin permettant l'ouverture ou la fermeture de la vanne.

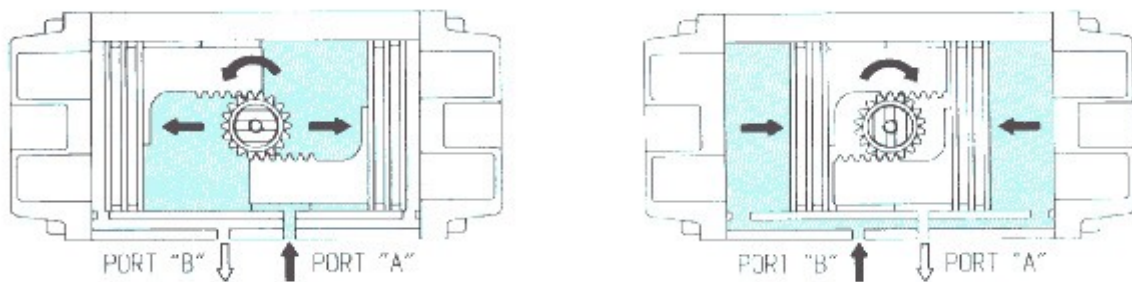


Figure I-10 : Vanne motorisée pneumatique

c-4- Clapets

Le rôle des clapets est en général d'assurer une ou plusieurs des fonctions suivantes:

- Permettre la circulation du fluide dans un sens, en réalisant un minimum de perte de charge.
- Empêcher la circulation du fluide dans le sens inverse.
- Assurer l'étanchéité contre un retour de fluide.

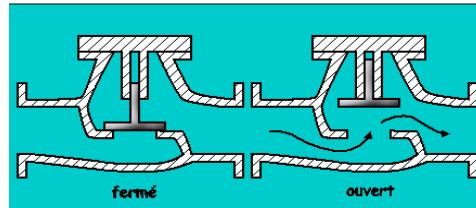


Figure I-11 : Clapet à levée verticale

d- Sirènes d'alerte incendie

Les sirènes d'alerte incendie dont dispose le centre sont mises en service par bouton poussoir, le brise glace ou les capteurs de flammes, elles sont mises hors service par bouton poussoir d'arrêt.

I -5-1-2- Pré actionneurs

a- Distributeurs

Un distributeur est caractérisé par :

- Le nombre d'orifices : 2, 3, 4 ou 5.
- Le nombre de modes de distribution.
- Le type de commande du pilotage assurant le changement de position : simple pilotage avec rappel par ressort ou double pilotage, avec éventuellement rappel au centre par ressort dans le cas des distributeurs à 3 positions.
- La technologie de pilotage : pneumatique, électropneumatique ou mécanique.

La commande du changement de position est obtenue par déplacement du tiroir ou des clapets qui sont les éléments essentiels des distributeurs.

Les distributeurs qui sont utilisés dans le réseau de défense anti incendie sont de type 5/2 car ils conviennent mieux pour la commande des vérins doubles effets.

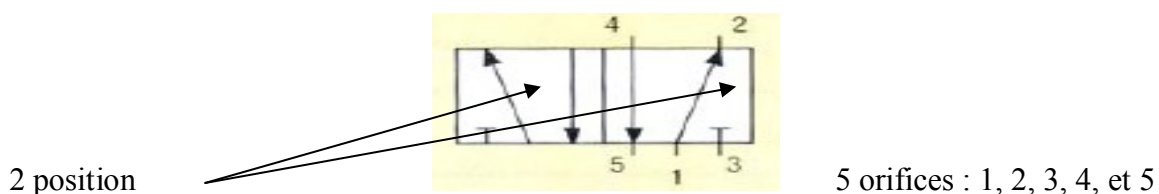


Figure I-12 : Distributeur 5/2

b- Electrovanes

L'électrovanne est constituée d'une bobine électromagnétique et d'un robinet d'air, les vannes à tournant sphérique sont commandées par l'électrovanne avec l'intermédiaire de vérins double effets.

c- Contacteurs électriques

Un contacteur est un relais de haute puissance modulaire comportant des contacts à double rupture pour s'assurer de couper les tensions et les courants élevés,

Ils sont utilisés pour commuter de moyennes et de grosses charges électriques, dès que l'on envisage de commander un moteur, quelle que soit sa puissance, on devrait utiliser un contacteur.

Le contacteur est composé :

- D'un électro-aimant (bobine et noyau)
- De plusieurs contacts, principaux et auxiliaires.

Lorsque la bobine est alimentée en courant, l'armature est attirée et ferme les contacts ; lorsque on coupe l'alimentation les contacts reviennent à la position initiale par l'action d'un ressort de rappel.

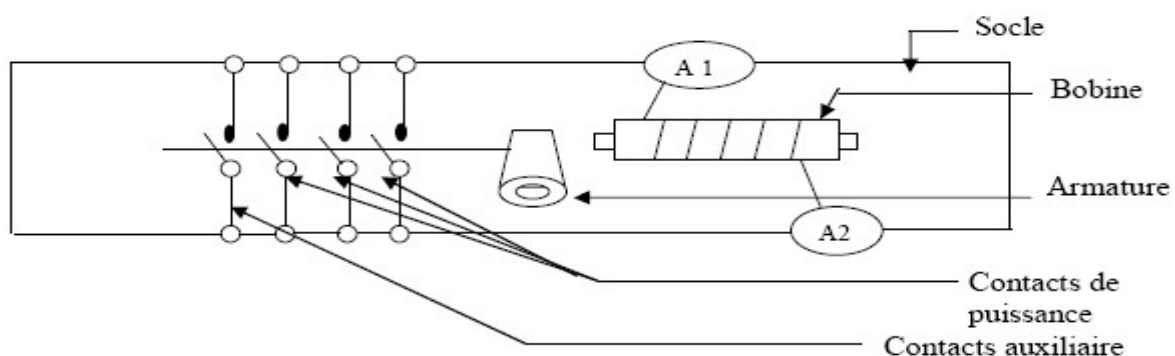


Figure I-13 : Schémas synoptique d'un contacteur

D'autres équipements de protections des pompes (moteurs) qui sont :

- Les relais thermiques : qui protègent la pompe contre l'échauffement.
- Des fusibles de protection contre le court circuit.
- Les disjoncteurs magnétiques.

I -5-1-3- Capteurs

a- Capteurs de pression, (pressostats)

Les capteurs de pression utilisent un organe mécanique pour provoquer la commutation si la pression est suffisante.

La figure suivante illustre le fonctionnement du pressostat :

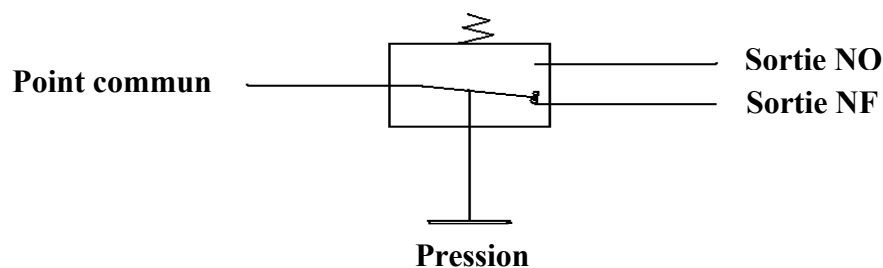


Figure I-14 : Principe du capteur de pression

L'entrée du pressostat (P) pousse la lame de contacteur pour faire commuter le contact du détecteur, et cela lorsque la pression dépasse un certain seuil, qui est ajusté en modifiant la tension du ressort par une visse.

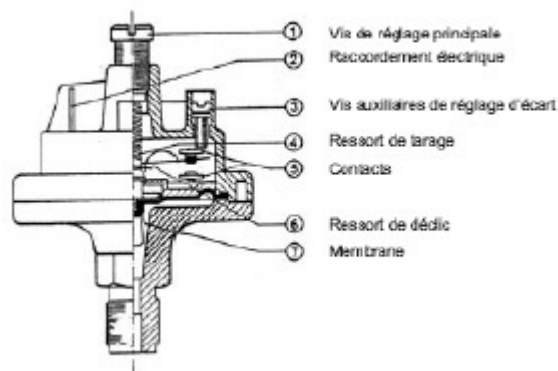


Figure I-15 : Schémas synoptique d'un pressostat

b- Détecteurs de flammes UV et IR

Les détecteurs de flammes utilisés sont conçus pour détecter la présence des flammes, ils activent une alarme ou un signal d'extinction automatique à travers un circuit de contrôle pour une protection contre le feu.

b-1- Caractéristiques techniques

- Champs de détection jusqu'à 15m pour un feu de surface 30cm/30cm.
- Spectre réflexe : rayonnement UV et IR.
- Signal de sortie 4-20mA.

b-2- Fonctionnement

Le détecteur de flammes UV /IR est un détecteur optique avec spectre réflexe sensible à deux échelles différentes du spectre de radiation présentes toutes les deux simultanément dans le feu.

Le détecteur contrôle le volume protégé en mesurant l'intensité de radiation à l'intérieur de celui-ci dans les deux échelles de fréquence du spectre électromagnétique, qui sont les Ultra-violets (UV) et les Infrarouges (IR).

Le détecteur comprend deux canaux dépendants dans lesquels les signaux de détection sont enregistrés, ensuite analysés selon la fréquence, l'intensité, et la durée.

Chaque sphère et cigare comporte un détecteur de flammes, ce dernier enclenche automatiquement une alarme ainsi que l'arrosage à l'intérieur du hall d'emplissage, d'après le cahier des charges ces mêmes capteurs doivent enclencher en parallèle l'arrosage des sphères et des cigares ainsi que le quai de chargement.



Figure I-16: Détecteur de flammes

c- Brise de glace

Les brises de glace sont des déclencheurs manuels utilisés comme sécurité supplémentaire pour signaler la présence d'un feu, pour l'activer il suffit de briser la glace du composant pour que ce dernier active une alarme ou un processus d'extinction d'incendie.



Figure I-17 : Brise de glace

d- Détecteurs de présence à action mécanique

Ils sont appelés aussi interrupteurs de fin de course ou interrupteurs de position, se sont des commutateurs commandés par le déplacement d'un organe de commande, lorsqu'ils sont actionnés ils ouvrent ou ferment un ou plusieurs contacteurs, généralement ces fin de course sont utilisées pour savoir la position d'un vérin (entrée ou sortie).

e- Capteur de niveau, le flotteur

Le cas le plus répandu dans l'utilisation des flotteurs est celui des détecteurs de niveau par transmission magnétique, la transmission est assurée par un système aimant permanent et un interrupteur à lame souple (ILS).

L'aimant permanent est solidaire au flotteur ou même contenu dans celui-ci. La position du contact est généralement réglable pour un montage vertical, le flotteur est guidé par un tube.

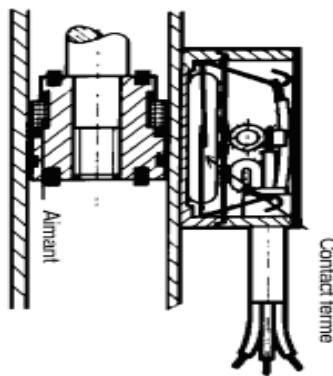


Figure I-18 : Flotteur à aimant permanent

Pour la régulation de niveau de la réserve d'eau on a prévu d'installer un flotteur avec aimant permanent et quatre lames souples qui seront positionnées sur différents niveaux de la bache à eau, elles seront placées de telle sorte à ce que :

- Une lame détectera le niveau haut.
- Une lame détectera le niveau médiane.
- Une lame détectera le niveau bas.
- Une lame détectera le niveau très bas.

I -5-1-4- Partie relation**• Pupitre de commandes**

Le pupitre de commande comporte deux parties :

- La première comporte les différents accessoires de commande, boutons et sélecteurs.
- La seconde comporte les différents voyants lumineux témoignant des différents états de fonctionnement.

Le pupitre de commandes est composé de :

- Voyant de présence de tension ;
- Interrupteur général du circuit de commande ;
- Voyant de marche séquence diesel ;
- Bouton poussoir de marche séquence diesel ;
- Bouton poussoir de blocage séquence diesel ;
- Voyant de marche pompe Jockey ;
- Voyant d'arrêt pompe Jockey ;
- Voyant défaut thermique pompe Jockey ;
- Sélecteur de marche manuelle/automatique de la pompe Jockey ;
- Bouton poussoir marche pompe Jockey ;
- Bouton poussoir arrêt pompe Jockey ;
- Voyant niveau bas du bassin ;
- Bouton poussoir arrêt sirène ;
- Bouton poussoir marche pompe p1 ;
- Bouton poussoir arrêt pompe p1 ;
- Voyant défaut thermique pompe p1 ;
- Sélecteur de marche manuelle/automatique de la pompe p1 ;
- Bouton poussoir marche pompe p2 ;
- Bouton poussoir arrêt pompe p2 ;
- Voyant défaut thermique pompe p2 ;
- Sélecteur de marche manuelle/automatique de la pompe p2 ;

I-7- Fonctionnement du réseau de défense contre incendie

a- Fonctionnement actuel

a-1- Zone des pompes

Le réseau de défense anti incendie est équipé d'une gamme de pompes qui assurent le maintien de la pression dans la tuyauterie en cas d'incendie et pour les utilisations habituelles, l'aspiration commune des pompes est assurée par le réservoir d'eau d'une capacité de 1000m³.

Les différentes pompes sont :

- La pompe jockey
- 2 pompes électriques.
- Une motopompe.

Elles disposent toutes d'un commutateur manuel/automatique telle que :

En manuelle : les pompes sont commandées par bouton poussoir marche/arrêt.

En automatique : la commande marche et arrêt est réalisée par des pressostats.

• Fonctionnement des pompes en automatique

La pompe jockey maintien automatiquement et en permanence le réseau sous pression par démarrages et arrêt successifs dictés par des pressostats dont les seuils sont ajustés de telle façon que si :

- $pr1 < 4$ bar : démarrage de la pompe jockey.
- $pr2 > 8$ bar : arrêt de la pompe jockey.

En cas d'incendie ou lors de l'utilisation excessive de l'eau du réseau en fonction du débit requis les séquences de fonctionnement des pompes s'effectuent par démarrage de la première pompe électrique et si nécessaire la deuxième et la motopompe.

Ces séquences de fonctionnement sont basées sur les variations de pression du réseau tel que :

- Démarrage de la première pompe électrique à une pression $pr3 < 2.5$ bar.
- Après une temporisation de 30s du démarrage de la première pompe électrique, démarrage de la deuxième pompe électrique si la pression n'atteint pas 8.5 bar, c'est-à-dire : $pr4 < 8.5$ bar.

- Après une nouvelle temporisation de 30s, mise en route de la pompe diesel si la pression est toujours inférieure à 8.5 bar, $p_4 < 8.5$ bar.
- Après 45 secondes de temporisation, il y a transmission d'une alarme au local de sécurité déclenchée par le non démarrage de la pompe diesel décelé par le pressostat placé sur la conduite de refoulement de la pompe.

L'arrêt des pompes s'effectue manuellement par action sur bouton poussoir à accrochage qui arrête les deux pompes électriques, arrêt du diesel, laisser la pompe jockey en fonctionnement de façon à maintenir la pression.

Les pompes peuvent aussi être arrêtées en cas de fonctionnement d'une des sécurités installées à savoir :

- Niveau bas dans le bassin.
- Désamorçage.
- Relais thermique des moteurs.

a-2- Automatisation d'arrosage des zones de stockage

L'arrosage des différentes sphères et cigares s'effectuent comme suit :

Concernant la troisième sphère son arrosage est automatique grâce au pressostat qui se trouve au sommet de la sphère, il mesure la pression de vapeur du butane, ce dernier est réglé à une pression de 6 bar qui correspond environ à une température de 58° à l'intérieur de la sphère, une fois la pression de 6 bar atteinte le pressostat ferme un contacteur qui excite une électrovanne qui elle aussi actionne l'ouverture d'une vanne pneumatique TOR, qui s'ouvre elle aussi et l'arrosage de la sphère peut commencer.

L'arrêt de l'arrosage est effectué après une temporisation de 30 minutes.

Pour les deux autres sphères et les deux cigares l'arrosage se fait manuellement en ouvrant les quatre vannes quarts de tour qui conduisent aux sphères et cigares grâce à des vérins double effet qui sont actionnées par des distributeur 5/2 à commande pneumatique.

En cas d'incendie une alarme sera déclenchée par les détecteurs de flammes ou par un opérateur qui peut utiliser soit le brise glace soit le bouton poussoir marche alarme. Dans ce cas l'arrosage dans le hall d'emballage sera actionné automatiquement mais pas dans les zones de stockage.

b- Nouveau fonctionnement**b-1- Zone des pompes**

Pour le démarrage et la sélection des pompes les séquences de fonctionnement seront les même que précédemment, le changement à effectuer sera au niveau de l'arrêt des pompes qui doit être effectué d'une manière automatique.

b-2- Nouvel automatisme d'arrosage des zones de stockage

Pour un bon fonctionnement du processus d'arrosage des zones de stockage il faut prévoir d'ajouter des pressostats, chaque sphère et cigare doit comporter son propre pressostat qui enclenchera automatiquement l'arrosage de cette dernière, une fois que la pression de vapeur des gaz est assez élevée.

Les 4 vannes à tournant sphérique (les vannes quart de tour) qui conduisent aux sphères (S1, S2) et cigares (C1, C2) seront remplacées par des vannes motorisées et qui seront commandées par des électrovannes qui permettront l'ouverture et la fermeture de chaque vanne à tout moment.

La vanne manuelle du quai de chargement/ déchargement sera remplacée par une vanne motorisée.

b-3- Automatisme de détection incendie

Les équipements de détection d'incendie sont :

Des détecteurs de flammes :

- Un détecteur de flammes pour chaque sphère.
- Un détecteur de flammes pour les deux cigares.
- Deux détecteurs de flammes au niveau du quai de chargement/déchargement.
- Deux autres détecteurs de flammes au niveau des compresseurs et des pompes GPL.

Les brises de glaces : en tout 9 brises de glace sont installés dans différents endroits pour signaler la présence d'un feu d'une manière manuelle.

Une fois qu'un incendie est signalé on prévoit :

- L'arrosage des zones de stockages (sphères et cigares) ainsi que le quai de chargement et de déchargement.
- Le déclenchement automatique de 3 alarmes spéciales incendie.

b-4- Réserve d'eau

La réserve d'eau doit être équipée de capteurs de :

- Niveau haut ;
- Niveau médiane ;
- Niveau bas ;
- Niveau très bas.

La vanne de conduite d'eau qui alimente le réservoir doit être remplacée par une vanne pneumatique motorisée commandée par une électrovanne, dont le fonctionnement est le suivant :

- Ouverture automatique de la vanne une fois que l'eau atteint le niveau médiane.
- Déclenchement d'une alarme une fois le niveau bas du réservoir est détecté.
- Fermeture automatique de l'électrovanne une fois que l'eau atteint le niveau haut.

I -8- Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté sous forme d'un aperçu général le centre enfuteur de Oued-Aissi spécialement le réseau de défense contre incendie, qui est notre objet d'étude dont on a illustré le fonctionnement ainsi que les améliorations à ajouter de telle sorte à ce que ce dernier doive mettre toutes les dispositions nécessaires en cas d'incendie, comme il doit éviter le sur chauffage des GPL en arrosant les zones de stockages, et lorsque il s'agit de la sécurité du centre ,il faut prévoir un automatisme efficace pour le contrôle permanent du réseau(DCI) , pour ce faire, la solution par automate programmable industrielle (API) reste d'actualité grâce à sa réussite de garantir un maximum de sécurité dans les installations industrielles.

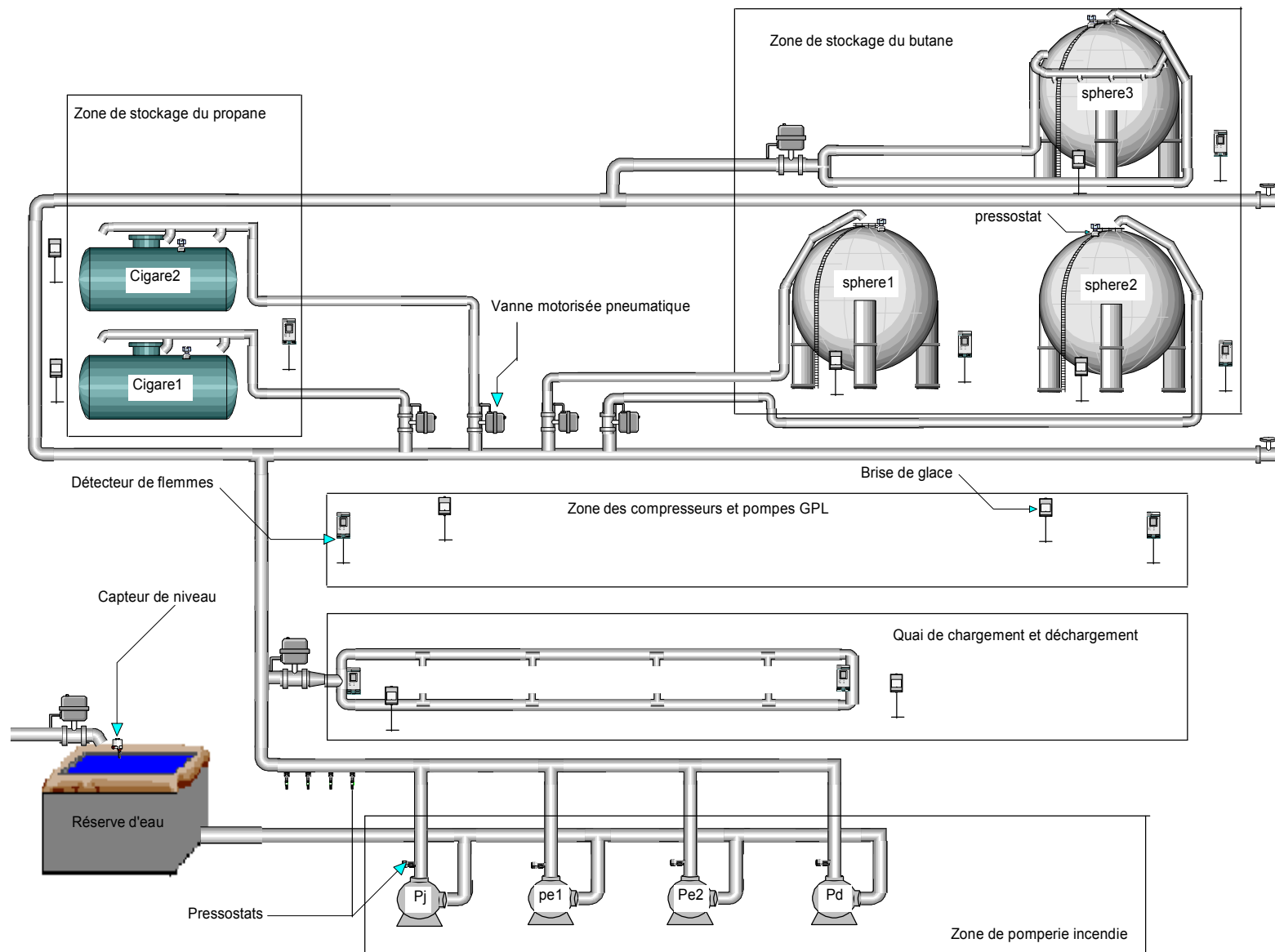


Figure I-19 : Schémas synoptique du réseau de défense contre incendie

Chapitre III

Modélisation du système par le GRAFCET

II-1- Introduction

Le GRAFCET (GRAPhe Fonctionnel de Commande Etape-Transition) est un modèle mathématique permettant essentiellement la description du fonctionnement des systèmes de commande séquentiels.

Les possibilités de description fonctionnelles, ne tenant pas compte des réalisations technologiques, font du GRAFCET un outil de dialogue très performant ; il sera donc utilisé avec bonheur pour la description du fonctionnement de tout système séquentiel lors de l'élaboration d'un cahier des charges ou d'un dossier technique.

Un GRAFCET destiné à expliquer le fonctionnement d'un système à un lecteur non averti doit être aussi dépouillé que possible.

Un GRAFCET destiné à la synthèse d'un système de commande, il doit prendre en compte tous les détails de façon progressive.

II-2- Définition du GRAFCET

Le GRAFCET est un outil de représentation graphique des événements successifs d'un système logique séquentiel, préalablement défini par ses entrées et sorties. Cette représentation graphique concise et facile à lire et aisément compréhensible par toute personne en relation avec l'automatisme.

Dans le langage GRAFCET, on trouve :

- Des éléments graphiques de base : étapes, transitions, liaisons orientées,
- Une interprétation associant des expressions logiques :
 - Les actions associées aux étapes.
 - Les réceptivités associées aux transitions.
- Des règles d'évolution définissant formellement le comportement dynamique de la partie commande ainsi décrite.

II-3-Eléments graphiques de base du GRAFCET

Sont les éléments qui forment la structure graphique d'un GRAFCET.

II-3-1- Etapes

L'étape est représentée par un carré et un nom « i » ; elle caractérise un comportement invariant du système (caractérise un état du système).

Une étape est soit active ou inactive (un jeton à l'intérieur d'une étape signifie qu'elle est active). A chaque étape est associée une variable interne « Xi ».



Etape ordinaire

- **Etape initiale**

Une étape initiale se représente par un carré double ; les étapes initiales caractérisent la situation initiale du graphe si le fonctionnement est cyclique, c.à.d. si la situation est toujours la même. Cette situation correspond alors généralement à un comportement de repos.



Etape initiale

- **Macro-étape**

Une macro-étape (ME) est l'unique représentation d'un ensemble unique d'étapes et de transitions nommée « expansion de ME ». L'expansion de la macro-étape commence par une seule étape (dite d'entrée) et se termine par une seule étape (dite de sortie), étapes qui représentent les seules connections structurelles avec le graphe auquel appartient la macro-étape.

L'utilisation d'une macro-étape en lieu et place d'une partie de graphe permet de simplifier la lecture d'un GRAFCET en évitant des détails qui sont inutiles à la finesse de description désirée.

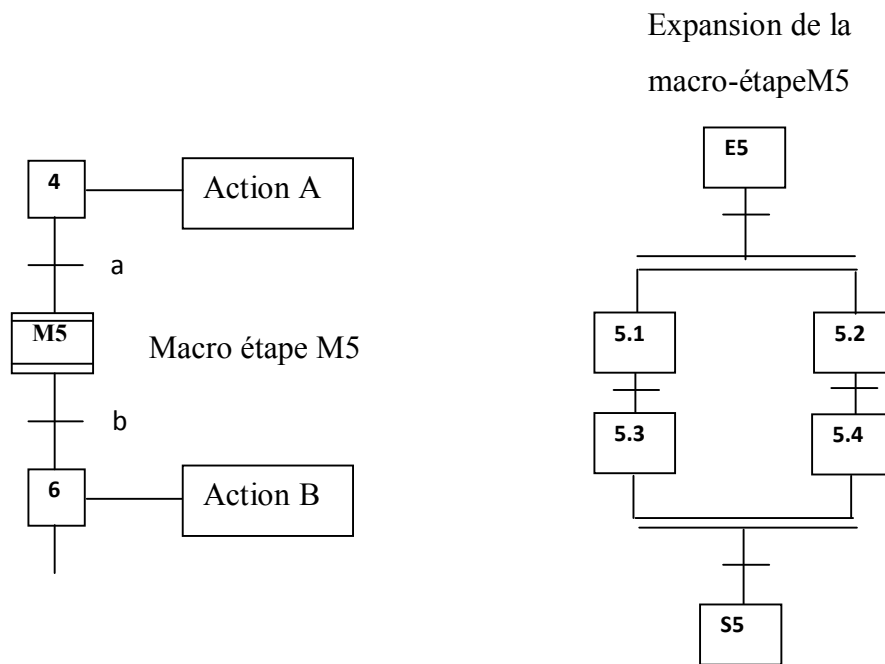


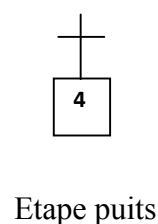
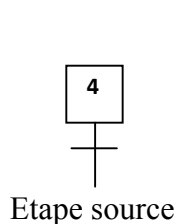
Figure II-1 : Macro-étape et son expansion

Dans l'exemple précédent : Il faut que $X_4 = 1$ et $a=1$ pour activer la macro-étape M5 ($XM5=1$). L'étape d'entrée E5 est alors activée. Il faudra attendre l'activation de l'étape de sortie S5 et avoir $b=1$ pour voir activer l'étape 6 et désactiver la macro-étape M5 ($XM5$ passe à 0.).

- **Etape source/Etape puits**

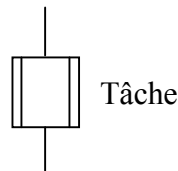
L'étape source est une étape qui n'est reliée à aucune transition amont ; de ce fait, elle ne peut être activée que par un élément extérieur au graphe dont elle fait partie. Une étape source peut être initiale.

Une étape puits n'est reliée à aucune transition aval ; de ce fait, elle ne peut être désactivée que par un élément extérieur au graphe dont elle fait partie.



- **Tâche**

Le principe de fonctionnement est basé sur celui des macro-étapes, une tâche peut être appelée plusieurs fois par un GRAFCET. Contrairement à la macro-étape, la tâche doit avoir un fonctionnement cyclique avec une ou plusieurs étapes initiales ou une ou plusieurs transitions sources.



- **Actions**

On précise pour chaque étape les actions à effectuer caractéristiques de la situation du système. Ces actions traduisent ce qui doit être fait chaque fois que l'étape à laquelle elles sont associées est active.

II-3-2- Transitions

Une transition est représentée par un petit trait horizontal coupant une liaison verticale ; placée entre une ou plusieurs étapes d'entrée, situées en amont, et entre une ou plusieurs étapes de sortie situées en aval, la réceptivité de cette transition est placée à droite, une transition peut être exceptionnellement représentée par un petit trait vertical sur une liaison horizontale.

Une transition indique une seule possibilité d'évolution entre deux ou plusieurs étapes, cette évolution s'accomplit par le franchissement de la transition si la réceptivité est vraie.

- **Réceptivités**

Les réceptivités sont associées à chaque transition (l'absence de réceptivité est en fait la réceptivité toujours vraie), c'est une condition qui détermine la possibilité ou non d'évolution du système par cette transition.

- **Temporisation**

La temporisation est une réceptivité qui permet une prise en compte du temps, elle implique l'utilisation d'un temporisateur. Ce type de réceptivité est noté : $T/X_i/Q$, où i est le numéro de l'étape comportant l'option de temporisation, et Q est la durée écoulée depuis l'activation de l'étape X_i .

II-3-3- Liaisons orientées

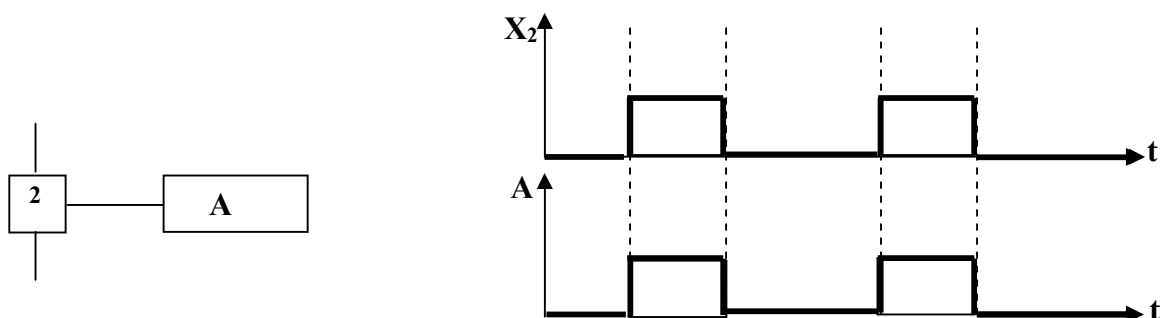
La liaison orientée relie les étapes aux transitions et les transitions aux étapes, elle indique le sens d'évolution de la situation du GRAFCET. Le sens d'évolution étant déterminé par convention du haut vers le bas. Dans le cas contraire, il est nécessaire d'indiquer le sens de l'évolution par une flèche.

Les lignes obliques peuvent exceptionnellement être utilisées.

II-4- Actions associées aux étapes

II-4-1- Actions continues (assignation sur l'état)

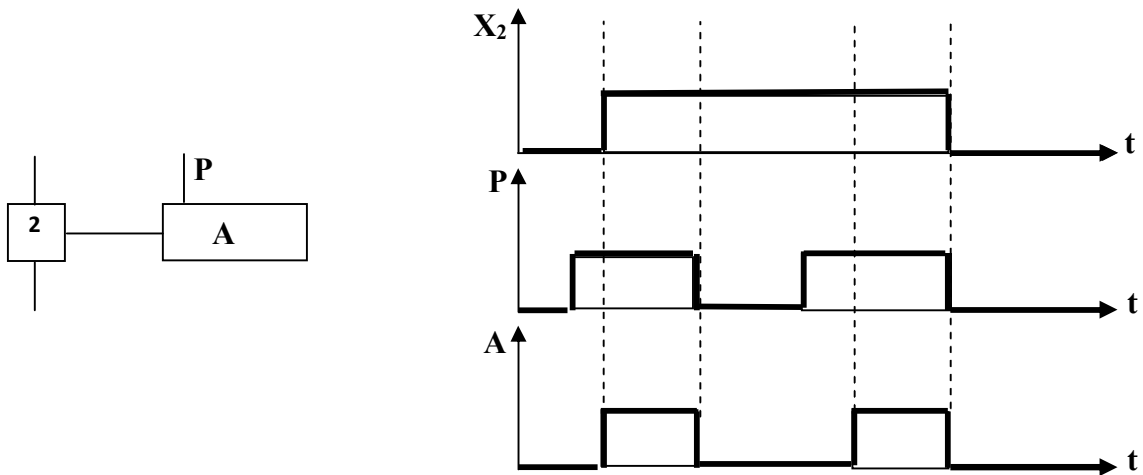
L'action continue, associée à une étape, dure tant que l'étape est active si aucune condition d'assignation ne l'interdit, les conditions d'assignation sont définies dans les actions conditionnelles ainsi que dans les actions retardées et/ou limitées dans le temps, plusieurs actions peuvent être associées à une même étape.



La sortie A est assignée à la valeur vraie quand l'étape 2 est active

On note : $A = X_2$

- Actions conditionnelles

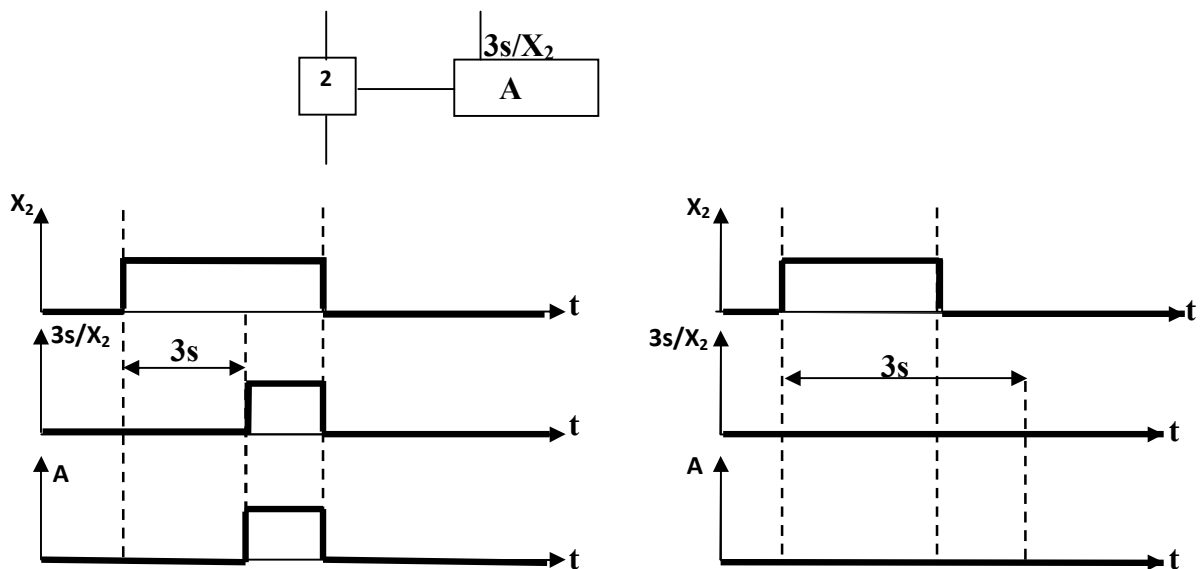


La sortie A est assignée à la valeur vraie quand l'étape 2 est active, à la condition que la variable P soit vraie.

On note : $A = X_2 . P$.

La condition d'assignation P ne doit jamais être un front de variable.

- Actions retardées

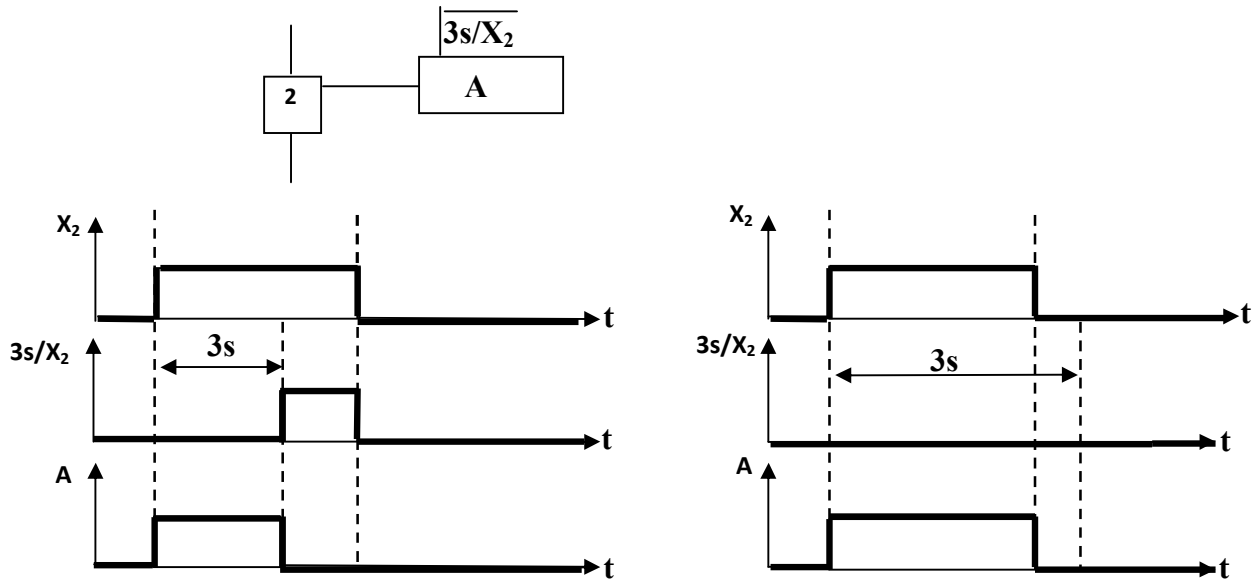


La condition d'assignation est $3s/X_2$.

On note : $A = 3s/X_2$

Si la durée d'activité de l'étape 2 est inférieure à $3s$, la sortie A ne sera pas assignée à la valeur vraie.

- **Actions limitées dans le temps**



La condition d'assignation est $\overline{3s/X_2}$.

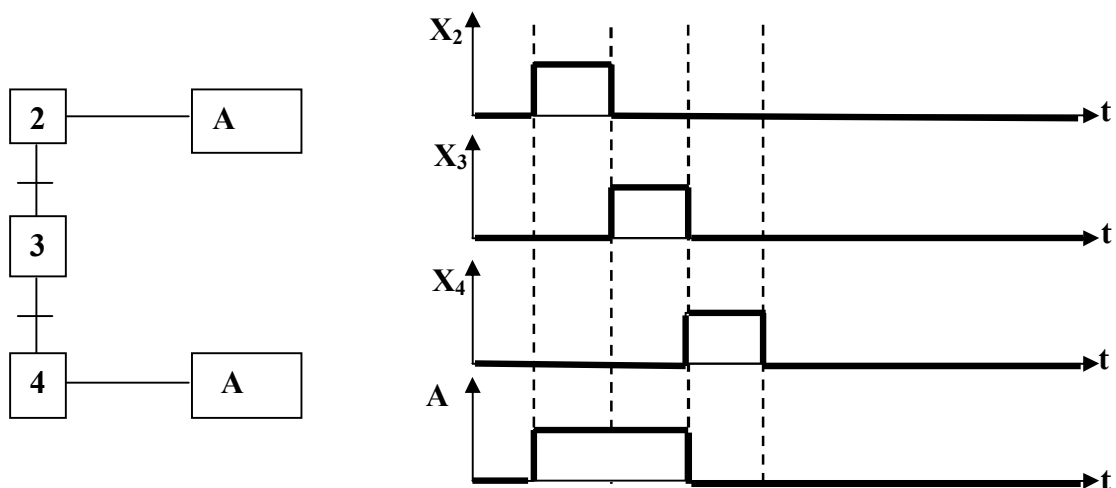
On note: $A = X_2 \cdot \overline{3s/X_2}$.

La sortie A sera assignée à la valeur vraie pendant au plus $3s$, dès l'activation de l'étape 2.

- **Note** : il est possible de combiner entre l'action retardée et l'action limitée dans le temps.

II-4-2- Action mémorisée

Une action mémorisée décrit comment affecter une valeur à une sortie qui la conserve. L'action mémorisée doit obligatoirement être associée à un événement interne.



A Commence avec l'activation de l'étape 2 et se termine avec l'activation de l'étape 4.

- Commentaire

Un commentaire entre guillemets peut être placé à la droite d'une étape, à droite d'une action ou à la gauche d'une transition, ce commentaire permet une lecture plus aisée du GRAFCET mais n'a aucune influence sur son fonctionnement car ce n'est pas une action.

II-5- Règles d'évolution du GRAFCET

Un GRAFCET possède un comportement dynamique dirigé par cinq règles, elles précisent les causes et les effets du franchissement des transitions.

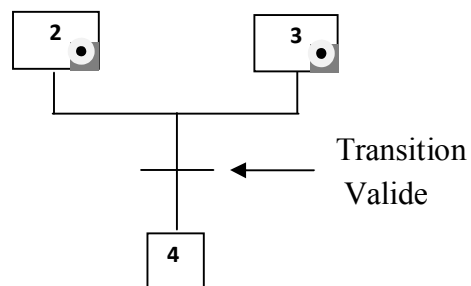
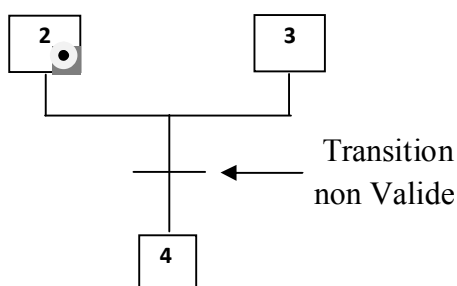
Règle 1 : Situation initiale du GRAFCET

La situation initiale doit être précisée par une ou plusieurs étapes actives au début du fonctionnement, à la mise en énergie de la partie commande, ces étapes sont les étapes initiales.

Règle 2 : Transition franchissable

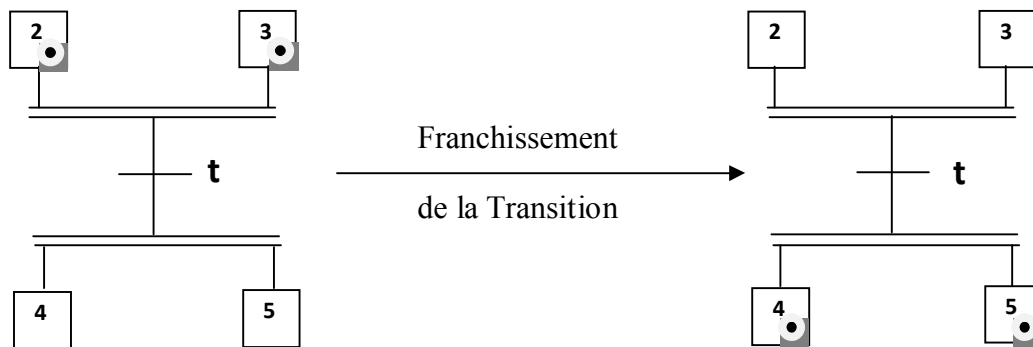
Une transition est franchissable si les deux conditions suivantes sont remplies :

- Toutes les étapes qui précèdent immédiatement la transition sont actives ;
- La réceptivité associée à la transition est vraie.

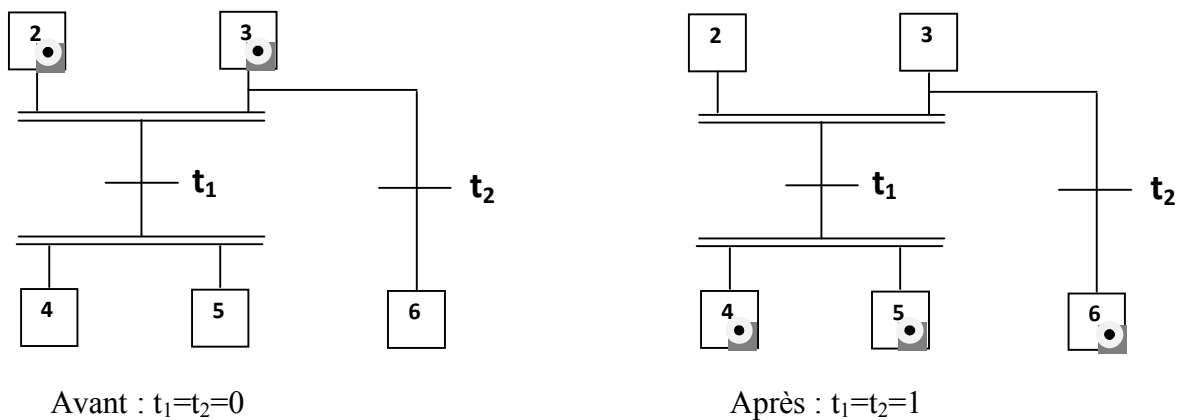


Règle 3 : Franchissement d'une transition

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

**Règle 4 : Franchissements simultanés**

Plusieurs transitions simultanément franchissables sont simultanément franchies

**Règle 5 : Activation et désactivation simultanée**

Si au cours du fonctionnement d'un automate, une même étape doit être désactivée et activée simultanément, elle reste active.

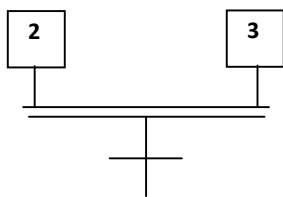
II-6- Règles de construction d'un GRAFCET

- **Convergence en ET**

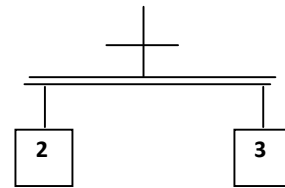
Si plusieurs étapes doivent être reliées vers une même transition, alors on regroupe les arcs issus de ces étapes à l'aide d'une double barre horizontale.

- **Divergence en ET**

Si plusieurs étapes doivent être issues d'une même transition, alors on regroupe les arcs allant vers ces étapes à l'aide d'une double barre horizontale.



Convergence en ET



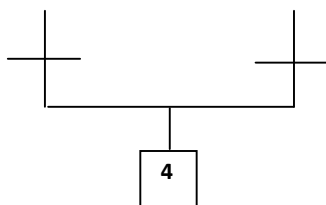
Divergence en ET

- **Convergence en OU**

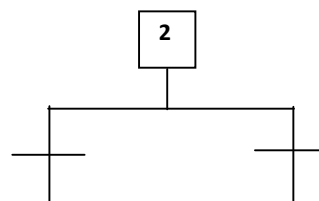
Si plusieurs transitions sont reliées à une même étape, dans le sens « vers l'étape », on regroupe les arcs par un trait horizontal.

- **Divergence en OU**

Si plusieurs transitions doivent être reliées à une même étape dans le sens « de l'étape », on regroupe les arcs par un trait horizontal.



Convergence en OU



Divergence en OU

- **Saut d'étape**

C'est un aiguillage en OU, il permet de sauter une ou plusieurs étapes, lorsque les actions associées à ces étapes ne sont pas demandées par le système.

- **Reprise de séquence**

C'est un aiguillage en OU, il permet de recommencer plusieurs fois la même séquence d'étapes tant que la condition n'est pas obtenue.

II-7- Niveau de représentation

Le GRAFCET est représenté selon deux niveaux de représentation.

Niveau 1 : Spécifications fonctionnelles

Il décrit le comportement de la partie commande vis-à-vis de la partie opérative : c'est le rôle des spécifications fonctionnelles permettant au concepteur de comprendre ce que l'automatisme doit faire, face aux différentes situations pouvant se présenter. (Les réceptivités sont décrites en mots et non en abréviations).

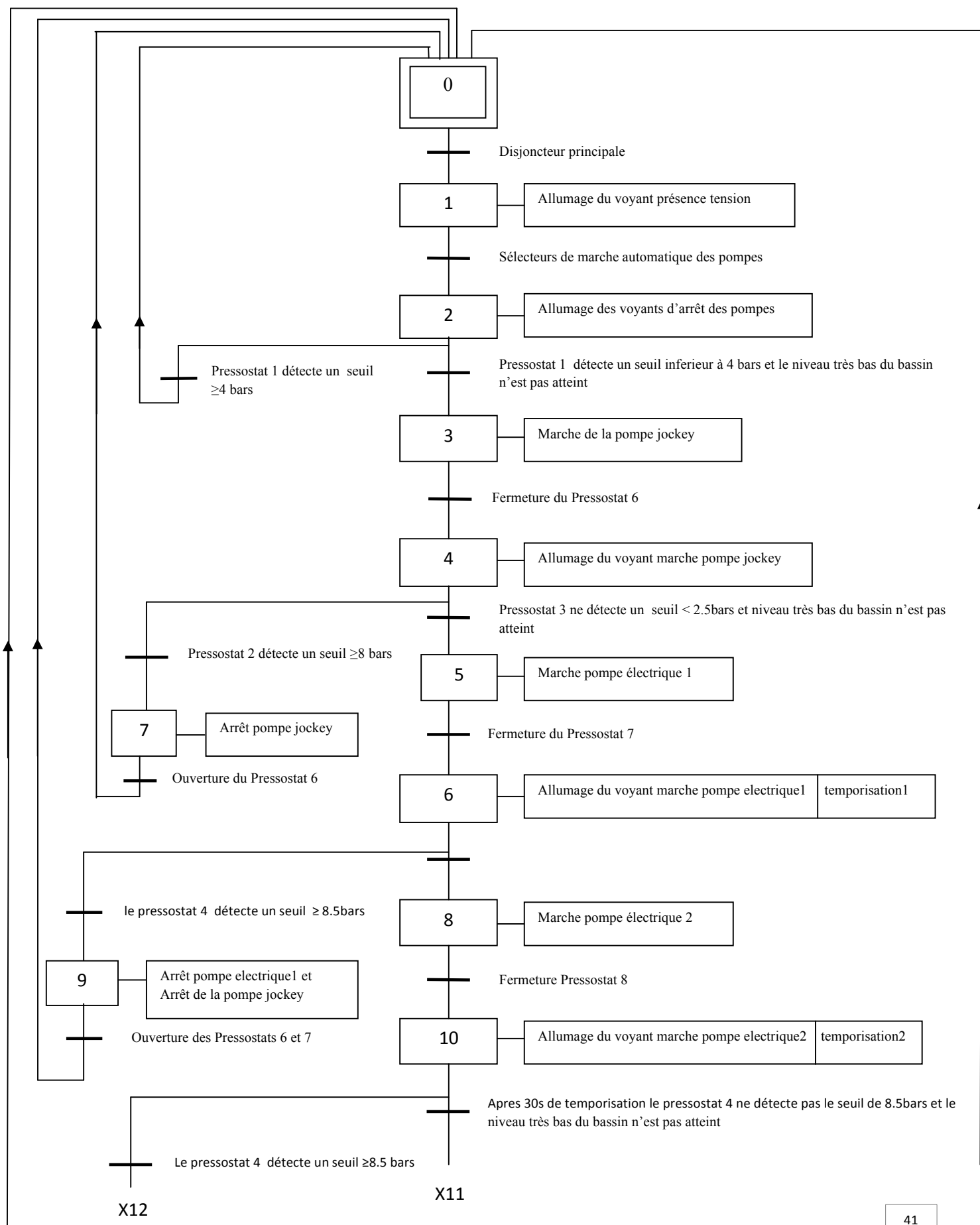
Niveau 2 : Spécifications technologiques

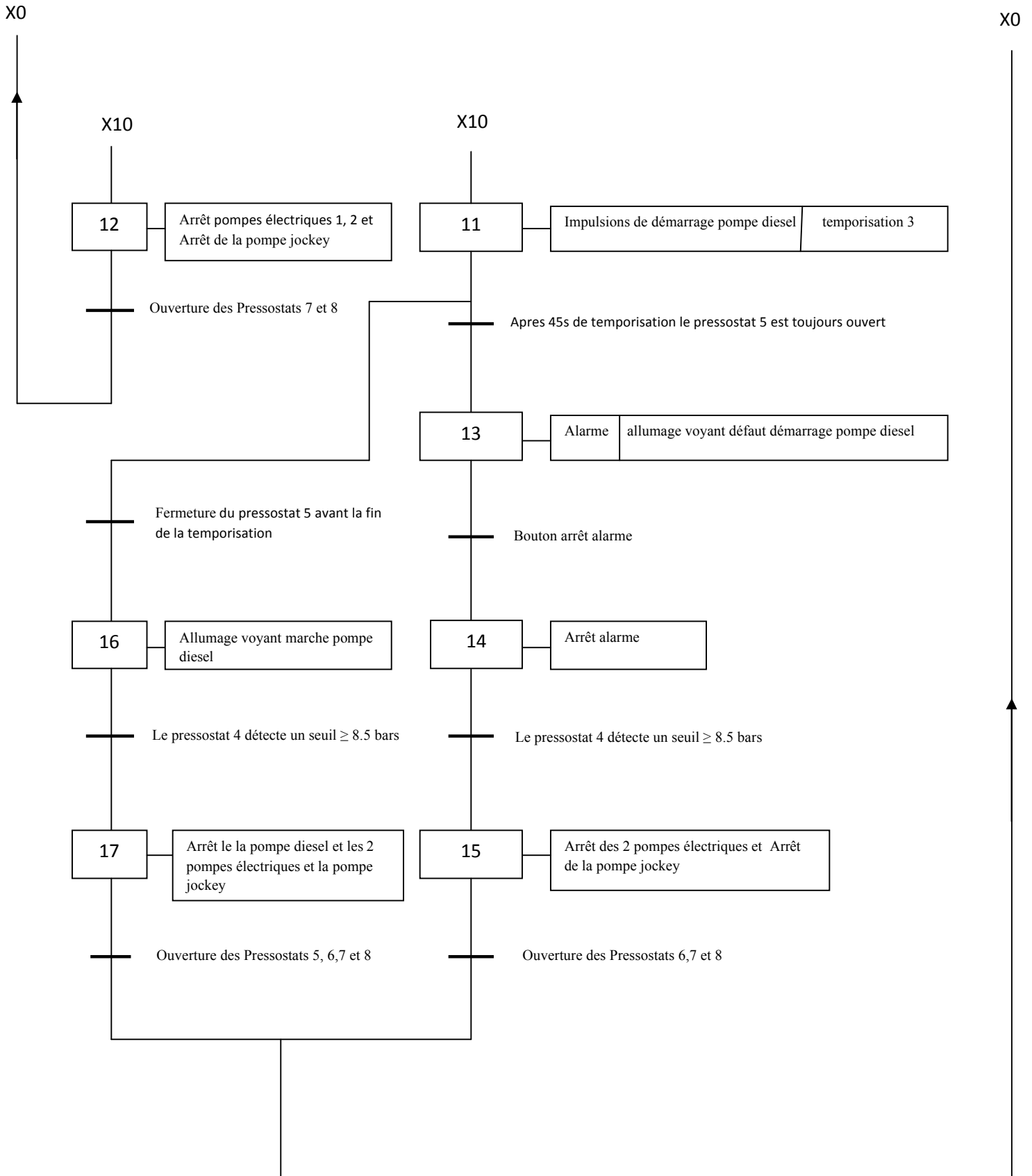
C'est une description symbolique des actions et de la séquence de l'automatisme en tenant compte de la technologie et des capteurs.

II-8- Modélisation du réseau de défense contre incendie par le GRAFCET

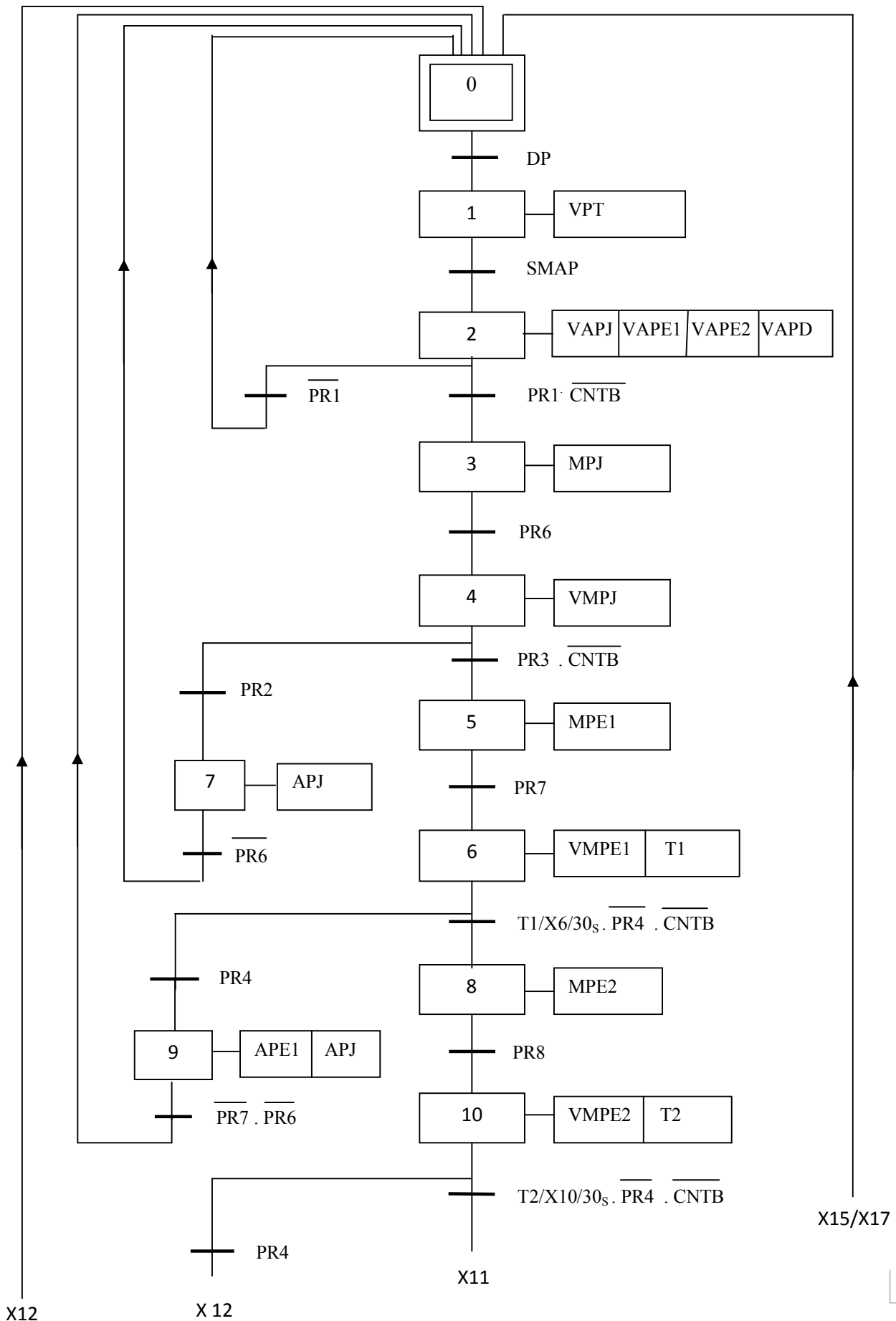
Pour mieux comprendre le fonctionnement du réseau de défense contre incendie on a repartis notre modélisation en 4 GRAFCET essentiels

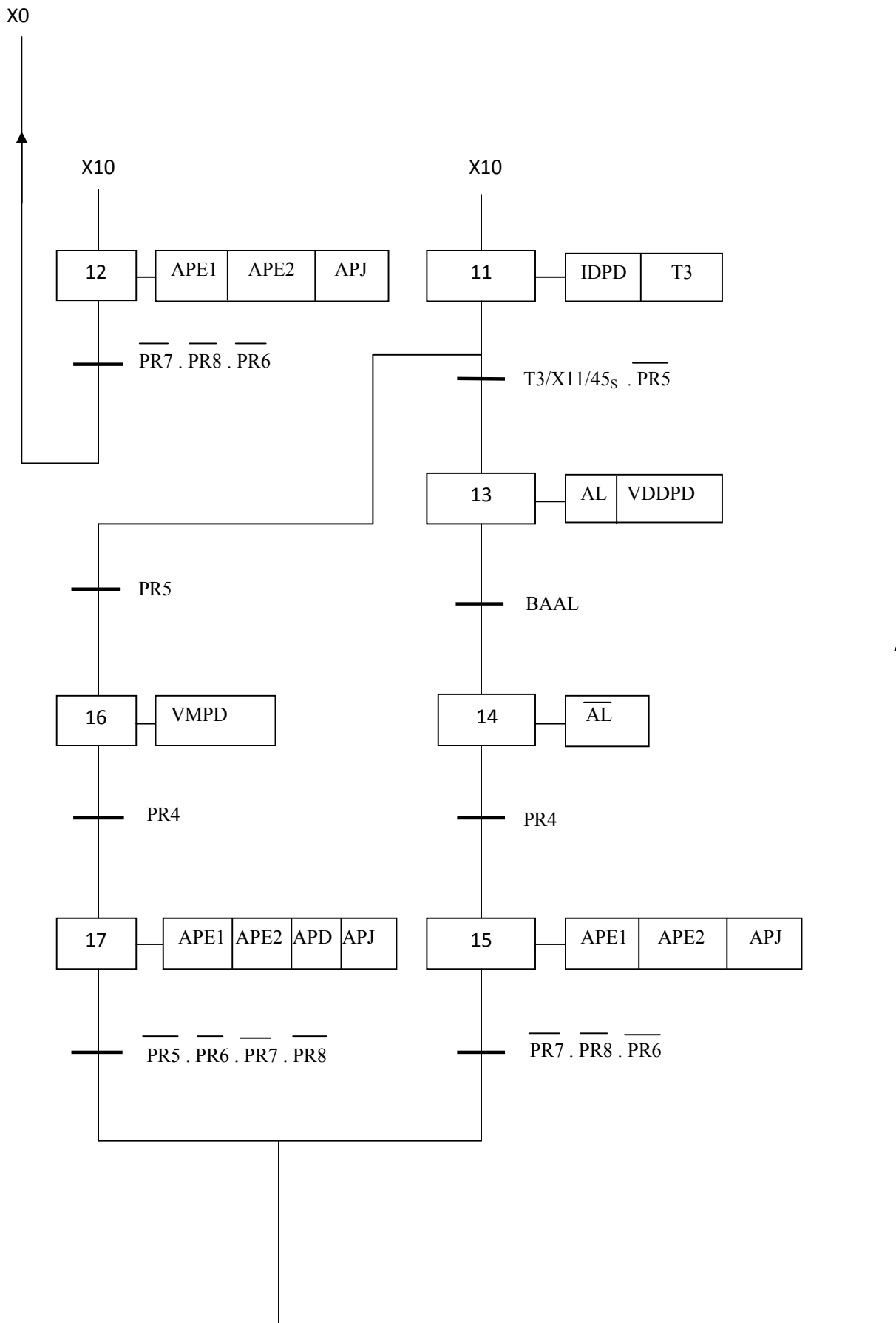
Grafcet niveau 1 de la sélection de marche des pompes



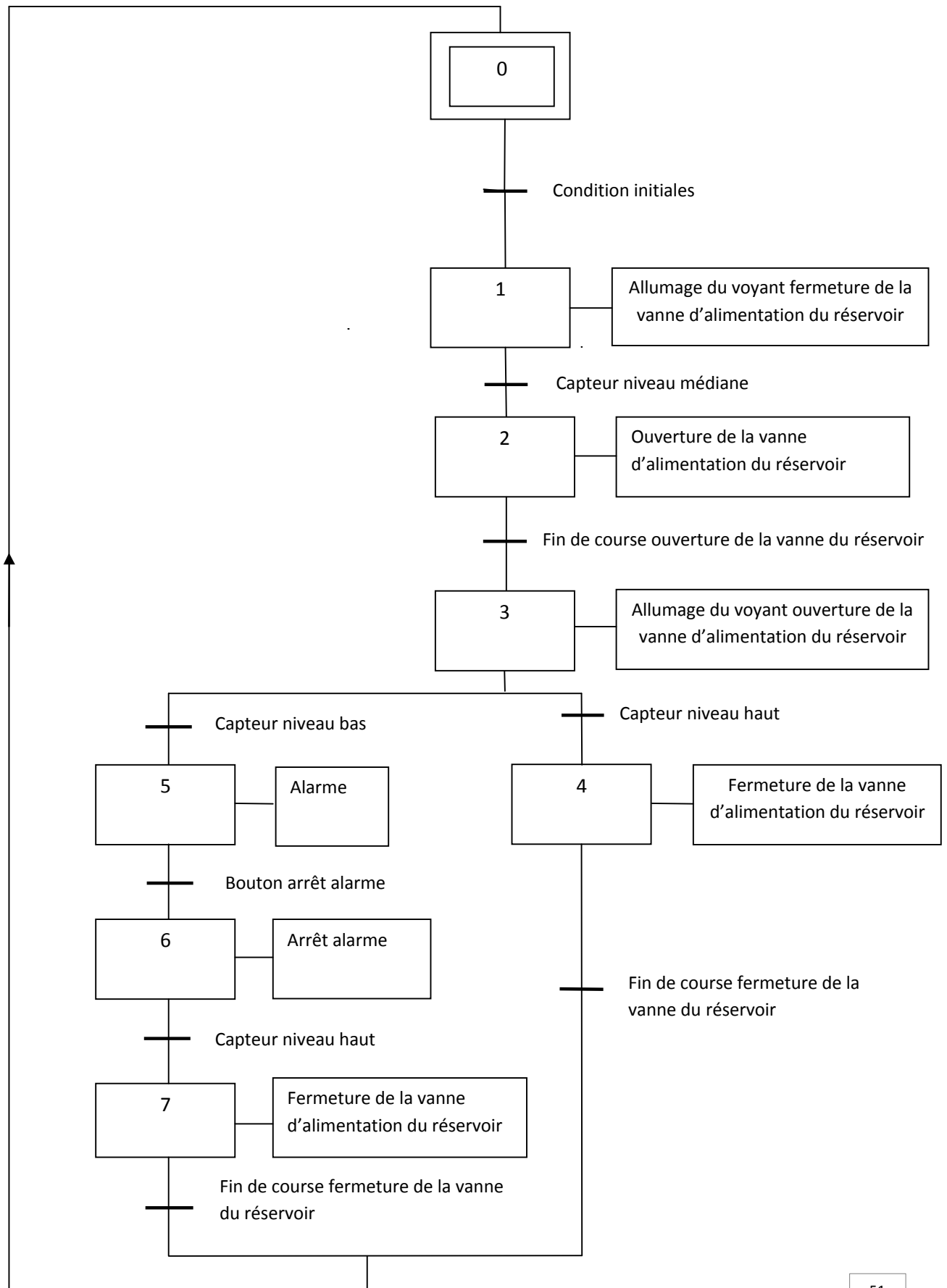


Grafcet niveau 2 de la sélection de marche des pompes

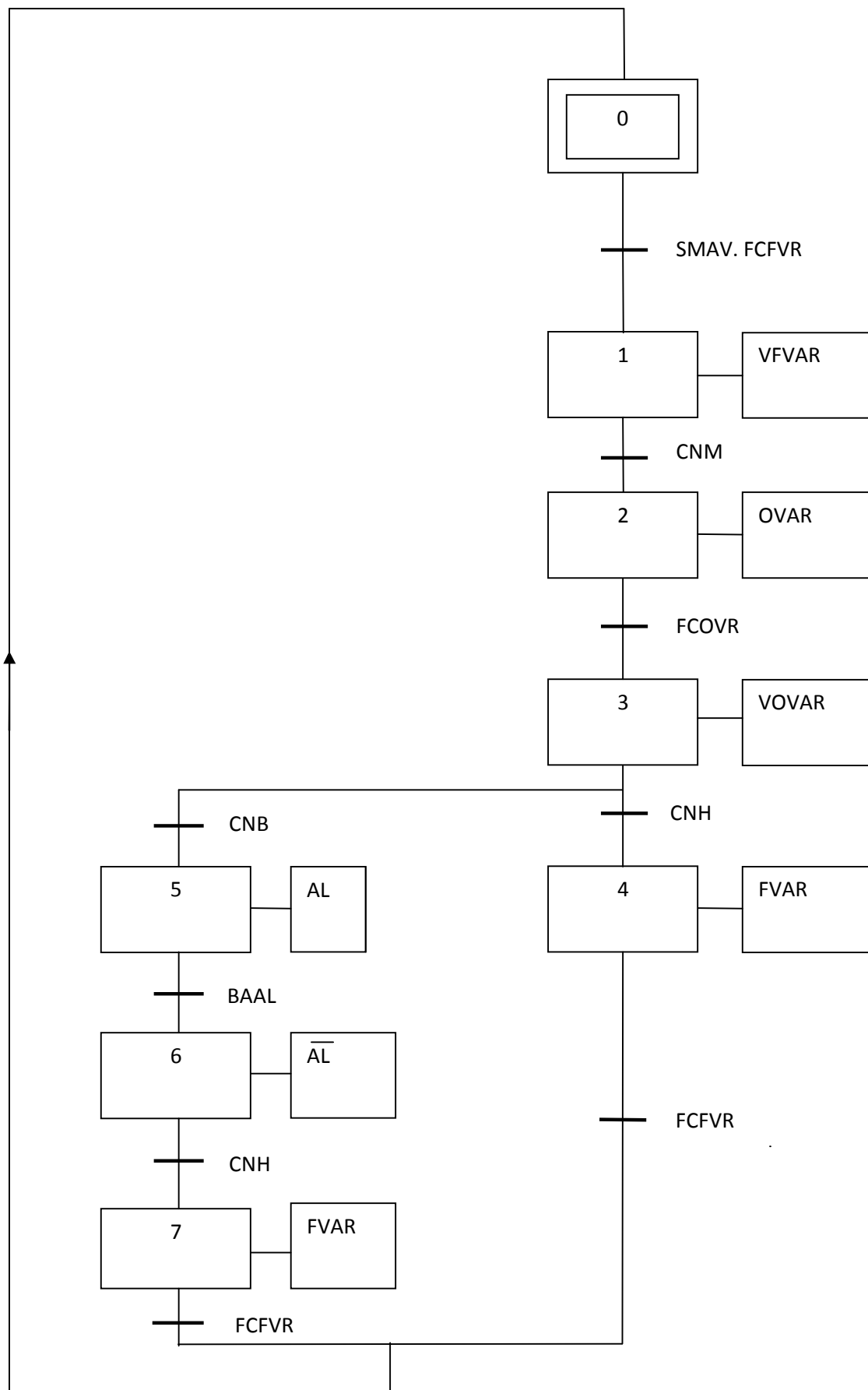




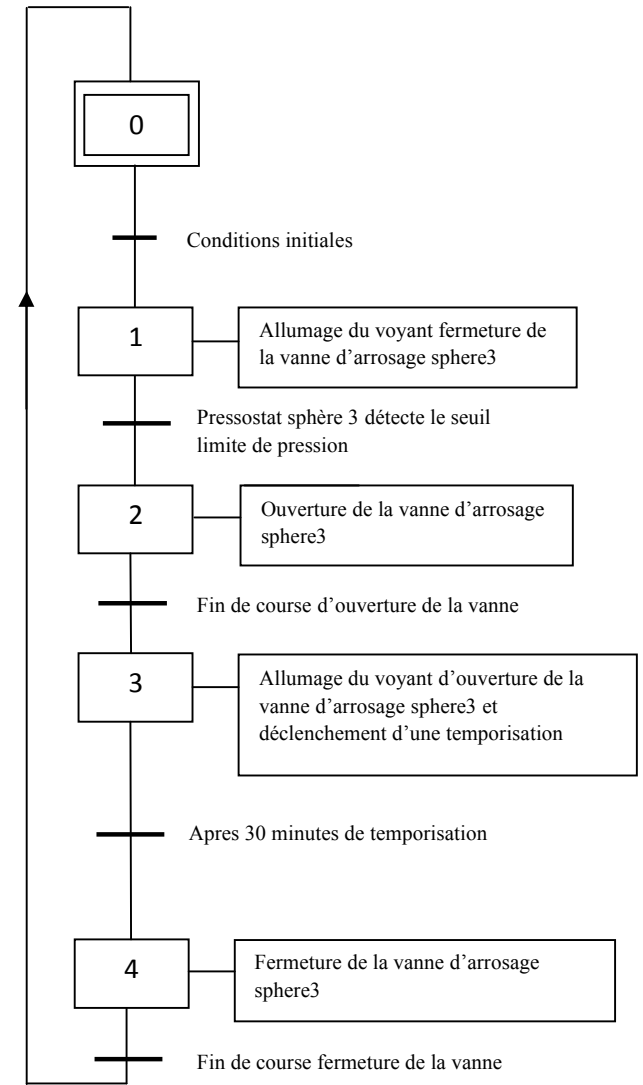
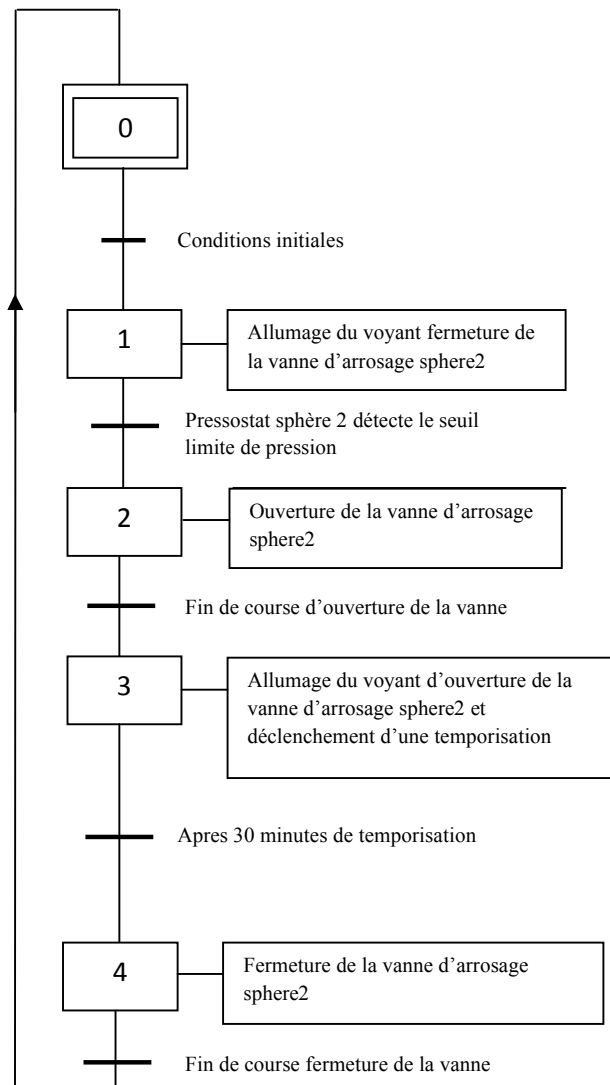
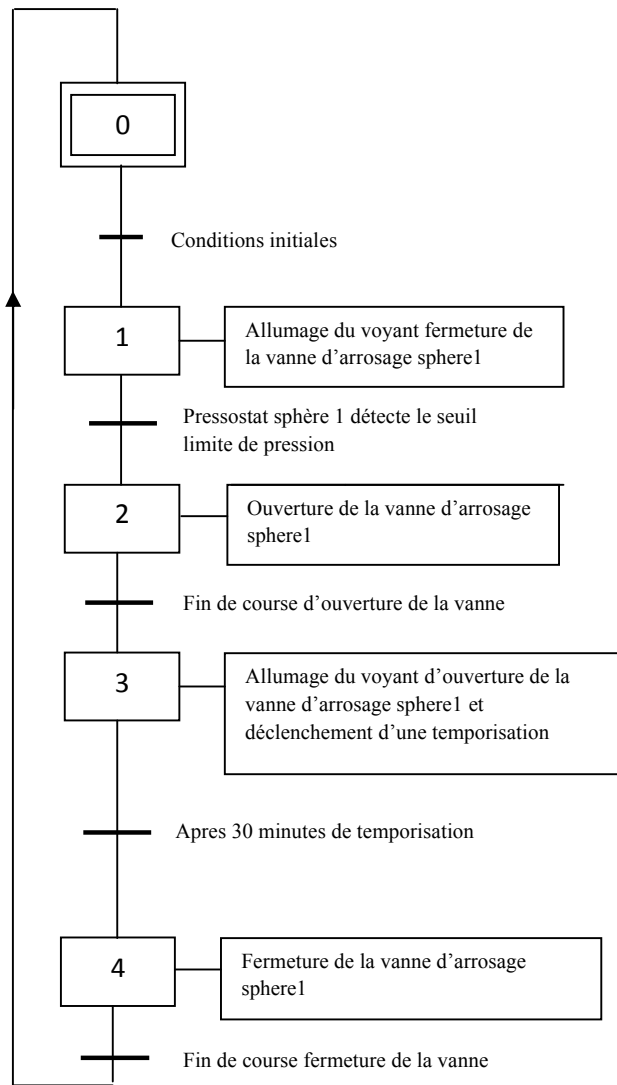
Grafcet niveau 1 du fonctionnement de la vanne d'alimentation de la réserve d'eau



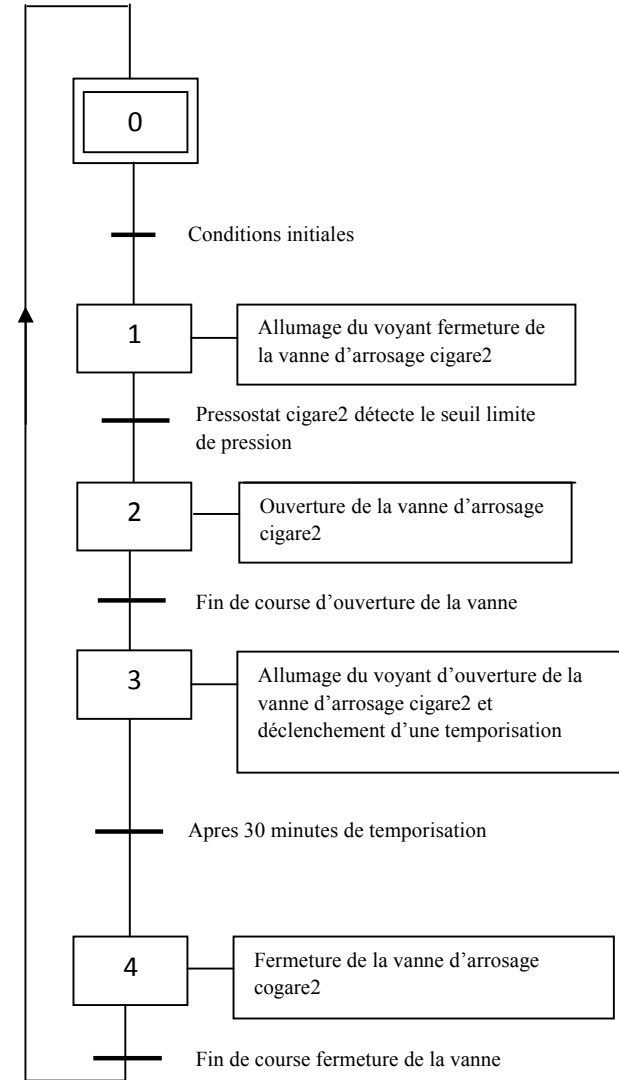
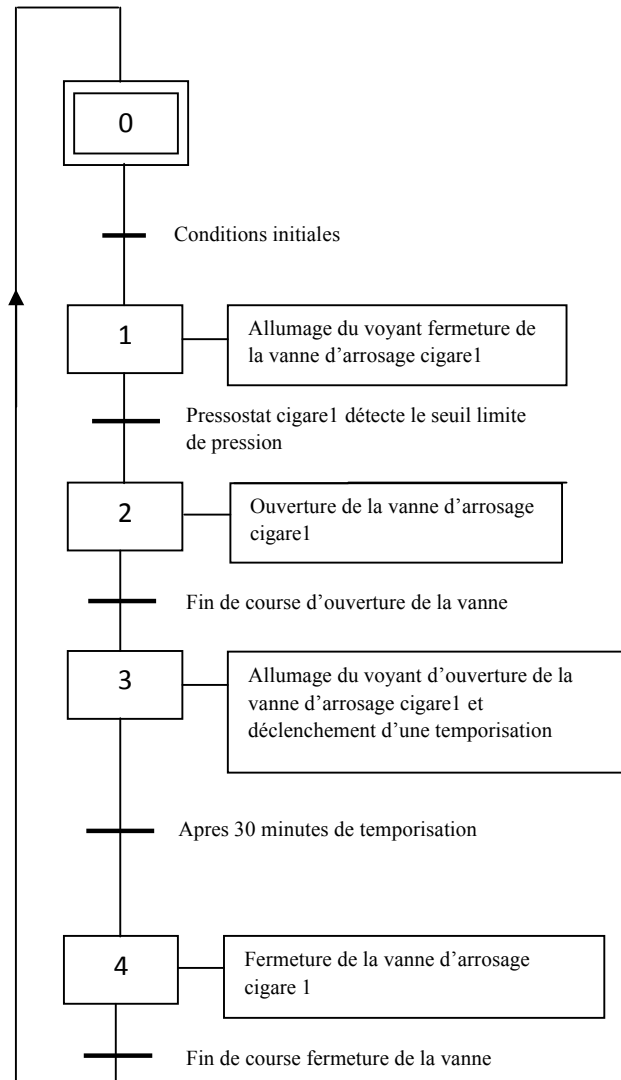
Grafcet niveau 2 du fonctionnement de la vanne d'alimentation de la réserve d'eau



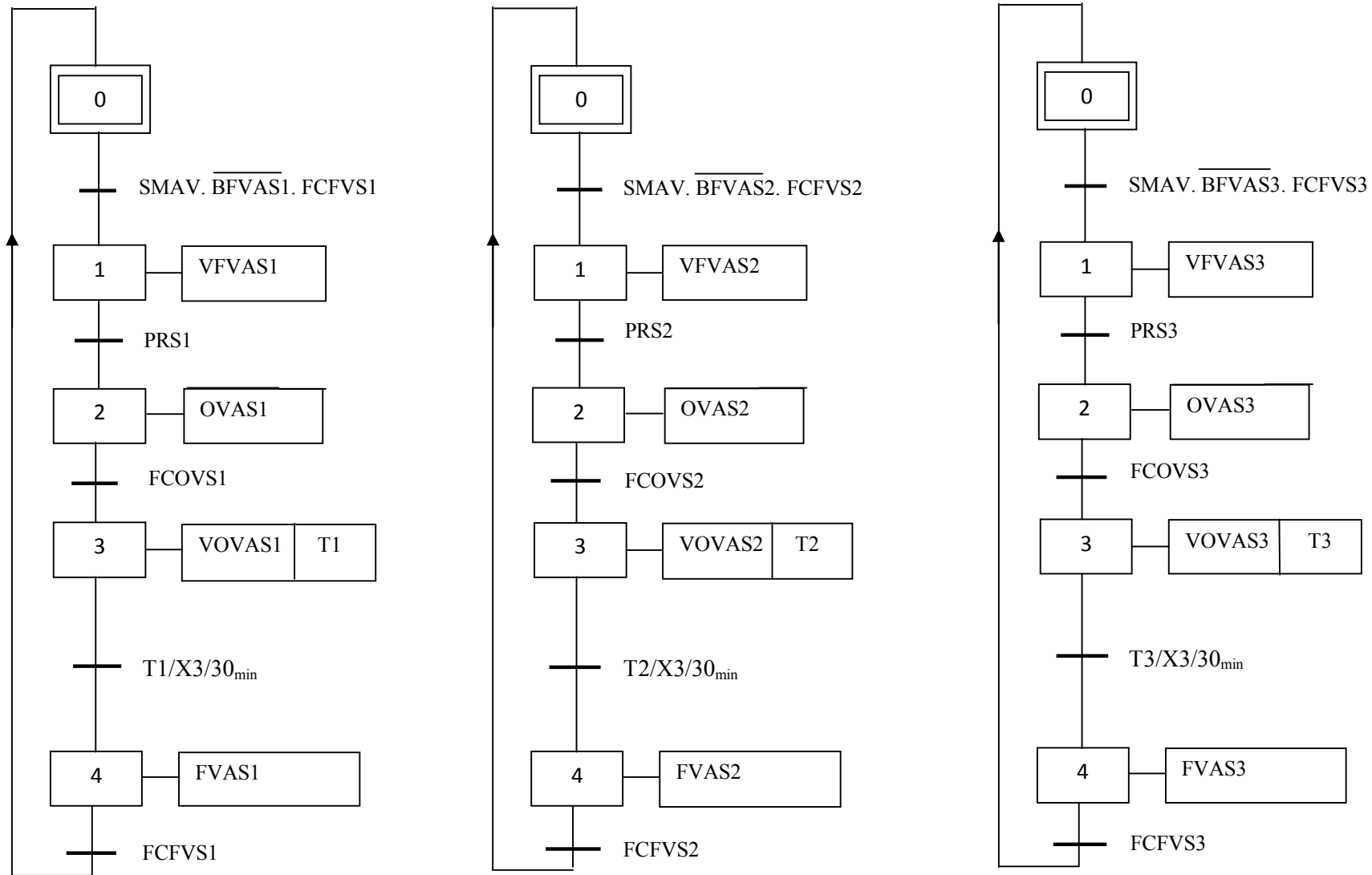
Grafcet niveau 1 du processus d'arrosage des sphères



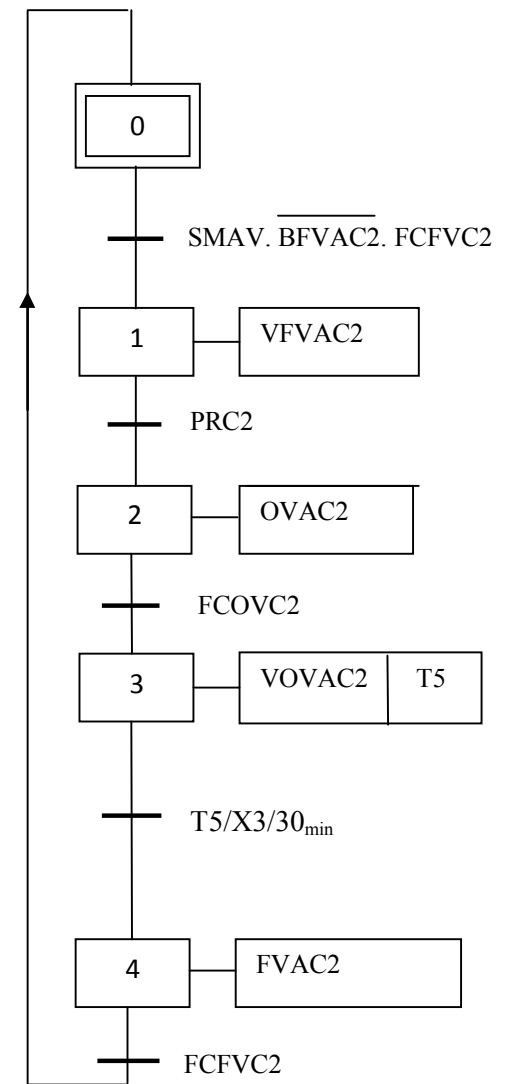
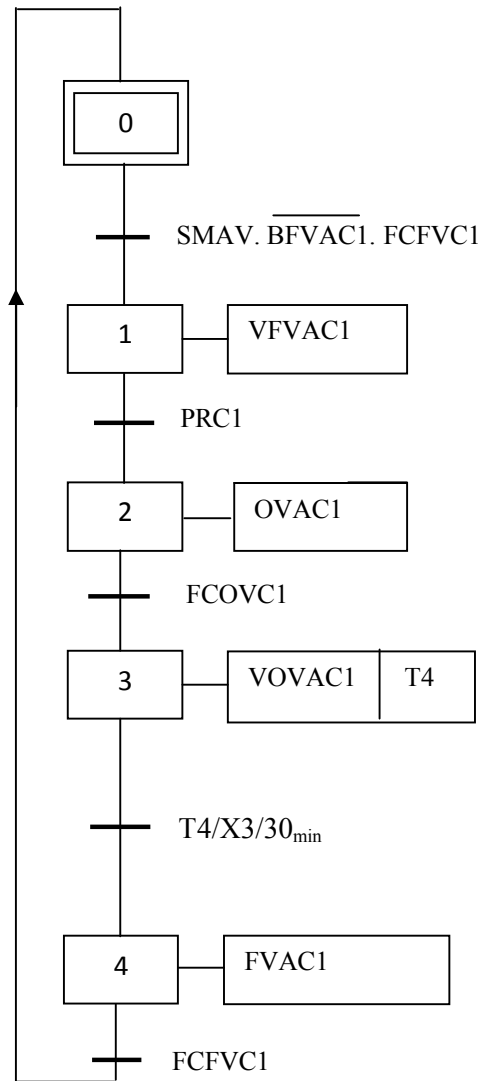
Grafcet niveau 1 du processus d'arrosage des cigares



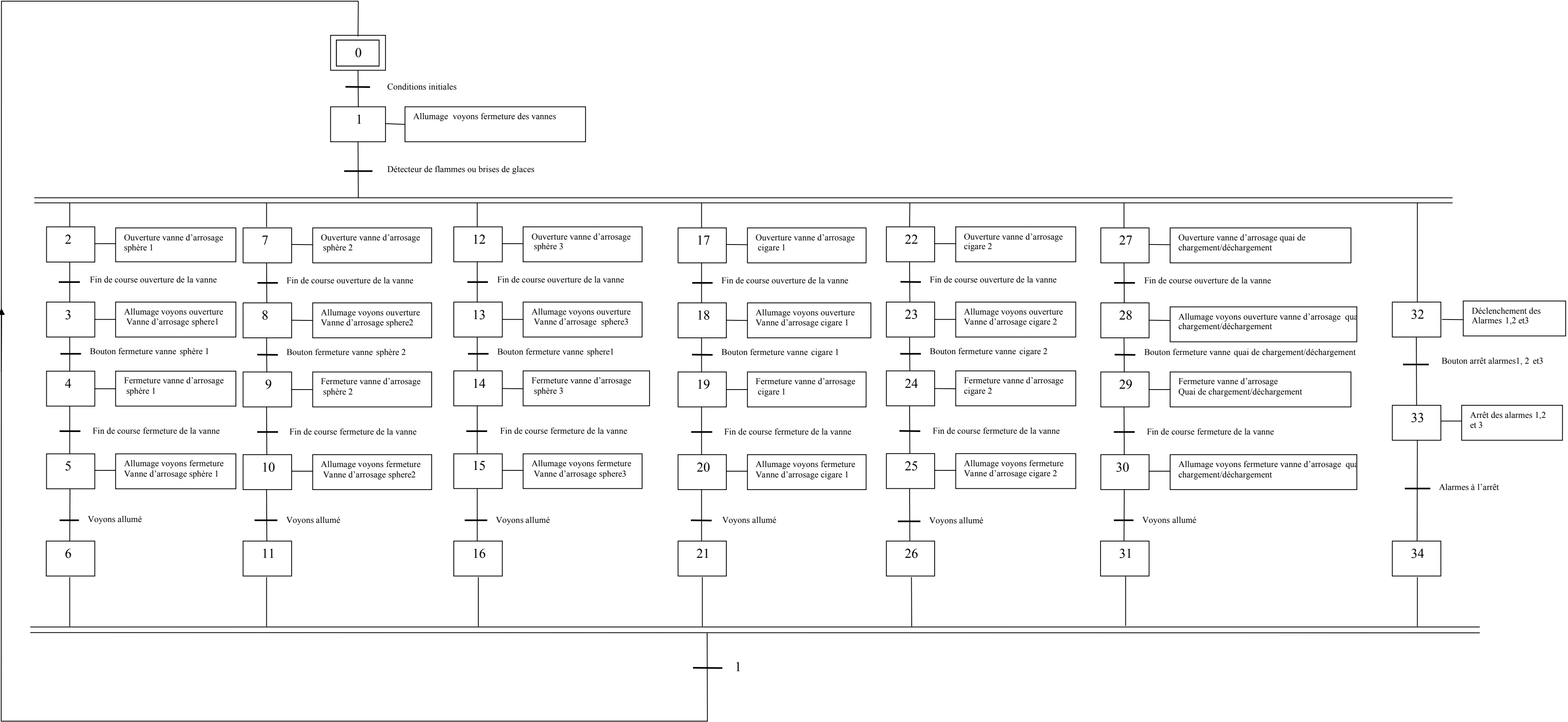
Grafcet niveau 2 du processus d'arrosage des sphères



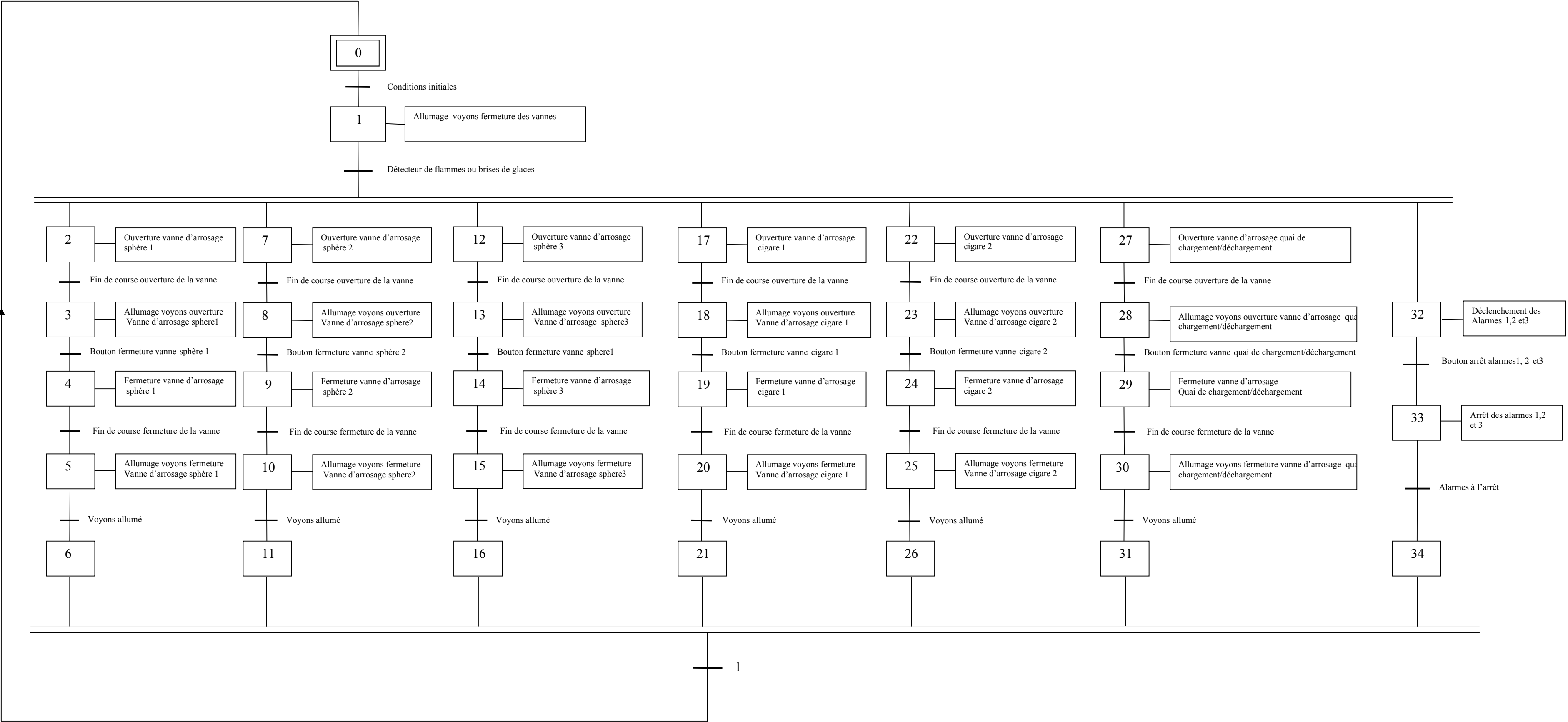
Grafcet niveau 2 du processus d'arrosage des cigares



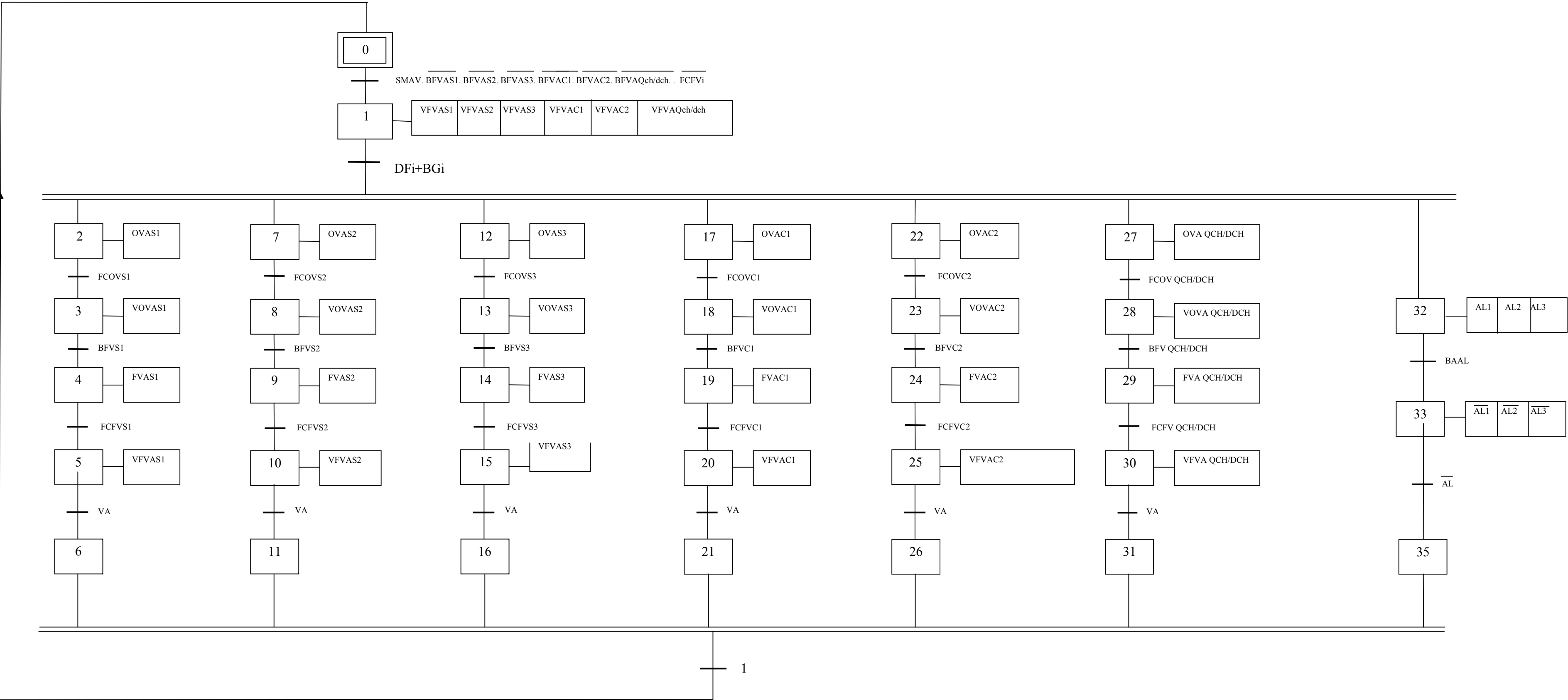
Grafcet niveau 1 de l’automatisme de détection d’incendie



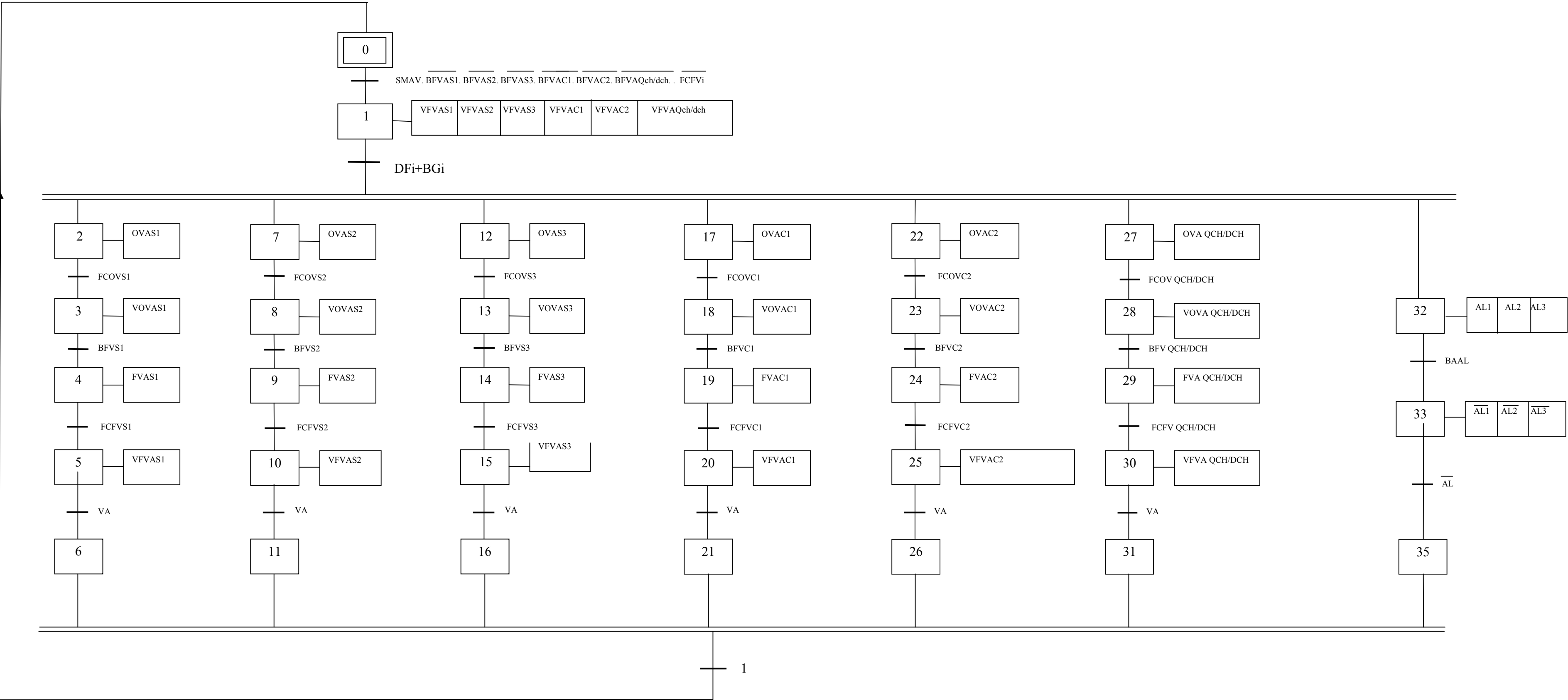
Grafcet niveau 1 de l’automatisme de détection d’incendie



Grafcet niveau 2 de l’automatisme de détection d’incendie



Grafcet niveau 2 de l’automatisme de détection d’incendie



II-9- Conclusion

Dans ce chapitre nous avons décrit l'outil de GRAFCET qui nous a permis de modéliser le fonctionnement détaillé du réseau de défense anti incendie.

Le GRAFCET est un outil de modélisation très puissant qui permet facilement le passage d'un cahier des charges fonctionnelles à un langage d'implantation, cette étude nous a permis d'identifier les variables de l'automate (entrée/sortie) , l'implantation de ces derniers est faite avec le langage de programmation S7.

Chapitre III

Les Automates programmable industriels

I- Généralités sur les automates programmables industriels

III-1- Introduction

Les automates programmables industriels (API), sont apparus vers 1969 aux Etats Unis pour répondre aux besoins de l'industrie automobile. Ils ont été conçus pour l'automatisation des chaînes de fabrication et réaliser des fonctions logiques combinatoires et séquentielles en remplacement des armoires à relais trop coûteuses et volumineuses. Leur succès provient en grande partie du fait qu'ils sont accessibles à des personnels non informaticiens.

Les API sont utilisés dans de nombreux domaines et réalisent des fonctions très variées. Comme dans la chaînes de fabrication (usinages, montages,etc.), pour les opérations de manutention (stockage, tri, chargement,.....etc.) dans les systèmes de contrôle (installation de climatisation, frigorifique de chauffage, détection des incendies, etc.), ou encore dans l'industrie chimique (dosages, mélanges,etc.).

Il existe aujourd'hui quelques fabricants d'automates programmables (SIEMENS, ALAN BRADLEY, TOSHIBA, SCHNIDER AUTOMATION.....etc.) et différentes catégories d'automates plus ou moins évolués. Pour la réalisation de notre travail on utilise l'automate SIMATIC S7-300 de SIEMENS.

III-2- Définition d'un Automate programmable

L'Automate programmable est un appareil électronique qui comporte une mémoire programmable par un utilisateur automaticien à l'aide d'un langage adapté ; pour le stockage interne des instructions composant les fonctions d'automatisme comme par exemple :

- Logique séquentielle et combinatoire ;
- Temporisation, comptage, décomptage, comparaison ;
- Calcul arithmétique ;
- Réglage, asservissement, régulation, etc.

Pour commander, mesurer et contrôler au moyen de modules d'entrées et de sorties (logiques, numériques ou analogiques) différentes sortes de machines ou de processeurs, en environnement industriel.

Il génère des ordres vers les pré actionneurs de la partie opérative à partir des données d'entrées (capteurs) et d'un programme. Il est généralement relié à un pupitre ou une console.

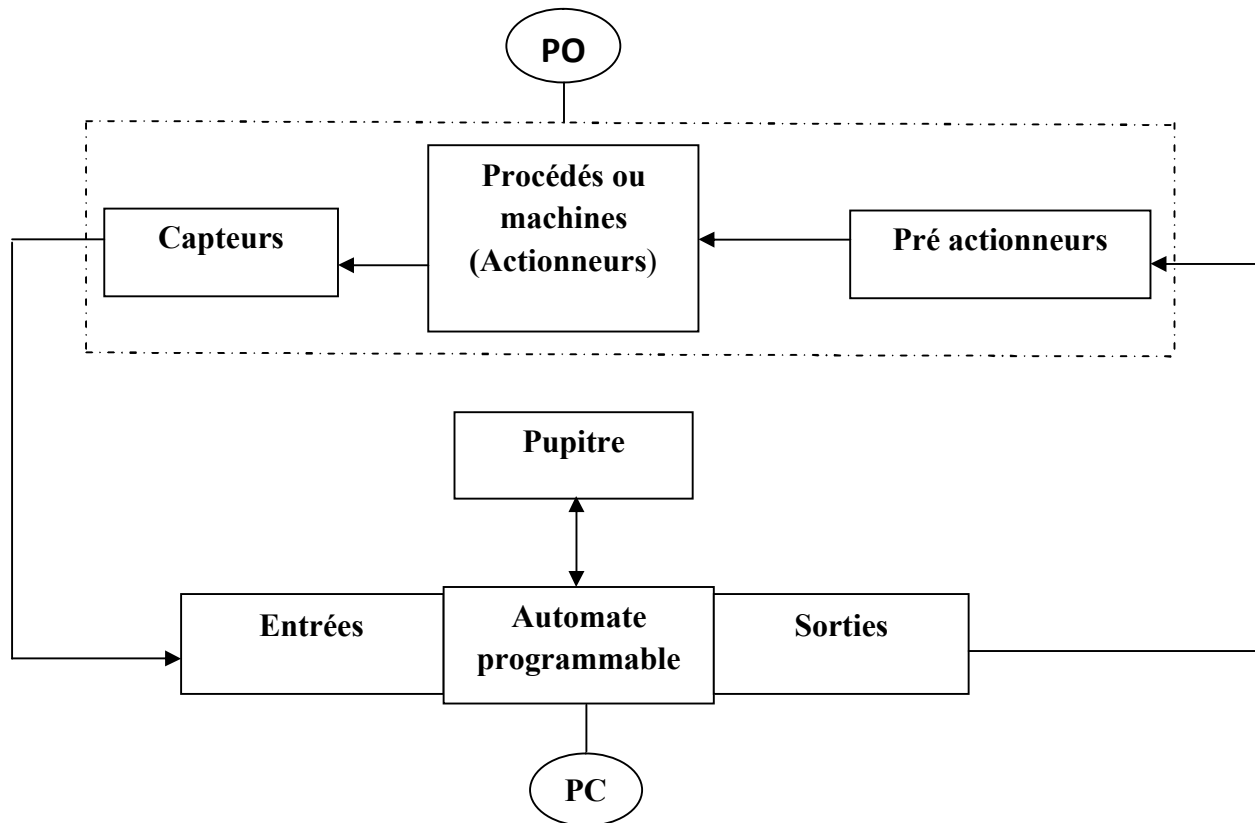


Figure III-1: Structure d'un système automatisé

III-3- Environnement d'un automate programmable

L'environnement d'un automate programmable peut être décomposé en trois parties :

- Poste de contrôle
- Partie opérative
- Partie commande.

III-3-1- Poste de contrôle

Il est composé des pupitres de commande et de signalisation, il permet à l'opérateur de commander le système (marche, arrêt, départ cycle).

Il permet également de visualiser les différents états du système à l'aide de voyants, de verrines, de terminaux de dialogue ou d'interfaces homme - machine (IHM).

III-3-2- Partie opérative

La partie opérative agit sur la matière d'œuvre (MO) à partir d'ordres envoyés par la partie commande, et renvoie à cette dernière des informations (comptes-rendus) sur son état ou sur l'état d'environnement ; sa fonction globale est d'apporter de la valeur ajoutée (VA) à la matière d'œuvre.

Les principales fonctions assurées par la partie opérative sont :

- Transformation et adaptation d'énergie ;
- Transmettre les efforts ;
- Agir sur la matière d'œuvre.....

III-3-3- Partie Commande

La partie commande élabore des ordres à partir des informations envoyées par l'opérateur et par la partie opérative (dialogue avec la machine), et informe l'opérateur sur l'état du système (dialogue Homme – Machine). Sa fonction globale est de piloter le fonctionnement du système automatisé.

Les principales fonctions assurées par la partie commande sont : dialoguer avec l'opérateur, acquérir et traiter des données, commander la puissance ...etc.

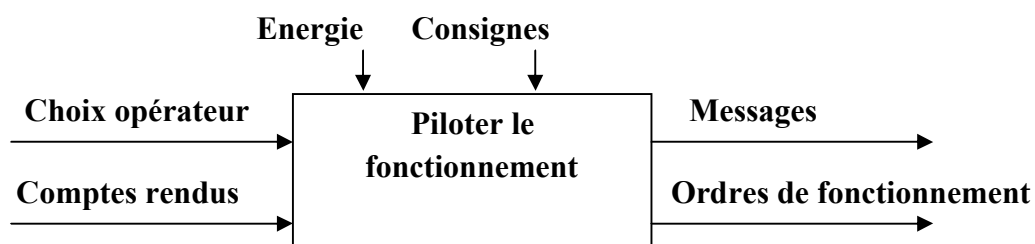


Figure III-2 : Partie commande

III-4- Structure matériel d'API

Les automates programmables industriels peuvent être devisés en deux catégories :

- Compact.
- Modulaire.

III-4-1- Automate programmable compact

Il intègre le processeur, l'alimentation, les entrées sorties. Selon les modèles et les fabricants, il pourra réaliser certaines fonctions supplémentaires telles que le comptage rapide, les entrées/sorties analogiques....., et recevoir des extensions en un nombre limité.

Ces automates de fonctionnement simple, sont intégrés dans la commande de petites unités d'automatisation.

III-4-2- Automate modulaire

L'API modulaire intègre le processeur, l'alimentation, les interfaces d'entrées/sorties résidants dans des unités séparées (modules), ces modules sont fixés sur un ou plusieurs racks contenant un bus appelé fond de panier.

Ces automates sont intégrés dans les automatismes complexes, puissants, qui demandent une capacité de traitement et de flexibilité élevée.

III-5- Structure interne des API

Un automate programmable industriel est constitué essentiellement de cinq modules :

- Module d'alimentation ;
- Module d'entrées ;
- Module de sorties ;
- Coupleur de périphériques ;
- Unité centrale .

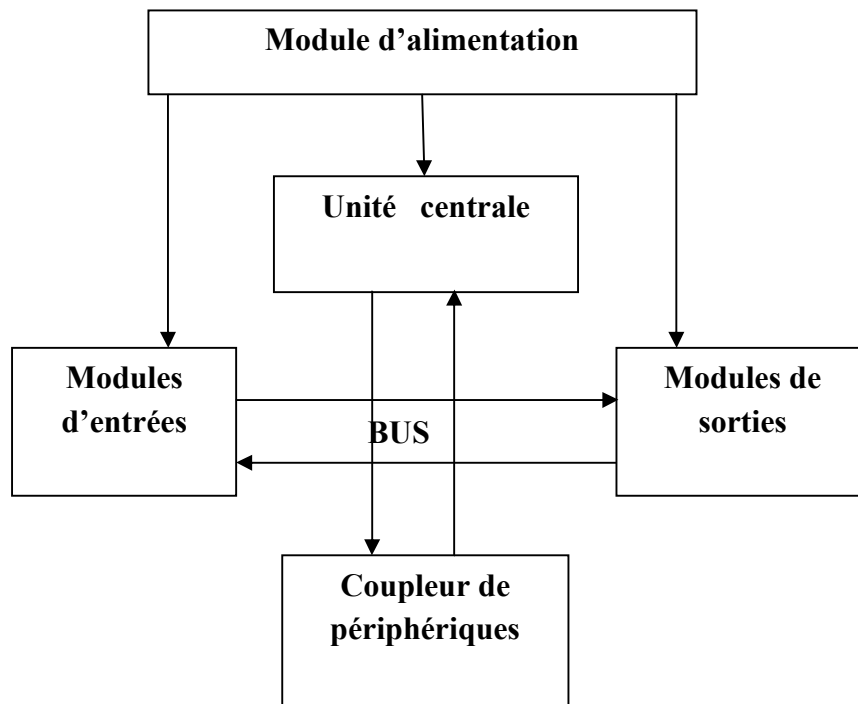


Figure III-3 : Structure interne d'API

III-5-1- Module d'alimentation

Ce module génère l'ensemble des tensions nécessaires au bon fonctionnement de l'automatisme.

- Remarque

A fin de sauvegarder des données dans la mémoire en cas de défaillance de l'alimentation, ou de son absence, cette dernière sera remplacée par une alimentation secondaire qui est une batterie.

III-5-2- Module d'entrées

Il permet de recevoir les informations du système automatisé de production (SAP) ou du pupitre de commande et de mettre en forme ce signal, tout en l'isolant électriquement.

III-5-3- Module de sorties

Il permet de commander les divers prés actionneurs et les éléments de signalisation du système automatisé de production tout en isolant les équipements électriques.

III-5-4- Coupleur de périphériques

C'est un processeur qui assure la communication homme-machine, ou bien machine-machine par différents périphériques, par exemple : l'imprimante, un mini automate ou bien un micro-ordinateur (sont des périphériques qui utilisent le protocole machine-machine).

III-5-5- Unité centrale

Elle représente le cœur de la machine, et comprend le(s) processeur(s) et la mémoire

a. Processeur

Appelé unité de traitement (UT). Il assure le contrôle de l'ensemble de la machine et effectue les traitements demandés par les instructions du programme. Il réalise toutes les fonctions logiques ET, OU,....etc. ; les fonctions de temporisation de comptage, de calcul,...etc. Le processeur comporte un certain nombre de registres (Accumulateur, Registre d'instruction.....), un décodeur d'instruction et un compteur programme (Compteur ordinal).

b. Mémoire

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

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

Elle reçoit également des informations en provenance des capteurs.

Il existe dans les automates plusieurs types de mémoires qui remplissent des fonctions différentes.

- 1- Conception et élaboration du programme.
 - Mémoire RAM : elle s'efface automatiquement à l'arrêt de l'automate (nécessite une batterie de sauvegarde).
 - Mémoire EEPROM : seule la lecture est possible.
- 2- Conservation du programme pendant l'exécution de celui-ci : Mémoire EPROM.

- Bus

Le bus d'entrées/sorties appelé aussi bus fond de panier, relie les modules d'entrées/sorties à l'unité centrale.

Le bus système est interne à l'unité centrale, il permet au processeur d'accéder aux différentes ressources.

III-6- Structure du programme automate

Tous les automates fonctionnent selon le même mode qui est cyclique, les instructions sont exécutées en séquence, et à la fin du cycle, le programme automate boucle sûr, pour entamer un nouveau cycle.

Le cycle de fonctionnement se décompose en quatre phases de la manière représentée sur la figure suivante :

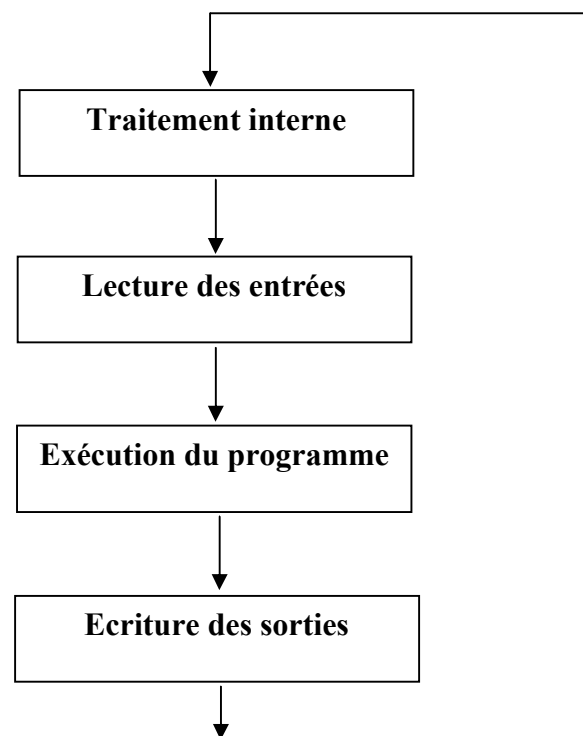


Figure III-4 : Cycle de fonctionnement

III-6-1- Traitement interne

L'automate effectue des opérations de contrôle et met à jour certains paramètres système (détection des passages en RUN/STOP, mise à jour des valeurs de l'horodateur, remise à 0 du chien de garde.....).

Chien de garde (watchdog)

Un chien de garde est un mécanisme qui permet à l'automate de surveiller en permanence la durée d'exécution du programme application. Le chien de garde fixe la durée à ne pas dépasser, ce qui provoque généralement l'arrêt immédiat de l'automate.

A chaque cycle, le CPU doit réarmer le chien de garde, sinon ce dernier entame les actions suivantes : Mise à 0 de toutes les sorties, arrêt de l'exécution du programme, signalisation de la défaillance.....

III-6-2- Lecture des entrées

L'automate lit les entrées et les recopie dans la mémoire image des entrées.

III-6-3- Exécution du programme

L'automate exécute le programme écrit par l'utilisateur instruction par instruction et écrit les sorties dans la mémoire image des sorties.

III-6-4- Ecriture des sorties

L'automate écrit les différentes sorties aux positions définies dans la mémoire image des sorties.

III-7- Nature des informations traitées par l'automate

Les informations traitées par l'API peuvent être de trois types : tout ou rien, analogiques ou numériques.

III-7-1- Information tout ou rien (TOR)

L'information ne peut prendre que deux états (1 ou 0, vrai ou faux). C'est le type d'information délivrée par un détecteur, un bouton poussoiretc.).

III-7-2- Information analogique

L'information est continue et peut prendre une valeur comprise dans une plage bien déterminée. C'est le type d'information délivrée par un capteur (pression, températureetc.).

III-7-3- Information numérique

L'information numérique est continue dans des mots codés sous forme binaire et/ou hexadécimal. Ce type d'information est délivré par un ordinateur ou un module intelligent.

III-8- Programmation des automates programmables

Les automates programmables actuels peuvent se programmer en règle générale de deux façons :

- Avec une console correspondant à l'automate utilisé.
- Avec un micro-ordinateur équipé de la logique de programmation.

III-8-1- Consoles de programmation

Une console de programmation est un outil pour la saisie, le traitement et l'archivage des données machines et des données du processus ainsi que la suppression du programme. Chaque marque d'automate programmable possède ses propres consoles dites "de programmation"

III-8-2- Langage de programmation des automates programmables

Il existe quatre langages de programmation des automates. Chaque automate se programme via une console de programmation propriétaire, ou par ordinateur équipé du logiciel constructeur spécifique.

Ces langages de programmations sont :

a- Langage liste d'instruction (language listing)

C'est un langage textuel de même nature que le langage de programmation des microcontrôleurs (langage assembleur). Il est très peu utilisé.

b- Langage à contact (ladder diagram)

C'est un langage graphique développé pour les électriciens. Il utilise les symboles tels que les contacts et les relais et blocs fonctionnels, il s'organise en réseaux. C'est le langage le plus utilisé.

c- Langage logique (logigramme)

C'est un langage graphique utilisé par les électroniciens, il utilise les symboles de la logique électronique tels que les portes ET, OU,....

d- Langage blocs fonctionnels (FBD function bloc diagram)

C'est un langage graphique où des fonctions sont représentées par des blocs qui sont programmés ou programmables.

III-9- Critères de choix d'un automate

Après avoir établi le cahier des charges, les choix essentiels d'un automate programmable industriel sont :

- Nombre des entrées et des sorties (logique, analogique, numérique).
- La documentation.
- La fiabilité et la noblesse.
- La garantie.
- Le type de programmation souhaité et les besoins de traitement permettant le choix de l'UC et de la taille de la mémoire.
- La communication avec d'autres systèmes de communication ; l'automate doit avoir des possibilités de communication avec des standards normalisés.

III-10- Avantages et inconvénients des API

a- Avantages

- L'API présente une grande souplesse de mise en œuvre, indépendante du procédé, et facile à manipuler. Il est favorable aux traitements évolués tels que les calculs numériques et la régulation.
- La maintenance préventive et curative des systèmes est simplifiée.
- Les API permettent d'ajuster la disponibilité du système aux besoins.

b- Inconvénients

- L'API ne supprime pas tout le reliage (câblages) il reste le câblage de la partie puissance.
- Sa vitesse peut être insuffisante dans quelques cas.
- Le déroulement cyclique du programme peut présenter un facteur de complexité et limiter les possibilités d'organisation des tâches.
- L'utilisation de l'API nécessite une étude préalable approfondie du système à automatiser et de l'automate lui-même.

II- Présentation de l'automate programmable S7.300

III-1- Introduction

La SIMATIC S7.300 est un calculateur industriel compatible. Il s'agit d'un système modulaire sous boîtier utilisé dans presque toutes les branches de l'industrie, sa modularité lui permet de réaliser des fonctions d'automatisation moyenne et toute gamme, pour le code des machines et équipements les plus divers.

Le S7.300 est capable d'effectuer simultanément avec un seul CPU des opérations en temps réel, par exemple des algorithmes complexes de code et de régulation ainsi que des tâches de visualisations et de traitement informatique.

Pour que l'automate puisse exécuter le programme, ce dernier doit être écrit dans un langage exploitable sur l'automate S7.300, le STEP7 est le langage de programmation développé par la famille SIMATIC S7.

III-2- Structure matérielle d'un automate S7.300

La figure suivante représente la structure d'un API S7.300 avec modules intégrés :

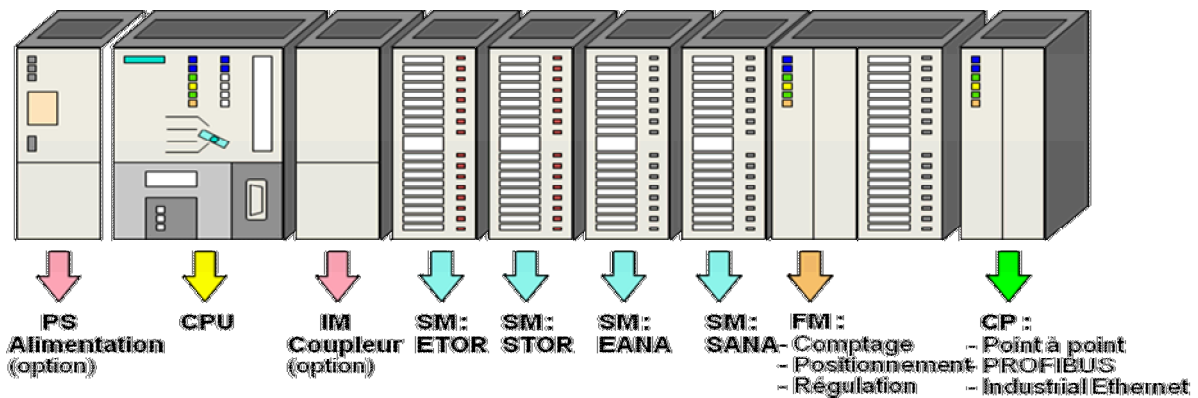


Figure III-5 : Modules de l'automate S7.300

III-2-1- Module d'alimentation

Le module d'alimentation transforme la tension secteur en tension d'alimentation pour les modules de l'automate programmable. Cette tension s'élève à 24v.

Il permet de sauvegarder le contenu des mémoires RAM au moyen d'une pile de sauvegarde ou d'une alimentation externe.

III-2-2- Unité centrale (CPU)

Le CPU est le cerveau de l'automate, il lit les états des signaux d'entrées, exécute le programme utilisateur et commande les sorties, il permet le réglage du comportement au démarrage et le diagnostic des défauts par les LED.

L'utilisateur a le choix parmi plusieurs CPU aux performances étagées, le plus performant est le CPU 314.

Le CPU est intégré dans un boîtier compact et comporte les éléments suivants :

- Commutateur de mode de fonctionnement :
 - MRFS (effacement générale)
 - STOP (arrêt)
 - RUN/RUN.P (marche)
- Les LED par la signalisation d'état et de défaut.

- Un port par interface MPI.
- Une carte mémoire et une pile.

III-2-3- Coupleurs

Les coupleurs sont des cartes électroniques qui assurent la communication entre les entrées/sorties (périphériques ou autres) et l'unité centrale.

La communication entre l'unité centrale et les différents modules d'entrées/sorties s'effectue par l'intermédiaire d'un bus interne (liaison parallèle codée).

Entre l'unité centrale et les périphériques de l'automate (exemple : console, lecteur de cassettes...etc.), la liaison entre les châssis est réalisée à l'aide de coupleurs, qui permettent de configurer le S7.300 sur plusieurs rangées.

III-2-4- Modules d'entrées/sorties TOR

Ces modules permettent de raccorder à l'automate S7.300 des capteurs et des actionneurs tout ou rien les plus divers en utilisant si nécessaire des équipements d'adaptations (conditionnement, conversion,.....etc.).

III-2-5- Modules d'entrées/sorties analogiques

Les modules d'entrées analogiques convertissent les signaux analogiques du processus en signaux numériques traitables par l'API S7.300

Les modules de sorties analogiques convertissent les signaux numériques en signaux analogiques destinés au processus.

III-2-6- Modules de fonction (FM)

Afin de réduire la charge sur les CPU la mise en œuvre des modules de fonctions permet d'assurer des tâches lourdes en calcul, les plus utilisés sont :

a - Comptage/Mesure

Comptage d'impulsions mono coup périodique ou sans fin ; comptage mesure de longueurs, de déplacements, de fréquences ou de périodes.

b - Positionnement

Positionnement en boucle ouverte et asservissement de position, interpolation de plusieurs axes, synchronisation par réducteur électronique ou selon profil de came, moteurs asynchrones, pas à pas, servomoteurs.

c - Régulation

Régulation de température, de pression, de débit, régulations pas à pas, sortie cyclique et à action continue, régulation de maintien, de poursuite, en cascade, de rapport et de mélange.

III-2-7- Modules de communication (CP)

Ils permettent d'établir des liaisons homme-machine et machine-homme, ces liaisons sont effectuées à l'aide des interfaces de communication :

- Point à point ;
- Profibus ;
- Industriel Ethernet.

III-2-8- Profilé support

Il constitue le châssis de l'automate (racks) qui est une structure métallique (aluminium), servant de support pour une éventuelle extension en modules.

Les châssis du S7.300 doivent assurer les fonctionnalités suivantes

- La fixation mécanique des modules.
- La distribution des tensions d'alimentation des modules.
- L'interconnexion des différents modules via les bus de signaux.

Le châssis reçoit les différents modules tels que :

- L'alimentation ;
- L'unité centrale ;
- Cartes d'entrées/sorties.

III-3-Console de programmation

La console de programmation est l'outil privilégié de la communication homme-machine pour le développement, la mise au point, et éventuellement l'exploitation des applications.

La console de programmation a trois rôles principaux. Elle est :

- Un outil de programmation et de mise à jour des applications;
- Un intermédiaire de dialogue avec l'API;
- Un moyen d'intervention sur l'API et sur le procédé.

III-4- Programmation de l'automate S7.300

Le logiciel STEP7 est l'outil de base pour la configuration et la programmation du système d'automatisation SIMATIC. STEP7 offre les fonctions suivantes pour l'automatisation du procédé :

- ✓ Configuration et paramétrage du matériel;
- ✓ Création du programme;
- ✓ Test, mise en service et maintenance du procédé d'automatisation;
- ✓ Documentation et archivage des programmes;
- ✓ Fonction de diagnostic et d'exploitation lors de perturbations dans le procédé.

III-5- Conclusion

Ce chapitre nous a fait une approche aux automates programmables industriels en général et le S7-300 en particulier, il nous a permis ainsi de comprendre leurs fonctionnements et leurs places dans un système automatisé. Pour le programmer nous utiliserons le logiciel de programmation des automates S7-300 après avoir modélisé notre système, dans le chapitre qui suit nous représenterons l'outil de modélisation des systèmes automatisés.

Chapitre IV

Le langage de programmation «STEP7»

IV-1- Introduction

Chaque automate se programme via une console de programmation propriétaire ou par un ordinateur équipé d'un logiciel constructeur spécifique. Le STEP 7 est le logiciel de base pour la configuration et la programmation des systèmes d'automatisation SIMATIC. Il offre un ensemble de fonctions et opérations logicielles nécessaires à configurer et paramétrer le matériel, ainsi qu'à programmer et tester le programme utilisateur.

IV-2-Langage de programmation

Avec le logiciel STEP7, le programme peut être représenté et programmé dans trois modes différents :

- Schéma à contacts "COUT";
- Logigramme "LOG ";
- Liste d'instructions "LIST".

Les programmes d'automatisation programmés en COUT ou LOG sont en principe toujours traduisibles en LIST.

Dans la mémoire du programme de l'automate, le programme est toujours stocké en LIST car il est plus proche en langage machine.

IV-3- Principe de conception d'une structure de programme

IV-3-1- Programme dans un CPU

Au cours de l'exécution du programme dans le CPU, deux programmes différents s'exécutent : le système d'exploitation et le programme utilisateur.

a- Système d'exploitation

Le système d'exploitation contenu dans le CPU organise toutes les fonctions et procédures qui ne sont pas liées à une tâche d'automatisation spécifique, ces tâches sont les suivantes :

- Le déroulement du démarrage et du redémarrage;
- L'actualisation de la mémoire image des entrées et l'émission de la mémoire image des sorties;
- L'appel du programme utilisateur;
- L'enregistrement des alarmes et l'appel des OB d'alarme;

- La détection et le traitement d'erreurs;
- La gestion des zones de mémoire;
- La communication avec des consoles de programmation et d'autres partenaires de communication.

b-Programme utilisateur

Le programme utilisateur doit être créé et chargé dans le CPU. Il contient toutes les fonctions nécessaires au traitement de la tâche d'automatisation spécifique, il doit entre autre :

- Déterminer les conditions pour le démarrage et le redémarrage du CPU (par exemple initialisation des signaux);
- Traiter des données du processus (combiner des signaux binaires, lire et exploiter des valeurs analogiques, fixer des signaux binaires pour la sortie, écrire des valeurs analogiques);
- Réagir aux alarmes;
- Traiter les perturbations dans le déroulement normal du programme.

IV-3-2- Blocs dans le programme utilisateur

Le logiciel de programmation STEP7 nous permet de structurer le programme utilisateur en le subdivisant en différentes parties autonomes. Il en résulte les avantages suivants :

- Ecrire des programmes importants mais clairs;
- Standardiser certaines parties du programme;
- Simplifier l'organisation du programme;
- Modifier facilement le programme;
- Simplifier le test du programme, car on peut l'exécuter section par section;
- Faciliter la mise en service.

IV-4- Blocs d'organisation et structure du programme

IV-4-1- Blocs d'organisation (OB)

Les blocs d'organisation constituent l'interface entre le système d'exploitation et le programme utilisateur. Ils sont appelés par le système d'exploitation pour gérer le traitement du programme cyclique et le traitement des erreurs.

Les blocs d'organisation définissent l'ordre (événement de déclenchement) dans lequel les différentes parties du programme sont traitées.

IV-4-2- Blocs fonctionnels (FB)

Un bloc fonctionnel dispose d'une zone de mémoire, qui lui est affectée en propre. Il est possible d'affecter un bloc de données au FB à l'appel du bloc. Il est possible d'accéder aux données du bloc de données d'instance via les appels contenus dans le FB. Nous pouvons affecter plusieurs blocs de données à un FB. Il est possible d'appeler d'autres FB et FC dans un bloc fonctionnel via instructions d'appels de bloc.

IV-4-3- Fonctions (FC)

Une fonction est un bloc de code sans mémoire, les variables temporaires d'une fonction sont sauvegardées dans la pile des données locales. Ces données sont perdues à l'achèvement de la fonction.

Les fonctions peuvent faire appel à des blocs de données globaux pour la sauvegarde des données.

IV-4-4- Blocs de données (DB)

Les DB sont utilisés pour la mise à disposition d'espaces mémoire pour les variables types de données. Il existe deux types de blocs de données. Les DB globaux dans lesquels tous les OB, FB et FC peuvent lire les données enregistrées ou écrire les données et les DB d'instance qui sont affectés à un FB donné.

IV-4-5- Blocs système

Les blocs système sont des fonctions prêtes à l'emploi stockées dans le CPU. Ces blocs peuvent être appelés par l'utilisateur et utilisés dans le programme.

a- Blocs fonctionnels système (SFB)

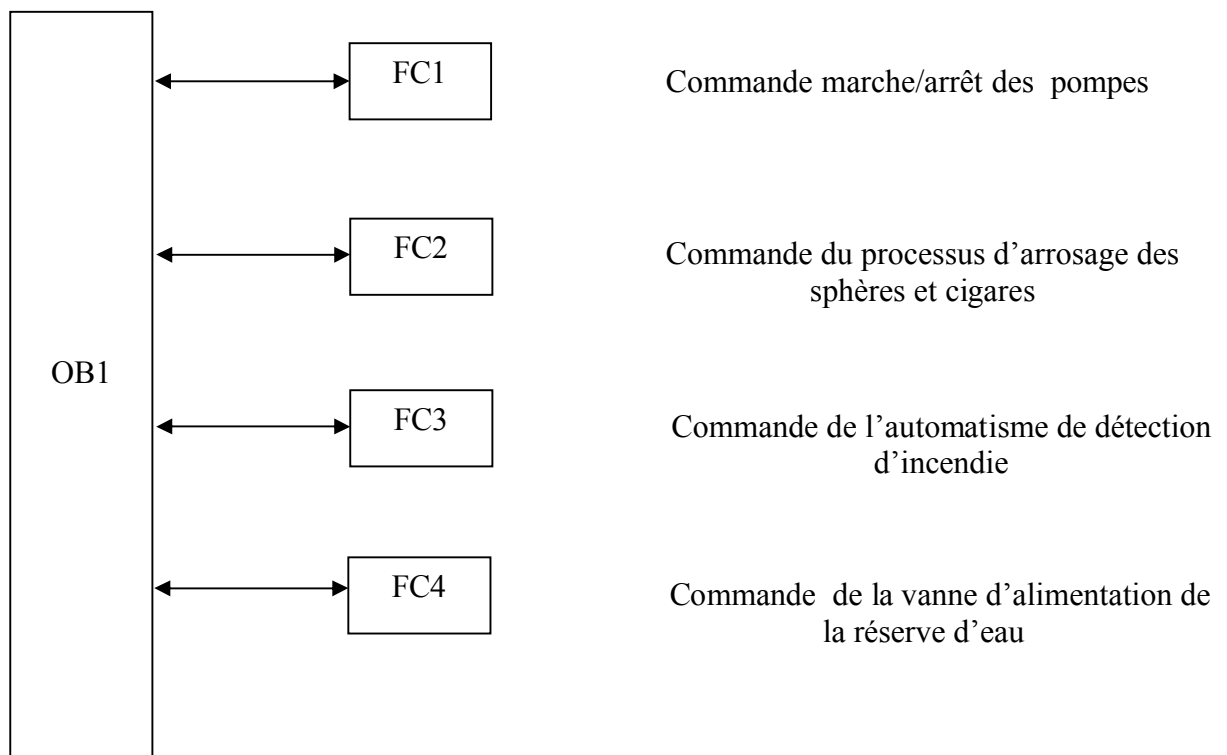
Blocs fonctionnel stockés dans le système d'exploitation du CPU et pouvant être appelés par l'utilisateur.

b- Fonctions système

Une fonction système est une fonction préprogrammée et testée, intégrée dans le CPU S7. Ces fonctions font partie du système d'exploitation. On les appelle à partir du programme pour :

- Le contrôle du programme;
- La gestion des alarmes horaires et temporisées;
- La gestion des événements d'erreurs synchrones et asynchrone.

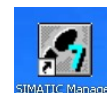
IV-5- Structure hiérarchique des blocs de programmation



IV-6- Création et simulation du projet sous STEP7

Pour créer un projet sous STEP7, on doit suivre les étapes suivantes :

1- On lance SIMATIC Manager par un double clic sur son icône.



2- On crée un nouveau projet dans la fenêtre suivante.



Figure IV-1: Fenêtre de création du projet.

3- On clic sur suivant, la fenêtre à suivre nous permet de choisir le CPU.

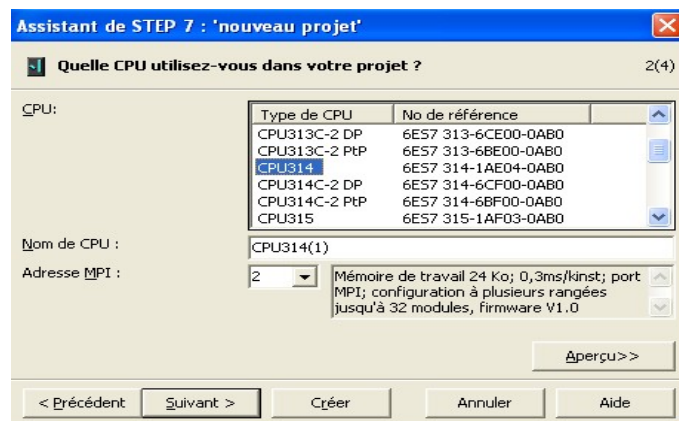


Figure IV- 2: Sélection du CPU 314

4- On clic sur suivant, la fenêtre à suivre nous permet de choisir les blocs à insérer et le mode de programmation qui est dans notre étude le mode à CONT.

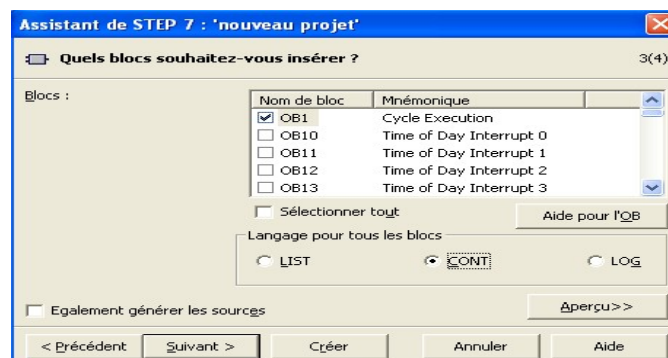


Figure IV-3 : Sélection des blocs

5- On clic une dernière fois sur suivant, la fenêtre à suivre nous permet de nommer notre Projet.

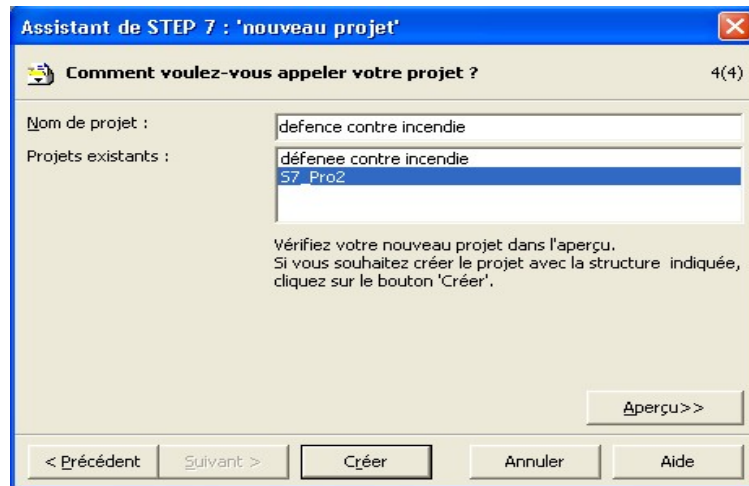


Figure IV-4: Nomination du projet

6- On clic sur créer, la fenêtre suivante apparaît

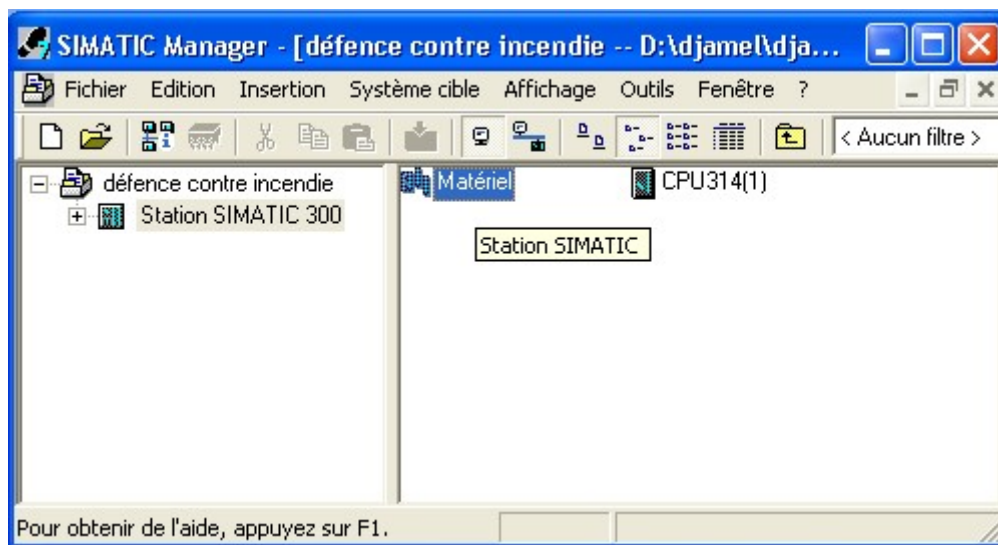


Figure IV-5: Création d'un bloc d'organisation.

7- Configuration matérielle

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

En double cliquant sur Matériel, nous lançons le logiciel de configuration du matériel.

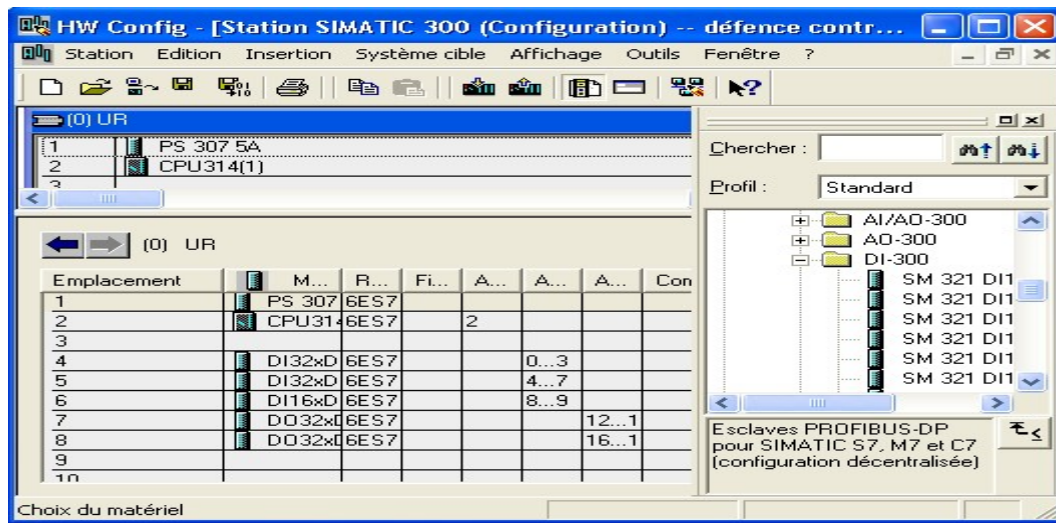


Figure IV-6 : Configuration matériel

8 - Création de la table des mnémoniques

Un mnémonique nous permet d'utiliser des désignations parlantes à la place d'adresses absolues. En combinant l'usage de mnémoniques courts et de commentaires explicites, on répond à la fois aux besoins d'une programmation concise et d'une programmation bien documentée.

En double cliquant sur mnémoniques, nous lançons l'éditeur de mnémoniques.

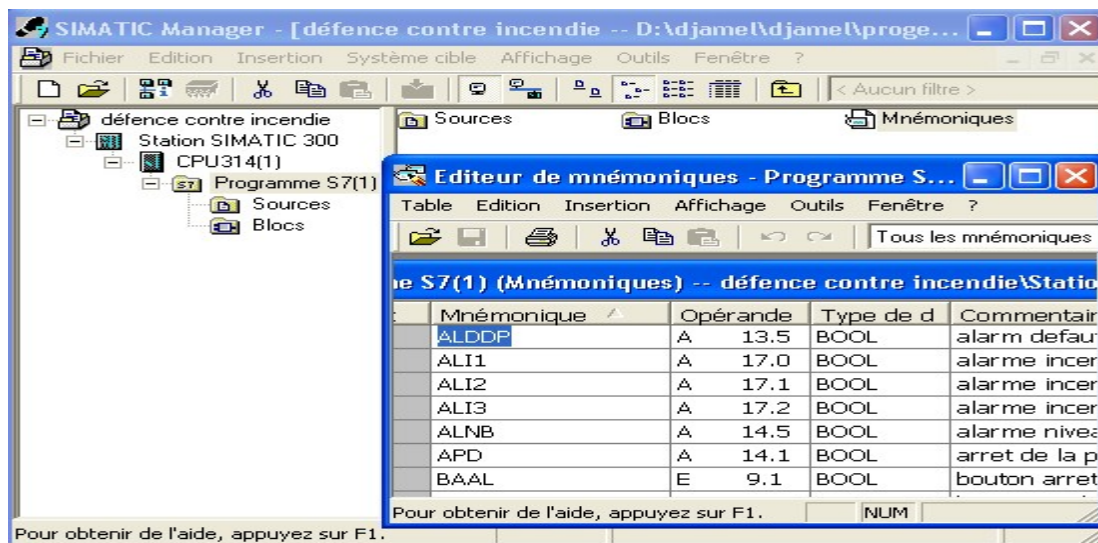


Figure IV -7 : Editeur de mnémoniques

9- Création du programme

Une fois les blocs de fonctions FC1, FC2, FC3, FC4 sont créés, on clic sur les FCi pour éditer notre programme.

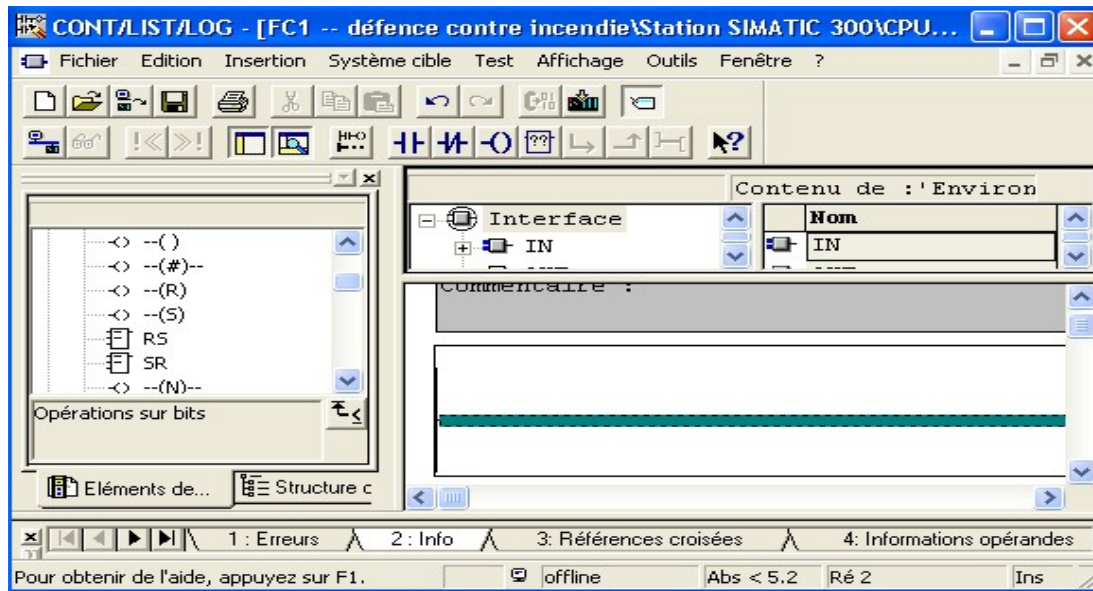


Figure IV-8 : Fenêtre de l'éditeur STEP7

Dans la fenêtre de gauche nous retrouvons l'ensemble des éléments de programme ou fonctions disponibles pour cet automate.

Dans la fenêtre de droite nous retrouvons la page de l'éditeur du programme. On y trouve :

- ✓ Un champ pour insérer le titre du bloc.
- ✓ Une zone de commentaire pour décrire la fonction du bloc.
- ✓ Un ensemble de réseaux (ou barreaux) ayant :
 - ✓ Un champ pour insérer le titre du réseau
 - ✓ Une zone de commentaire pour le réseau
 - ✓ La zone de programme du réseau.

Il nous reste maintenant qu'à éditer le programme à l'aide de la modélisation par le GRAFCET présentée dans le chapitre précédent.

Une fois tout les FC sont créés et programmés, nous allons les insérer dans le bloc d'organisation OB1 pour la phase de simulation

10- Simulation et test du programme dans l'automate

L'application du logiciel de simulation de modules SIMATIC S7-PLCSIM, permet d'exécuter et de tester la solution programmable dans un automate programmable API.

Une fois que le programme est terminé, on clic sur l'icône  pour charger le programme, cela après avoir appelé le simulateur S7-PLCSIM en cliquant sur 

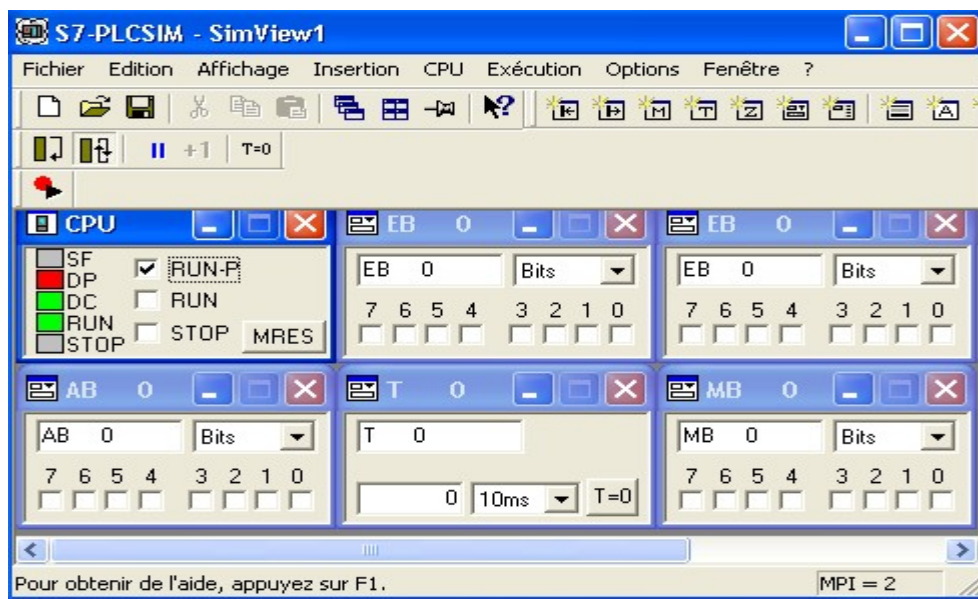


Figure IV-9 : Le simulateur S7-PLCSIM

Pour visualiser l'état des variables dans l'automate on clique sur l'icône 

La figure suivante représente un exemple de simulation de l'ouverture et fermeture de la vanne d'alimentation de la réserve d'eau commandé par les capteurs de niveau.

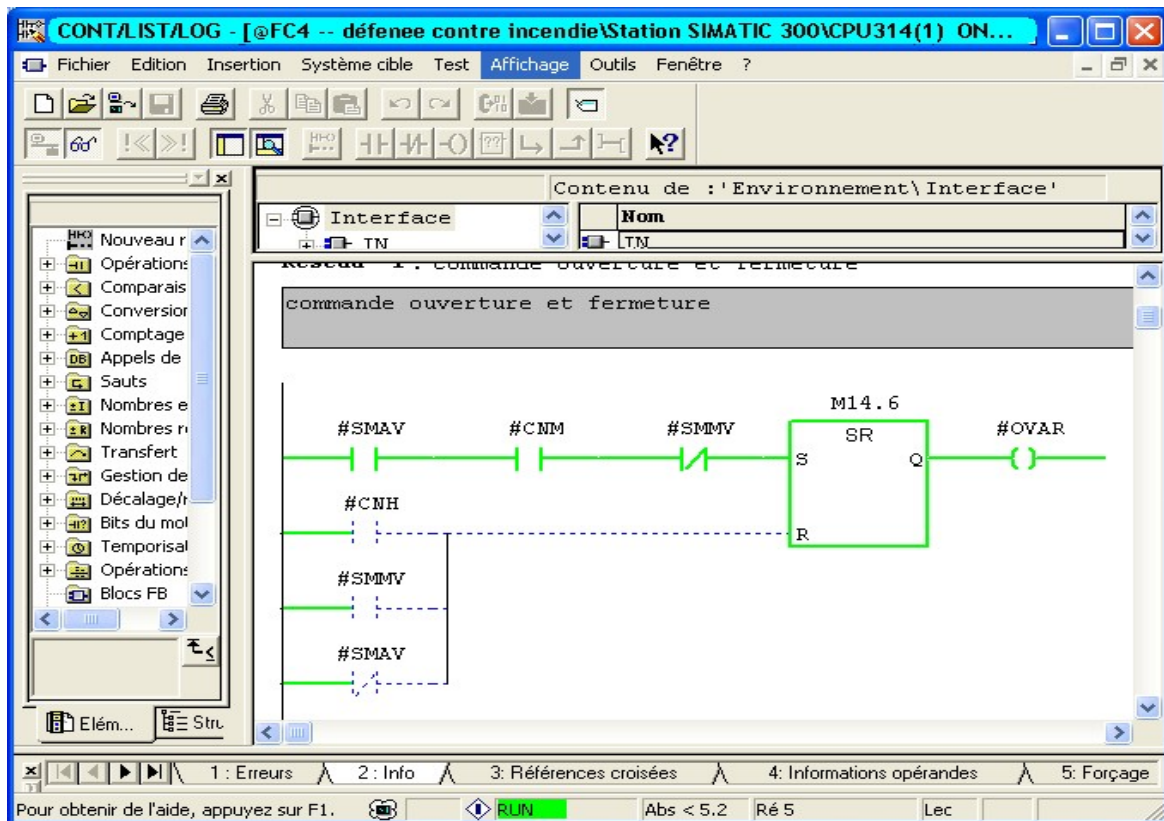


Figure IV-10: Test du programme d'ouverture/fermeture de la vanne d'alimentation de la Reserve d'eau

IV-7- Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté le langage de programmation STEP7 ainsi que les étapes à suivre pour créer, tester et simuler un programme, et on a fini par donner un exemple illustratif. Ainsi nous avons clôturé ce chapitre par la simulation de notre programme développé à fin de tester nos résultats.

Chapitre V

Développement de la solution de supervision

V- 1- Introduction

Une station SIMATIC WinCC, en plus de ses fonctions de conduite opérateur, peut être configurée en **SIMATIC Maintenance Station**, pour la gestion "intelligente" des actifs des installations automatisées. Des écrans hiérarchisés générés par WinCC et exploitant les éléments de configuration définis dans STEP 7 permettent de superviser en continu l'installation, réduire le risque de défaillance, augmenter la disponibilité de l'installation, planifier les opérations de maintenance préventive. Désormais, il est nécessaire de disposer d'une visualisation en temps réel de l'état et de l'évolution d'une installation automatisée, ceci pour que l'opérateur puisse prendre le plus rapidement possible, les décisions permettant d'atteindre les objectifs (cadences, qualité, sécurité, etc.). La supervision est une fonction d'informations, de prétraitement de ces informations, dédiée principalement à l'exploitant, mais pouvant rendre de grands services à la maintenance des installations et des équipements.

Ce chapitre sera consacré à la supervision et l'illustration d'une application de supervision implémentée sous le logiciel (superviseur) WinCC concernant les procédures de réseau de défense contre l'incendie.

V-2- Constitution d'un système de supervision

Les systèmes de supervision se composent d'un moteur central (logiciel), auquel se rattachent des données provenant des équipements (automates programmables industriels). Ce moteur central assure l'affichage, le traitement et l'archivage des données, ainsi que la communication avec d'autres périphériques.

V-2-1- Module de visualisation (affichage)

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

V-2-2- Module d'archivage

Il mémorise les données (alarme et événement) pendant une longue période, et permet l'exploitation des données pour des applications spécifiques à des fins de maintenance ou de gestion de production.

V-2-3- 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.

V-2-4- Module de communication

Il assure l'acquisition et le transfert de données, ainsi qu'il gère la communication avec les automates programmables industriels et autre périphériques.

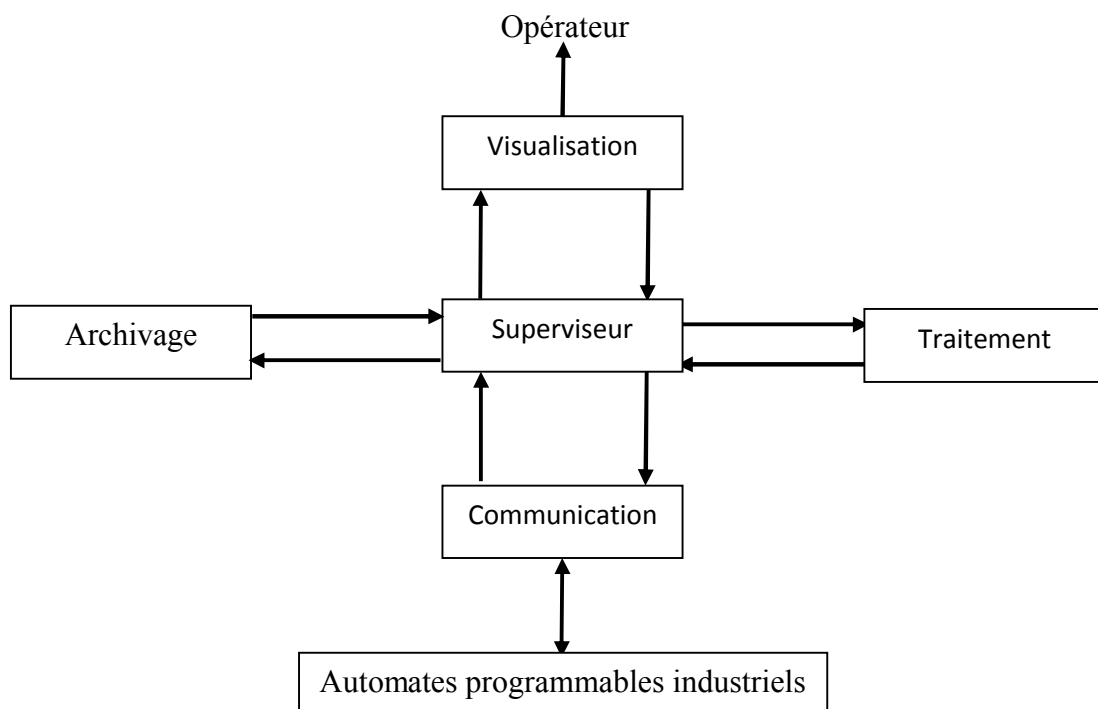


Figure V-1 : Structure d'un système de supervision.

V-3- Supervision sous WinCC

V-3-1- Description de Win CC

Win CC (Windows control center) est un logiciel de supervision développé par la firme SIEMENS, il est caractérisé par sa flexibilité, c'est-à-dire qu'il peut être utilisé par un composant hors SIEMENS.

Ce logiciel est une Interface Homme-Machine (HMI) graphique qui assure la visualisation et le diagnostic du procédé. Il permet la saisie, l'affichage et l'archivage des

données tout en facilitant les tâches de conduite et de surveillance aux exploitants. Il offre une bonne solution de supervision car il met à la disposition de l'opérateur des fonctionnalités adaptées aux exigences d'une installation industrielle.

V-3-2 Applications disponibles sous WinCC

Pour accomplir la fonction de supervision, le WinCC est doté de plusieurs applications dont les modules suivants :

- **Graphic designer**

Il offre la possibilité de créer des vues de procédé, et de les configurer en leur affectant les variables correspondantes, à cet effet, il dispose d'une bibliothèque d'objets, et permet de les créer selon le besoin. Il assure la fonction de visualisation grâce au graphics runtime.

- **Tag logging**

On y définit les archives, les valeurs du processus à archiver et les temps de cycle de saisie et d'archivage.

- **Alarm logging**

Il se charge de l'acquisition et de l'archivage des alarmes en mettant à la disposition des utilisateurs, les fonctions nécessaires à la prise des alarmes issues du procédé, à leur traitement, leur visualisation, leur acquittement et leur archivage.

- **Global script runtime**

Il dispose de deux éditeurs, l'éditeur C et l'éditeur Visuel Basic (VBS), à l'aide desquels on crée des actions et des fonctions qui ne sont pas prévues dans le WinCC.

- **Report designer**

Contient des informations avec lesquelles on peut lancer la visualisation d'une impression ou ordre d'impression. On y trouve aussi des modules de mise en page de journal qu'on peut adapter en fonction du besoin.

- **User administrator**

C'est là que s'effectue la gestion des utilisateurs et des autorisations. On y crée de nouveaux utilisateurs, on leur attribue des mots de passe et on leur affecte la liste des autorisations.

V-4- Application développée sous WinCC

Pour la création de notre projet sous WinCC, nous avons suivi les étapes suivantes :

- lancer le WinCC.
- Créer le projet.
- Sélectionner et installer l'API.
- Définir les variables dans l'éditeur stock de variables.
- Créer et éditer les vues dans l'éditeur Graphics Designer.
- Paramétrer les propriétés de Win CC runtime.
- Activer les vues dans le WinCC runtime.
- Utiliser le simulateur pour tester les vues du processus.

V -4- 1- Création d'un projet WinCC

On démarre WinCC en double cliquant sur l'icône  , la fenêtre de sélection de projet monoposte apparaît, on sélectionne le projet monoposte, puis on clique sur ok, la fenêtre WinCC explorer s'ouvre.



Figure V-2 : Choix du type de projet

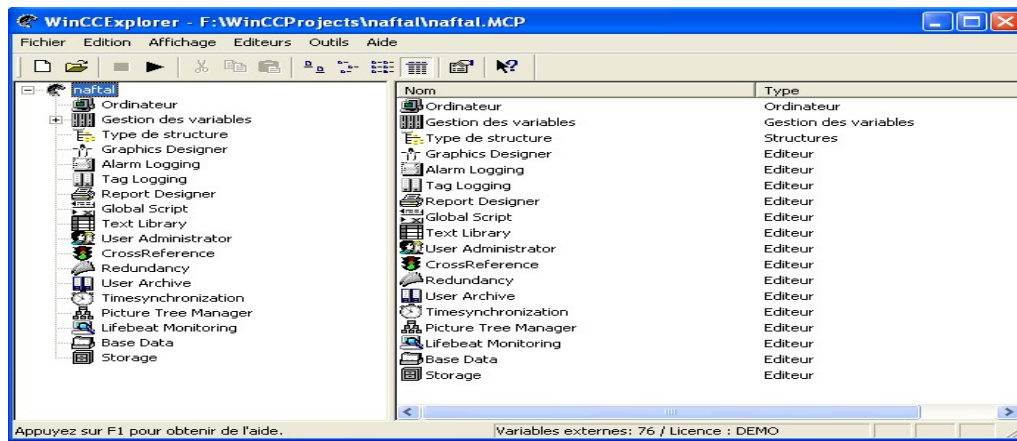


Figure V-3: Fenêtre de WinCC explorer.

V-4- 2 - Création des variables

Dans l'utilitaire de variables, Win CC permet de créer des variables internes et externes.

- Cliquer avec le bouton de la souris sur "stock de variables" puis "ajouter pilote".
- Choisir le pilote "SIMATIE Suite.chn" ce pilote offre 09 protocole de transport.
- Choisir "MPI".
- Cliquer avec le bouton droit de la souris sur "MPI" puis "ajouter liaison".

Une fenêtre de dialogue s'affiche pour effectuer un nom à la liaison. Pour ajouter un groupe de variables, cliquer avec le bouton droit sur la liaison déjà créée puis "nouveau groupe", une fenêtre de dialogue s'affiche pour afficher un nom au groupe de variables.

Une fois le groupe de variables créé, on peut maintenant créer les variables en cliquant avec le bouton droit de la souris sur le groupe de variables déjà créé puis "nouvelle variable", et on lui donne un nom.

Ensuite cliquer sur sélection pour définir l'adresse de la variable dans l'automate.

Avec la même procédure on crée les groupes de variables, et les variables correspondantes sont illustrées dans la figure suivante.

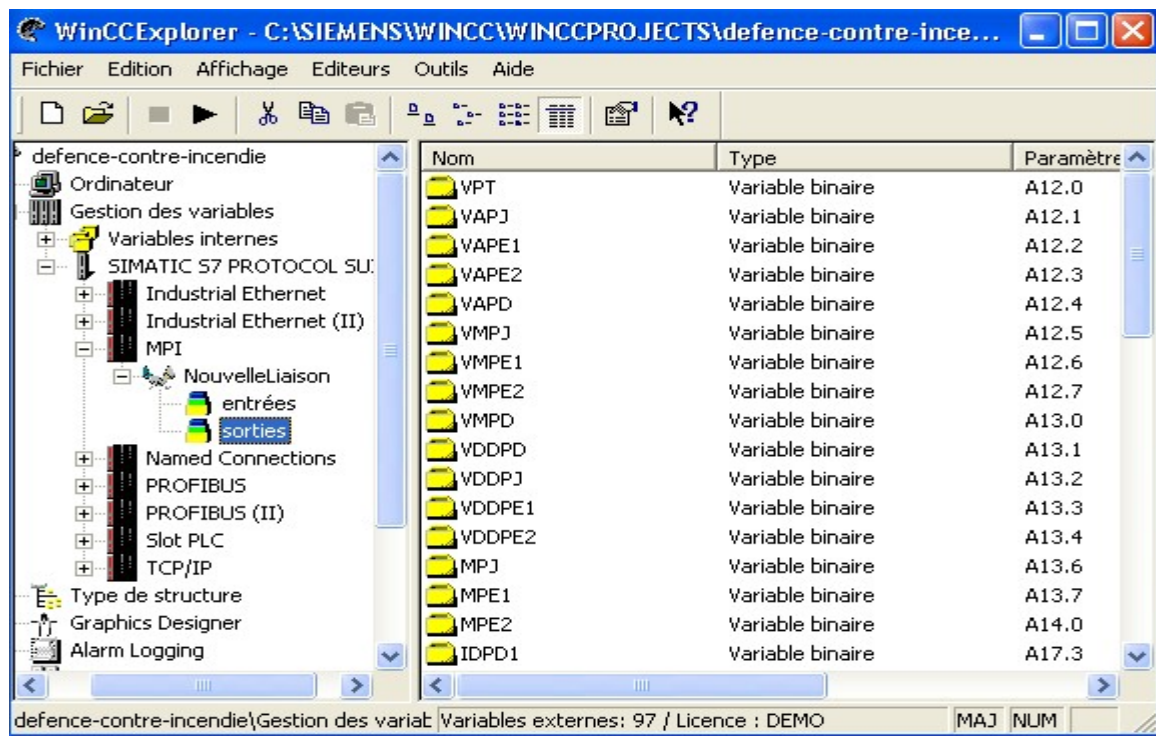


Figure V-4 : Vue générale des variables

V-4-3- Création des vues

Pour créer les vues, il faut ouvrir “Graphics Designer“, celui-ci permet d’insérer les différents types d’objets dont on a besoin, à la palette d’objet à sa bibliothèque. La fenêtre suivante représente la fenêtre de « Graphics Designer »

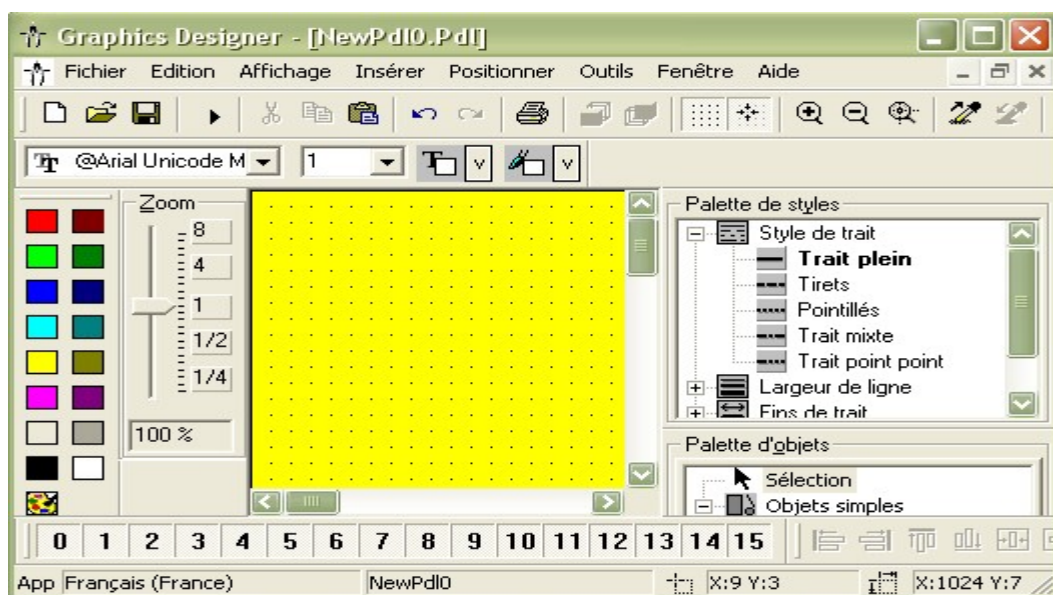


Figure V-5 : Fenêtre du Graphics designer

V-5- Particularités de WinCC

WinCC s'intègre parfaitement dans les solutions d'automatisation et de technique de l'information.

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

L'utilisation de WinCC avec des composants de la famille SIMATIC permet de réaliser une intégration particulièrement poussée. Cette intégration assure :

- La continuité de la configuration et de la programmation ;
- La continuité de l'archivage,
- La continuité de la communication.

V-6- Développement de l'application de supervision au réseau de défense contre incendie

Cette partie a été consacrée à la réalisation et à la présentation de l'application développée. Pour protéger la station contre l'incendie la solution qu'on a adoptée est de faire un découpage géographique pour permettre à l'opérateur un accès rapide à l'information.

Les différentes vues de supervision sont :

- ✓ Vue d'accueil.
- ✓ Vue pomperies incendie.
- ✓ Vue vannes d'arrosage.

V-6-1- Vue d'accueil

Elle nous permet d'accéder à la fiche de navigation en cliquant sur le bouton « ENTRER »



Figure V-6 : Vue d'accueil

La fiche de navigation contient deux parties, une partie statique représentée à gauche de la fiche, elle contient trois boutons de navigation entre les différentes vues ; et une partie dynamique où les vues sélectionnées sont représentées.

V-6-2- Vue pomperies incendie

Elle représente l'état de différentes pompes et de la vanne d'alimentation de la réserve d'eau, et on trouve :

- Des signalisations d'état des pompes à savoir : marche, arrêt, défaut démarrage et défaut thermique.
- Des signalisations d'état et de niveau de la réserve d'eau.
- L'état des alarmes à savoir : niveau bas du bassin et défaut démarrage pompe.
- Des boutons d'arrêt d'urgences.

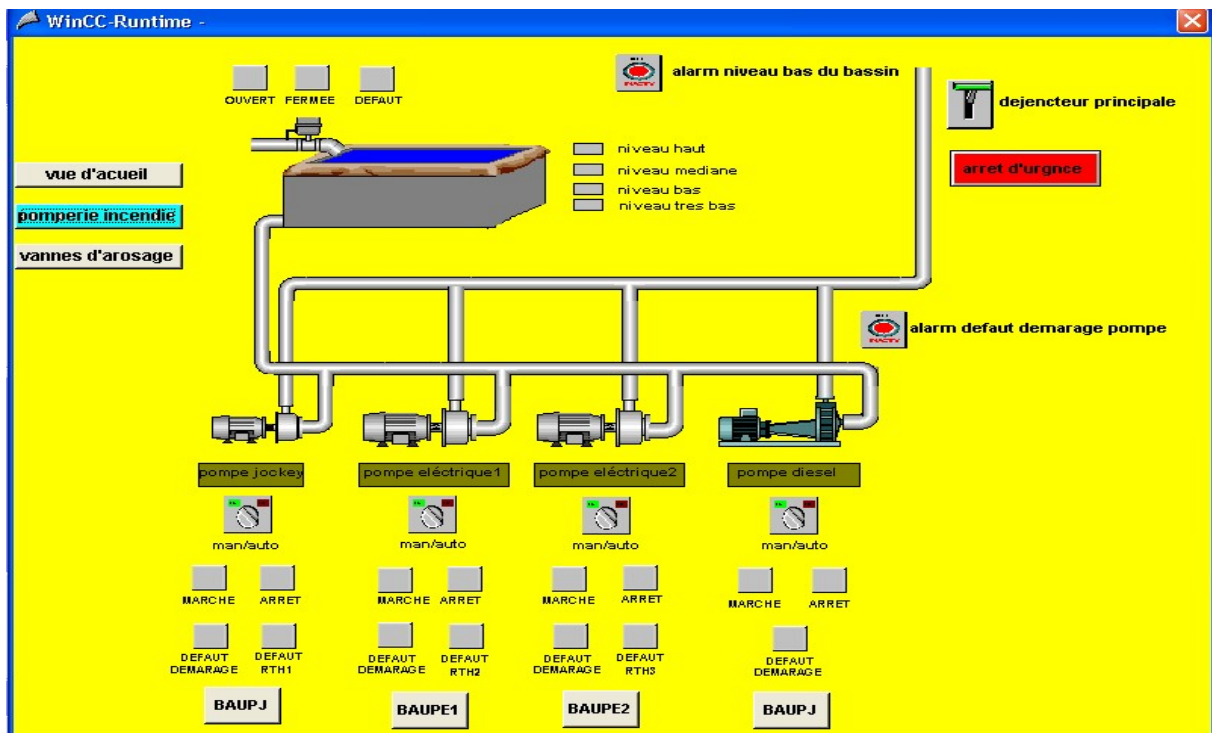


Figure V-7 : Vue pomperies incendie

V-6-3- Vue vannes d'arrosage

Elle représente :

- L'état des différentes vannes d'arrosage par des signalisations à savoir ouverture, fermeture.
- L'état des différents détecteurs de flammes et brises de glaces.
- L'état des différentes alarmes.
- Les différents boutons de fermeture des vannes.

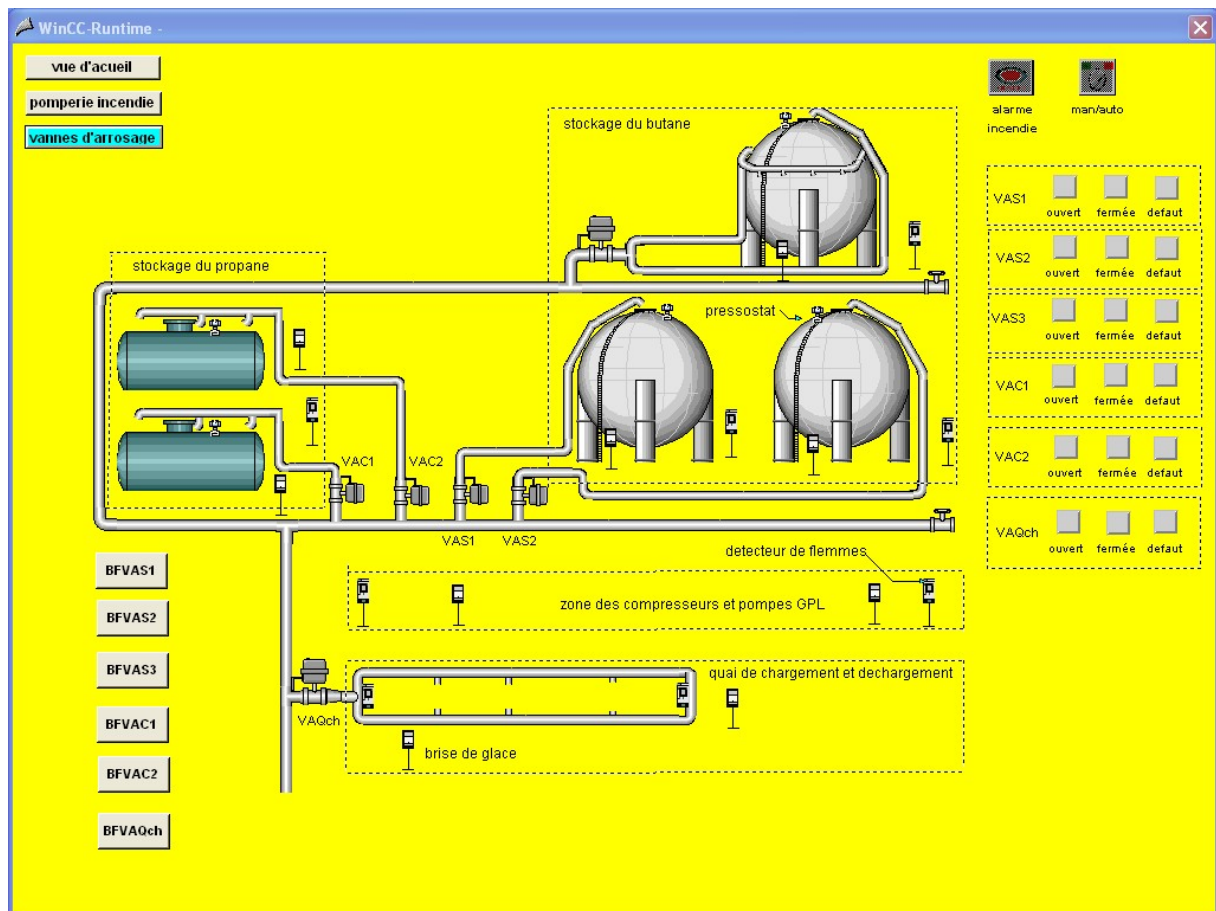


Figure V-8 : Vue vannes d'arrosage

V-7- Conclusion

Ce chapitre a été consacré à la supervision du réseau de défense contre incendie. Nous avons élaboré sous WinCC les vues qui permettent de suivre l'évaluation du procédé en temps réel, cette application sera implantée à un ordinateur de supervision connecté à l'automate déjà programmé via un réseau MPI, cet ordinateur sera installé dans la salle de contrôle.

Conclusion générale

Conclusion générale

Ce mémoire a été élaboré dans le cadre d'un stage pratique au niveau du centre enfuteur NAFTAL (OUED-AISSI), et gravite autour de la rénovation et l'automatisation du réseau de défense contre incendie.

L'application réalisée a pour but de rénover et automatisé le réseau de défense contre incendie. Pour ce faire, il est important de réadapter l'application déjà existante pour mieux comprendre le principe de fonctionnement de l'installation, alors on a choisi de travailler avec l'automate S7-300 et son langage de programmation STEP7 qui nous permet de lire directement les entrées/sorties dans la table des mnémoniques pour les utiliser comme des variables dans le logiciel de supervision Win CC.

Ce projet nous a été profitable, en effet il nous a permit de nous familiariser avec le domaine industriel, les automates en général notamment avec la technologie SIMATIC de SIEMENS automate S7-300 et ses outils de programmation STEP7 et Win CC.

Toutefois nous souhaitons que ce travail apporte un plus aux promotions qui auront à venir utiliser l'automate S7-300 de SIEMENS et son langage de programmation STEP7.

Références bibliographiques

[1] : **Jean-Yves FABERT**, «Automatismes et automatique »2005.

[2] : **René David et Hassane Alla** « Du Grafcet Aux Réseaux De Petri ».

[3] : **M. ZIDENE, H. RAHIM. Mémoire de fin d'étude** « Conception et développement d'une solution de commande et de supervision a base d'un API S7-300 pour une soudeuse de condenseurs a l'ENIEM ». Promotion, 2006-2007

[4] : **M. BOUACEM, S. BOUYA. Mémoire de fin d'étude** « Conception d'une commande programmable pour une presse à ébavurer à base d'un API SIMATIC S7-300, Promotion, 2006-2007.

[5] : **Mémoire de fin d'étude** : Mr Founsiar Hacene, Mr Frendi Zakaria « Rénovation et automatisation du système de lutte contre incendie au sein de csd naftal a base d'un automate programmable S7300, promotion 2006.

[4] : **Manuel d'utilisation et documentation** sur le logiciel STEP7 et les automates SIEMENS.

[4] : **Manuel et documentation** sur le logiciel Win CC.

[4] : **Documentation NAFTAL.**

[4] : **Sites Internet**

<http://www.philipe.berger2.free.fr/automatique/cours>

<http://www.siemens.com>