REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA- BOUMERDES
FACULTE DES HYDROCARBURES ET DE LA CHIMIE

Département Automatisation et Electrification des Procédés Industriels.

Laboratoire de recherche sur l'électrification des entreprises industrielles.

MEMOIRE DE MAGISTERE

Présenté par :

Mr ABERKANE Amine

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME

MAGISTERE EN GENIE ELECTRIQUE ET ELECTROTECHNIQUE

Option : infotronique

THEME

Centralisation des plateformes de supervision des chaines de productions automatisées

Soutenu devant le jury :

Dr NADJI Becharia	**Maitre de conférences A (UMBB)**	**Président**
Dr HABI Idir	**Maitre de Conférences A (UMBB)**	**Rapporteur**
Dr ACHELIE DALILA	**Maitre de Conférences A (UMBB)**	**Examinateur**
Dr KIDOUCHE Madjid	**Maitre de Conférences A(UMBB)**	**Examinateur**
Dr KARA Redouane	**Maitre de Conférences A (UMMTO)**	**Examinateur**

Boumerdes 2011

Résumé

La complexité des systèmes de production industriels, modernes, induit un nombre important de variables, émanant des divers équipements. Il conviendra, alors de les regrouper afin de mieux les gérer par un système de supervision.
A cette fin, nos travaux de recherche ont abouti à la création d'une plateforme de supervision SCADA pour l'entreprise de fritte, engobes et émaux de Khemis Khechna. Le développement de la plateforme de supervision SCADA prend en charge tous les ateliers reliés par un réseau local PROFIBUS DP configuré en « maitre - esclave intelligent », dans ce cadre, nous avons :
Créé des programmes d'automatisation prenant en charge le réseau PROFIBUS DP pour l'ensemble des ateliers avec le logiciel STEP7 en repérant les variables les plus pertinentes.
Réalisé à l'aide du logiciel, WIN CC, des vues graphiques des installations permettant la visualisation dynamique des entrées/sorties et le paramétrage des installations.
Enfin, nous avons configuré des alarmes pour attirer l'attention sur un éventuel comportement anormal des installations, et faciliter, ainsi, la mission de surveillance et de supervision.

Abstract

The complexity of the modern industrial production systems induces a large number of variables from the various equipment. To better manage these variables it is appropriate to group them through a system of supervision.
To this end, our research led to the creation of a SCADA platform for the company frit, glazes and enamels of Khemis Khechna.
The development of the SCADA platform supports all workshops connected by a PROFIBUS DP LAN configured "master - slave smart"in this context, we have:
• design automation programs that support the PROFIBUS DP network for all the workshops with the STEP7 software and identify the most relevant variables.
• using the software WIN CC, realize graphical views of the equipment for dynamic visualization of the input/output and the configuration of these equipment.
• Finally, we set up alarms to draw attention to a possible abnormal behavior of the installations, and facilitate, as well, the mission of monitoring and supervision.

ملخّص

تعقيد نظم الإنتاج الصناعي الحديث، يؤدي إلى عدد كبير من المتغيرات الناتجة من مختلف التجهيزات. من المناسب، إذا تحصيلهم من أجل إدارة أفضل من خلال نظام المراقبة.

لهذه الغاية، أدت أبحاثنا إلى إنشاء منصة للمراقبة SCADA لشركة الصقيل فريت والمينا خميس الخشنة. تطور منصة المراقبة SCADA يدعم جميع الورشات المتصلة بشبكة محلية PROFIBUS DP «سيد– عبد ذكي»، لهذا السياق قمنا بـ:

خلق برامج التشغيل الآلي التي تدعم شبكة PROFIBUS DP لجميع الورشات ببرنامج STEP 7 مع تحديد المتغيرات الأكثر أهمية.

تحقيق بواسطة البرنامج، WIN CC ، عروض بيانية للتجهيزات اللازمة التي تسمح مراقبة ديناميكية للمداخل/ مخارج وضبط المعدات.

أخيرا، أنشأنا إنذارات التنبيه في حالة حدوث سلوك غير طبيعي ممكن للمعدات من أجل مهمة المراقبة والإشراف.

INTODUCTION GENERALE

CHAPITRE I : Automatisation, supervision et système SCADA : définitions et notations

Introduction ……..03

I. Système automatisé de production……04

1. Objectif de l'automatisation de la production……...04

2. Structure des systèmes automatisés……..05

3. Elément de la partie opérative……...06

4. Les architectures fonctionnelles des systèmes automatisés de production (SAP) ……07

4.1. Modèle NBS (networked basics systems)……..07

4.2. Modèle dans les processus continus……..08

4.3. Modèle 3 axes……09

5. Les systèmes automatisés de production à intelligence distribuée……12

5.1. La commande hiérarchisée……12

5.2. La commande distribuée……....14

5.3 Architecture des SAPID……16

II. Supervision des procèdes……18

III. Vue générale des systèmes SCADA……..21

1. Architecture des systèmes SCADA……..22

1.1 Première génération: «monolithique»……22

1.2 Deuxième génération: «distribué»……..23

1.3 Troisième génération: «en réseau»……..24

Conclusion……....25

CHAPITRE II : les réseaux industriels

Introduction……...26

I. Définition d'un réseau industriel……...27

II. Différence entre un réseau informatique et réseau industriel…….....27

III. Pyramid CIM (C.I.M.: Computer Integrated Manufacturing)……..28

IV. Les types de réseaux locaux industriels …….29

V. Technologies des réseaux…….29

1. Topologie des réseaux……...29

2. Protocol de communication……..32

VI. Les réseaux industriels et le model OSI.…….32

VII. Rôle des réseaux industriels …….35

VII. Avantage et inconvénient des réseaux industriels…….35

X. Le réseau Profibus……36

1. Définition……..36

2. Architecture……...37

3. Variante du réseau Profibus……..39

4. Profibus dans le système OSI……39

5. Principe d'accès au bus…….41

Conclusion ……...43

CHAPITRE III : description et modélisation de l'usine de fritte engobes et émaux

Introduction ……..44

I .Généralité sur l'unité de production……..45

II. Quelque définition ……...45

1. Engobe……...45
2. Emaux…….45
3. Fritte……46

III. Description des éléments de la station……..….46

1. Atelier cuisson……...46

a\ Station dosage……..46

b\ Four……..48

c\ Station de traitement de l'eau ……..49

2. Atelier d'engobe……..…50

3. Atelier de broyage……50

VI . Description du fonctionnement de l'usine…….51

V. Instrumentation ……...53

a. Les capteurs…….53
b. Les actionneurs……55

VI. Modélisation de l'usine par GRAFCET……57

1. Définition du GRAFCET…….57

2. Eléments de base d'un grafcet……..57

3. Règles d'évolutions du grafcet ……58
4. Structure de base……...59

5. Niveau de grafcet……..59

6. Les abréviations utilisées le modèle du dosage et de l'engobe ……61

a/ Les actions ……61

b/Les réceptivités ……62

7. Etude du modèle de la station de dosage……..64

Conclusion ……...64

CHAPITRE IV : développement des programmes d'automatisation et de la plateforme de supervision

Introduction ……..65

I. Concrétisation des modèles de conduites……..65

1. Critère de choix de l'automate programmable industriel…….….65

2. configuration de la communication…….……..67

3. programmation des automates programmable……..67

4. configuration matérielle…….. …….……..….67

5. configuration de la périphérie décentralisée…….69

6. Structure de notre programme ……..72

6. Table des mnémoniques …….……..81

7. Validation du programme de conduite …….……82

8. Exemple de simulation de notre programme ……...83

II. programmation de la plateforme de supervision……..85

1. Constitution de notre système de supervision…….…….....85

2. logiciel de supervision utilisé……87

3 .Application disponible du logiciel de supervision…...…….....89

4. Communication avec la plateforme de supervision.…….90

4.1 Communication avec les automates programmables ……..…...90

4.2 Unités de canal, liaisons logiques, variables de process ……90

5. Déroulement de la communication au runtime ……..……...91

6. Schéma de fonctionnement de note application..…….…….92

7. méthodologie de programmation……..……93

8. réalisation des vues de la ……..95

9. les alarmes…….……99

Conclusion …….....101

CONCLUSION GENERALE

Liste des figures

Figure I.1 : Structure d'un SAP……..05

Figure I.2 : Entrées et sorties de a) la PO et b) la PC……..06

Figure I. 3: Modèle NBS……..08

Figure I.4 : Architecture dans les processus continus……09

Figure I. 5 : Modèle 3 axes……10

Figure I.6 : Structure d'un module……..12

Figure I. 7: centralisation de la décision……..14

Figure I. 8.a: la décentralisation de l'intelligence…….15

Figure I. 8.b: la décentralisation de l'intelligence…….16

Figure I. 9: architecture d'un SAP à intelligence distribuée…….17

Figure I.10 : Schéma générale de la supervision…….19

Figure I.11 : architecture SCADA de première génération……..22

Figure I.12 : architecture SCADA de deuxième génération…….23

Figure I.13 : architecture SCADA de troisième génération……..24

Figure II.1 : Pyramide CIM…….28

Figure II.2: Le découpage en couches OSI de l'ISO……33

Figure II.3: Les réseaux de terrain……34

Figure II. 4: le réseau profibus……..37

Figure II.5 : classification des réseaux Profibus……...38

Figure II.6 : structure OSI des trois variantes du Profibus……40

Figure II.7 : principe hybride de gestion du bus……...42

Figure III.1 : Schéma synoptique représentant les éléments principaux de la station de dosage… ..47

Figure III.2 : vis sans fin……...47

Figure III.3 : Capteur inductif. Mesure de pression par variation d'inductance ……..54

Figure III.4 : Eléments de base d'un GRAFCET…….58

Figure III.5 : Séquence unique ……60

Figure III.6 : Saut d'étape…….60

Figure III.7 : Reprise d'étape……60

Figure III.8 : Séquences exclusives……...60

Figure III.9 : Séquences simultanées……....60

Figure VI.1. : Présentation des modules du S7-300……66

Figure VI. 2: configuration matérielle de la station dosage……70

Figure VI.3 : configuration « maitre esclave DP simple »…….71

Figure VI.4 : Configuration « maitre-esclave DP intelligent »……..71

Figure IV.5\a : Configuration réseau dans NET PRO……..72

Figure VI.5\b: configuration réseau dans HW CONFIG……..72

Figure IV.6\a : Arborescence du programme du dosage……..74

Figure IV.6\b : Arborescence du programme du four……...76

Figure IV.6\c : Arborescence du programme des engobes et émaux……78

Figure VI.6: exemple de programmation bloc FC2……77

Figure VI.7 : exemple de programmation Le bloc FB1……..80

Figure VI.8: table des mnémoniques……....81

Figure VI.9 : Fenêtre du S7-PLSIM……..82

Figure VI.10 : Exemple de simulation le bloc FC3……..83

Figure VI.11 : Simulation du bloc FC1…….84

Figure VI.12 : Simulation du bloc FC1 appelé dans OB1……84

Figure VI.13 : Déroulement de la supervision……..87

Figure VI.15 : Communication de WinCC avec les API…….....90

Figure VI.16: Déroulement de la communication de WinCC avec l'API au runtime…….91

Figure VI.17 : Schéma de fonctionnement de notre application…… ……..92

Figure IV.18 : création de projet…….93

Figure IV.19 : configuration des paramètres……..94

Figure IV.20 : vue d'accueil……...95

Figure IV.21 : écran de contrôle…….96

Figure IV.22 : Station de dosage……97

Figure IV.23 : Gestion des fours……97

Figure VI.24 : Le four 1……..98

Figure IV.25 : Le distributeur…….98

Figure IV.26 : Station d'engobe…….99

Liste des tableaux

Tableau III.1 : Actions et leurs significations……...62

Tableau III.2 : Réceptivités et leurs significations……..63

Introduction générale

Introduction générale

Les entreprises de nombreux secteurs d'activité (automobile, sidérurgie, chimie pétrochimie, …) sont de plus en plus soumises à la concurrence du marché. Pour assurer leur avenir, les entreprises doivent désormais faire face à différents enjeux socio-économiques, les contraignant à sans cesse développer leurs systèmes de production en vue d'atteindre des objectifs de plus en plus exigeants. Au plan économique, les coûts de production, le rendement ainsi que le respect des délais sont des facteurs influents sur la compétitivité des entreprises. Au plan technique, les principales contraintes portent sur la diversification, la flexibilité, la complexité et la qualité des produits. Des développements au niveau des technologies de l'informatique et de l'automatisation deviennent indispensables.

Des nos jours, l'implémentation des systèmes automatisés suppose donc la mise en place d'outils pour la supervision. La maîtrise d'un processus est indissociable de sa supervision pour aider les entreprises dans leur recherche permanente d'une meilleure productivité et qualité à moindre coût. Cette supervision permet, aussi, aux entreprises de garantir et préserver la sûreté de fonctionnement des équipements, de leur personnel (opérateurs), mais aussi de protéger l'environnement.

Cependant, les systèmes de supervision en place, sont de nature monolithique, à savoir que cette architecture ne permet pas la mise en réseau des différents ateliers de l'usine et, qu'ainsi le système SCADA reste autonome sans aucune redondance. Or, la tendance actuelle est, justement, à la mise en œuvre d'une architecture réseau car plus adaptée aux installations modernes constituées de plusieurs ateliers nécessitant la transmission de données.

Le groupe « Faïencerie Algérienne » a acquis une unité de production d'engobe et d'émaux, complètement automatisé, avec un système de supervision monolithique, qui ne répond pas aux attentes du groupe en matière de gestion de la production et de la stratégie appliqué à la maintenance.

Dans ce contexte, et dans le but d'améliorer la productivité, la gestion des installations et des stocks, la prévision des risques liés au fonctionnement et parvenir à une indépendance technologique ; le groupe « Faïencerie Algérienne » projette d'implanter une solution de supervision capable de lui fournir toutes les informations souhaitées, par la centralisation des installations.

Notre travail consiste, donc, à développer une solution SCADA (supervision commande et acquisition de données) qui regroupe la supervision et la commande de l'ensemble des installations grâce à un réseau local, l'acquisition de données pour une saine gestion des stocks ainsi que l'archivage des alarmes et des défaillances éventuelles en vue de leur prévision.

Automatisation, supervision et système SCADA : définitions et notations

Introduction

Les systèmes industriels sont devenus de plus en plus complexes, pas seulement à cause de la complexité physique des installations et des différentes procédures pour la fabrication des produits de qualité, mais aussi de par la croissante quantité d'information qu'il est nécessaire de gérer pour en garantir le fonctionnement correct. La commande automatisée de ces systèmes a été enrichie progressivement grâce aux avances technologiques dans tous les domaines : les capteurs, les régulateurs, les réseaux à haute vitesse, etc. De plus, il est possible d'établir des liaisons de communication plus rapides, de récupérer et stocker chaque fois davantage d'information. Et même si les consoles des salles de contrôle sont plus performantes et plus versatiles, la quantité d'information affichée peut devenir ingérable.

Malgré le progrès et les avances technologiques dans la commande distribuée, les systèmes prédictifs et l'automatisation des procédés complexes, la supervision de processus reste une tâche très importante e t qui est encore en grande partie une activité manuelle, exécutée par les opérateurs, notamment lorsqu'il s'agit de répondre aux événements anormaux. Cette activité, peut selon la nature et la criticité des anomalies ou dysfonctionnements, avoir un impact économique, environnemental et de sécurité plus ou moins significatif, non seulement au niveau des équipements mais aussi des opérateurs. D'autant plus que le fait de gérer une grande quantité d'information et d'avoir besoin d'agir vite peut mener les opérateurs à prendre des décisions incorrectes, dégradant encore plus la situation.

De ce fait, les systèmes de supervision qui intègrent les outils de surveillance, de détection et de diagnostic sont nécessaires afin de fournir à l'opérateur des critères suffisants pour la prise des décisions.

I. Système automatisé de production

L'automatisation industrielle a connu, au cours de ces dernières décennies, une évolution importante consécutive à l'accroissement des exigences de qualité, de flexibilité et de disponibilité dans les procédés industriels [PER 04]. L'automatisation de ces derniers concerne tous les aspects de l'activité industrielle : production, assemblage, montage, contrôle, conditionnement, manutention, stockage, ... Son objectif est de réaliser, de manière automatique, des fonctions particulières répondant à des besoins spécifiques. Un Système Automatisé de Production (SAP) doit donc traiter une matière d'œuvre pour lui apporter une valeur ajoutée de façon reproductible et rentable.

1. Objectif de l'automatisation de la production

Les productions industrielles sont de plus en plus automatisées [DEV 00]. Cette progression du degré de l'automatisation concerne l'automatisation d'opérations autre fois manuelles comme les assemblages ou les contrôles, mais aussi l'automatisation plus poussée d'opérations déjà partiellement automatisées. Ceci se trouve, par exemple, dans le passage en automatique de machines semi-automatiques ou le remplacement de machines rigides (ne fabriquant qu'un seul type de produit) par des machines flexibles susceptibles d'opérer sur plusieurs variantes de produits.

Les objectifs poursuivis par une automatisation peuvent être assez variés [PER 04] :

- Recherche de diminution du coût pour le produit, par réduction des frais de main-d'œuvre, d'économie de matière, d'économie d'énergie, ...,

- Suppression des travaux dangereux ou pénibles, et amélioration des conditions de travail par l'ennoblissement des tâches, ...,

- Recherche d'une meilleure qualité du produit, en limitant le facteur humain, et en multipliant les contrôles automatisés, ...,

- Réalisation d'opérations impossibles à contrôler manuellement ou intellectuellement, par exemple des assemblages miniatures, des opérations très rapides, des coordinations complexes, ...

2. Structure des systèmes automatisés

Le SAP se décompose en deux parties (Figure I.1) : la Partie Opérative (PO) dont les actionneurs agissent sur le processus automatisé, et la Partie Commande (PC) qui coordonne les actions de la PO [PER 04].

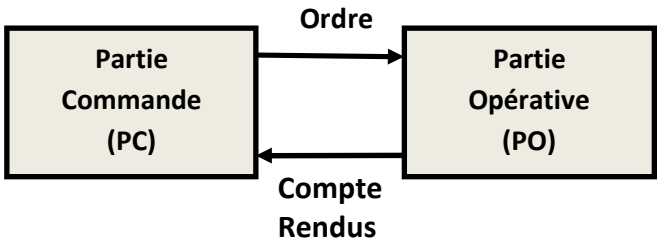
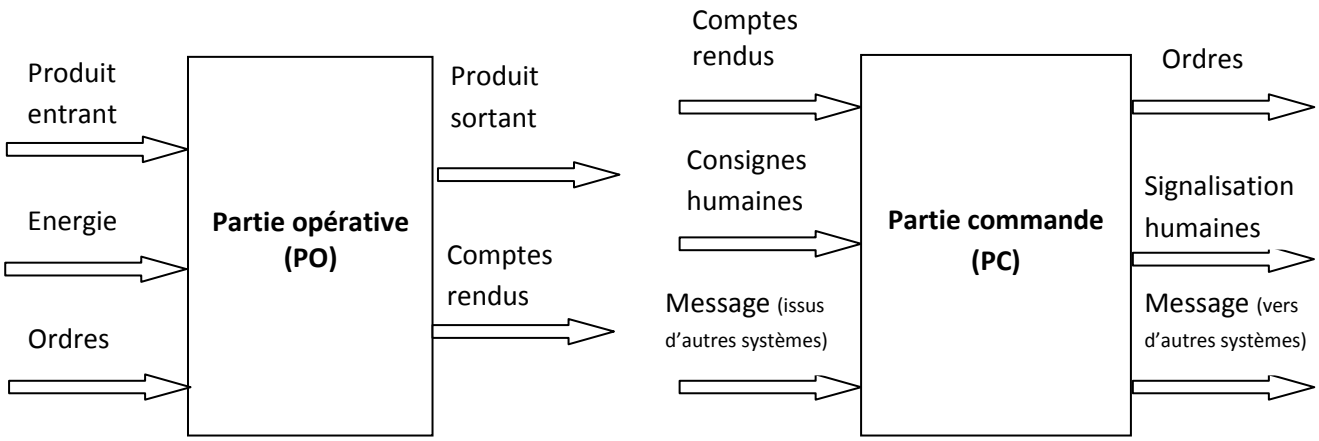


Figure I.1 : *Structure d'un SAP.*

La partie opérative assure les transformations des produits entrants permettant d'élaborer la valeur ajoutée recherchée. C'est, en général, un ensemble mécanisé. Les principales technologies des chaînes d'action utilisent les énergies générées par de l'électricité, de l'air comprimé (pneumatique) et des fluides hydrauliques. Au plan informationnel, elle émet vers la PC des comptes-rendus caractéristiques des modifications opérées sur les produits. Elle reçoit des ordres qui sont des informations à caractère énergétique déclenchant, arrêtant ou modulant les transformations énergétiques nécessaires aux actions sur les matières d'œuvre (Figure I.2a).

La PC reproduit le savoir-faire des concepteurs pour obtenir la suite des actions à effectuer sur les produits afin d'assurer la valeur ajoutée désirée. Elle commande la PO pour obtenir les effets voulus, par l'émission d'ordres en fonction d'informations disponibles, comptes-rendus, consignes et modèle de fonctionnement. Elle peut échanger des informations avec des humains ou d'autres systèmes (Figure I.2b). La PC est construite à partir de constituants électroniques et électriques et s'appuie essentiellement sur des technologies programmées (automates programmables, microcontrôleurs). Les traitements sont réalisés au plus près des actions à réaliser sur les produits. [PER 04]



a) Entrées et sorties de la PO b) Entrées et sorties de la PC

Figure I.2 : *Entrées et sorties de a) la PO et b) la PC*

3. Elément de la partie opérative

La Partie Opérative (PO) est une reproduction physique d'un procédé industriel. Elle est soumise aux instructions envoyées de la commande par les Opérateurs Humains de Supervision (OHS) afin d'agir sur les actionneurs et pré actionneurs du procédé. En contre partie, la PO renvoie les informations du procédé aux OHS via des capteurs.

Trois technologies d'actionneurs se complètent pour répondre aux besoins des machines :

- les actionneurs électriques : moteurs, électrovannes, résistances de chauffage, électroaimants, ... Les prés actionneurs associés à ces actionneurs électriques sont principalement les contacteurs, les variateurs de vitesse entourés des sécurités nécessaires, ….

- les actionneurs pneumatiques : vérins pneumatiques pour les mouvements de transfert, serrages, marquages, maintiens, assemblages, ... Les distributeurs sont les pré actionneurs qui leur sont associés. Ils reçoivent un signal pneumatique électrique voire mécanique.

- les actionneurs hydrauliques : vérins ou moteurs. Ils ne sont utilisés que lorsque les actionneurs précédents ne peuvent donner satisfaction, lorsque les efforts à développer sont très importants ou lorsque des vitesses lentes doivent être contrôlées avec précision.

Les capteurs fournissent les informations en retour nécessaires pour la conduite du procédé en captant les déplacements des actionneurs ou le résultat de leurs actions sur le procédé. Ils peuvent détecter des positions, des pressions, des températures, des débits, des codes, des contraintes, des vitesses, ...

4. Les architectures fonctionnelles des Systèmes Automatisés de Production (SAP)

Face à la complexité croissante des applications, au nombre de machines utilisées, à la taille des programmes mis en œuvre, il devient important de maîtriser l'ensemble du système de production à différents stades de son développement et de son exploitation afin de pouvoir en vérifier le comportement. De plus, il est reconnu qu'il est nécessaire d'aborder la conception et la réalisation d'un système dans le cadre d'une méthodologie. C'est ainsi que l'on est amené à modéliser les architectures des systèmes automatisés de production. L'établissement de modèles permettra une définition des services offerts grâce à une structuration des fonctions.

Nous présentons, dans les paragraphes suivants, différents modèles structurés hiérarchiquement. Leur vocation est de décrire le système dans sa totalité ainsi que les aspects détaillés de ses constituants. [PHI 06]

1. Modèle NBS (networked basics systems)

Il ne suffit pas d'identifier les fonctions du SAP, il faut également faire le bilan des données échangées et définir leur rôle. Les interactions ou "liaisons" entre les fonctions du SAP sont différentes et peuvent être regroupées en trois grandes catégories :

• les liaisons verticales de service. Elles sont hiérarchiques et bidirectionnelles. Elles fonctionnent à l'aide de messages de requêtes et de comptes rendus,

• les liaisons horizontales. Elles permettent le partage de données entre entités de même niveau ou avec des services extérieurs,

• les liaisons verticales ou horizontales. Elles supportent les signaux de déclenchement et de synchronisation.

La liaison de service constitue le support de la structuration hiérarchisée. La hiérarchisation en trois niveaux (terrain, cellule, usine) de l'approche CIM (Computer Integreted Manufacturing) ou en cinq niveaux du modèle NBS.

La figure I. 3 met en évidence les cinq niveaux d'abstraction du modèle NBS : équipement, machine, cellule, atelier, général. Le modèle indique que l'on peut avoir un point de vue différent à chaque niveau. Le premier niveau appelé équipement représente les éléments constitutifs des machines de production. Une machine est composée de plusieurs équipements.

Le niveau machine doit permettre de faire abstraction des équipements qui le composent. Le niveau cellule doit permettre la même chose au niveau supérieur appelé atelier et ainsi de suite.

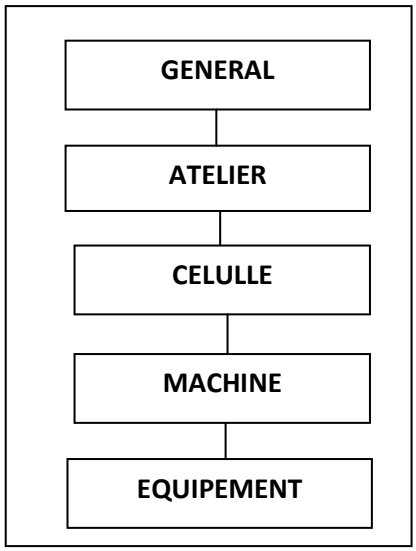


Figure I. 3: *Modèle NBS*

2. Modèle dans les processus continus

Le développement de la technologie numérique a conduit au remplacement des régulateurs analogiques et des armoires à relais par des régulateurs numériques et des automates programmables. Des besoins de coordination entre ces équipements se sont fait sentir rapidement. Les premiers réseaux sont alors apparus pour gérer les interconnexions avec des dispositifs de supervision ou de conduite. Enfin, un dernier niveau a été ajouté pour traiter les problèmes d'optimisation et de gestion. S'appuyant sur une démarche liée

à l'évolution des techniques informatiques, le modèle hiérarchique représenté à la figure I.4 ne facilite pas l'introduction de nouvelles fonctions.

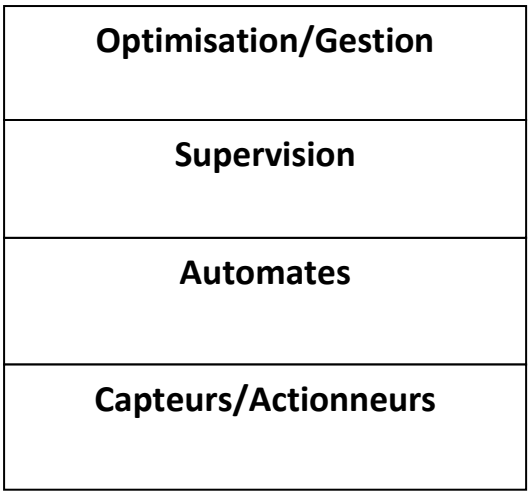


Figure I.4 : *Architecture dans les processus continus.*

II.3 Modèle 3 axes

Les modèles précédents, de type CIM, sont essentiellement basés sur une approche très hiérarchisée. Cependant, les besoins des utilisateurs conduisent à la définition de modèles intégrant une dimension hiérarchique verticale, une dimension topologique horizontale du processus physique et une dimension fonctionnelle transversale. Le modèle décrit dans [DEL90] explicite une structuration basée sur quatre grandes catégories de fonctions listées ci-dessous. Cette liste non limitative est très représentative des besoins d'exploitation et correspond surtout à des finalités bien définies du système d'informations d'un SAP.

• **La conduite** est la fonction destinée à contrôler le comportement futur et immédiat du processus de production selon un procédé donné pour atteindre les objectifs de production exprimés en termes de qualité et de productivité.

• **Le suivi** est la fonction destinée à recueillir et à synthétiser les informations relatives à l'état et au comportement présent et passé du procédé ainsi qu'à l'état et la position des produits.

• **La maintenance** est la fonction destinée à assurer la disponibilité du processus de production.

• **La sécurité** est la fonction destinée à assurer la non-occurrence de défaillances qui pourraient mettre en danger les installations du système automatisé de production, les produits, le personnel d'exploitation ou l'environnement.

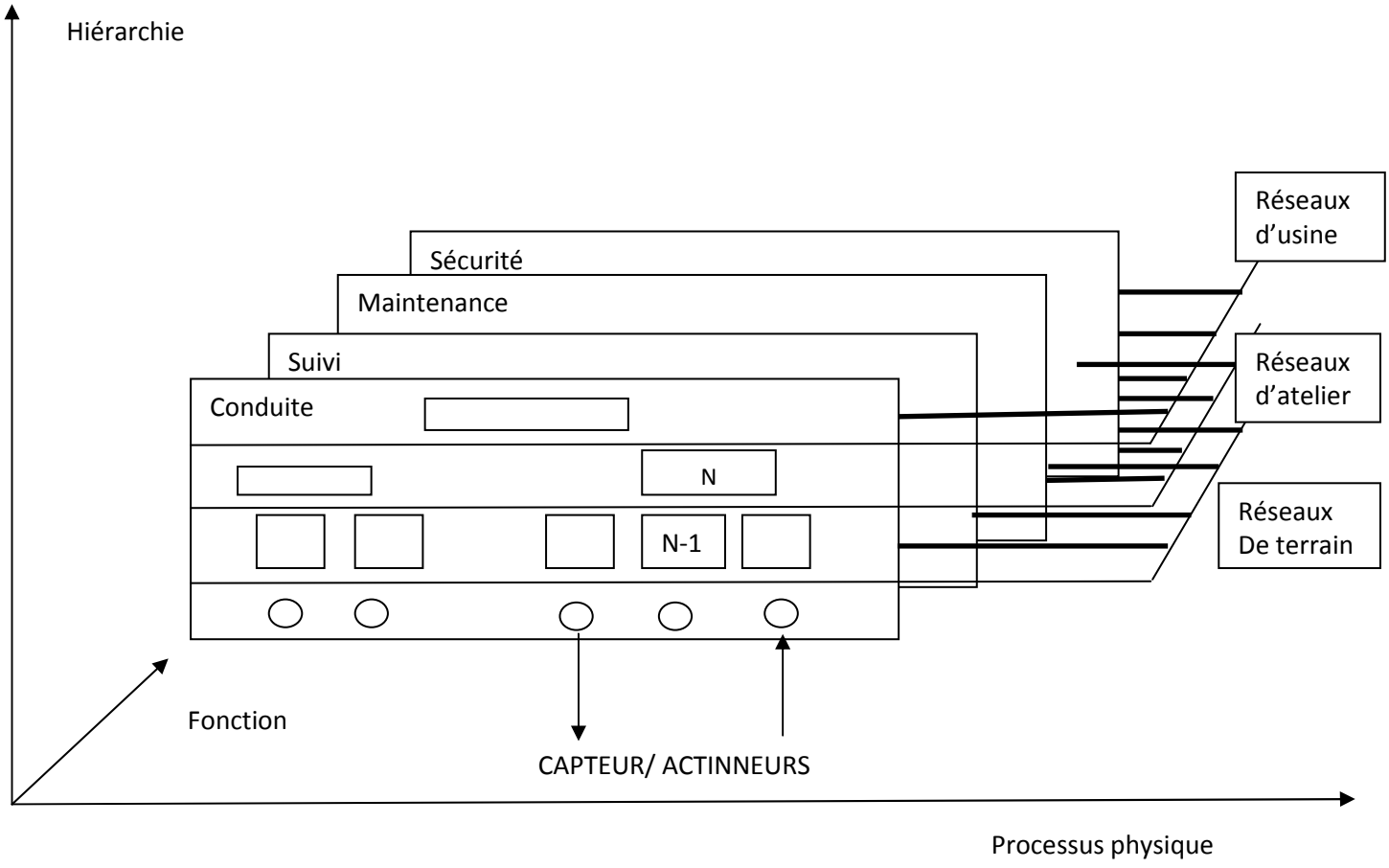


Figure I. 5 : *Modèle 3 axes.*

La figure I.5 fait apparaître ces quatre catégories de fonctions dans le cadre du modèle 3 axes. La démarche est basée sur le fait, entre autres, que les fonctions ne sont pas hiérarchisées mais sont indépendantes en terme de service, même si elles s'échangent des informations

• L'axe horizontal modélise le processus physique par son interfaçage avec les capteurs et les actionneurs. Le processus physique peut être décomposé en équipements et machines comme c'est souvent le cas dans les industries manufacturières mais aussi dans les processus continus. Mais il peut aussi être décomposé par grandes fonctions.

• L'axe vertical représente les niveaux hiérarchiques de façon analogue au modèle NBS. A un niveau donné, une entité offre des services à l'entité de niveau supérieur en utilisant les services des entités de niveaux inférieurs. Mais une entité offre aussi des services à celles du niveau inférieur.

• Le troisième axe représente les fonctions, de type CIM, associées à une application donnée. On y retrouvera certaines des fonctions hiérarchisées dans le modèle d'architecture usuel pour les processus

Dans ce type de modèle, l'interconnexion des capteurs, des actionneurs et des organes de contrôle ou de commande favorise la distribution des traitements, donc d'une certaine forme d'intelligence, au sein de ces composants. Le système automatisé de production devient un Système Automatisé de Production à Intelligence Distribuée (SAPID)

5. Les systèmes automatisés de production à intelligence distribuée

5.1 La commande hiérarchisée

Les années 90 ont vu le développement des calculateurs digitaux, en complémentarité des systèmes traditionnels de mesure et de contrôle analogiques et logiques. Les applications industrielles nécessitant une interaction avec l'environnement extérieur, s'organisaient autour d'une architecture faite de calculateurs traitant les fonctions de contrôle/commande de façon centralisée. Un système central disposant de plusieurs entrées/sorties vers le milieu extérieur recevait une quantité importante d'informations diverses de la part de celui-ci et traitait lui-même l'ensemble de ces données. C'est également lui qui supportait la charge de vérifier, non seulement la validité des données, mais aussi le fonctionnement normal des capteurs et des actionneurs.

Depuis les années 2000, l'accent se porte de façon marquée vers la décentralisation du traitement des informations. En effet, quoi de plus normal que de décharger l'organe central de l'ensemble des opérations de pré traitement qu'il faut effectuer sur les données recueillies par les capteurs. Une telle idée, bien que d'apparence simple, entraîne un grand nombre de conséquences à la fois conceptuelles, architecturales et technologiques.

Un tel système est alors supposé être structurable en un ensemble organisé de composants; chaque composant, ou module, se voit attribuer un traitement d'informations spécifiques et est doté d'interfaces prédéfinies. C'est en fait celles-ci qui alimentent les entrées et fournissent les sorties de l'algorithme résident du module. Ce type de commande est appelé commande hiérarchisée. Une structure possible d'un des modules est représentée à la figure I.6.

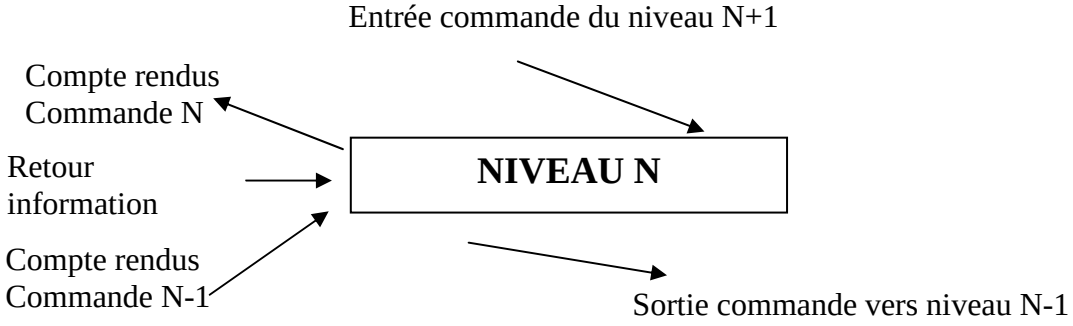


Figure I.6 : *Structure d'un module.*

Trois types de points d'interaction sont requis. Un premier point d'entrée vise le niveau supérieur. Il absorbe les commandes d'entrées nécessaires à la réalisation du but tel qu'il est conçu par le composant supérieur. Un deuxième point d'entrée, le retour des informations capteur, permet d'observer l'impact de l'activité produite par le composant lui-même sur l'environnement. On constitue ainsi une boucle rétroactive. Enfin, un troisième point de sortie envoie les commandes au composant inférieur. Cette modularisation vise à une analyse clarifiée et à une meilleure compréhension du système par le concepteur.

De telles commandes ont été implantées sur des robots. Dans une optique hiérachisée, la décomposition d'une commande de robot comporte un ensemble de modules de traitement de la commande et un ensemble de modules de traitements des informations capteurs. La fonction globale de commande du système robotique se répartit sur cinq niveaux hiérarchiques:

• le plus bas niveau de la hiérarchie assure les fonctions d'asservissement,

• le deuxième niveau réalise les changements de coordonnées,

• le troisième niveau reçoit des commandes sous la forme de primitives et produit des commandes adéquates pour le déplacement,

• le quatrième niveau reçoit des instructions globales de mouvement et génère les séquences de primitives pour le réaliser,

• le cinquième niveau planifie les déplacements en fonction de la tâche à effectuer et des informations capteur. Il sélectionne les mouvements appropriés qu'il transmet au quatrième niveau.

Ce bref aperçu fait clairement ressortir que la commande hiérarchisée considère les asservissements comme rudimentaires et totalement figés. Elle cantonne l'abstraction aux niveaux supérieurs. Dans de telles structures, la perspective d'intégration, au niveau le plus bas de la commande, de préoccupations d'un degré d'abstraction plus élevé est fortement compromise. Les bouclages d'informations à l'aide de capteurs évolués ne peuvent s'opérer que sur les hauts niveaux hiérarchiques qui constituent alors des goulots d'étranglement pour

la circulation des informations. Une commande évoluée sera donc difficile à implanter sur une structure hiérarchisée.

S'impose donc, le concept de commande intelligente distribuée, où la spécificité réside dans la dissémination géographique des différentes entités impliquées dans le schéma de commande. Cette remarque porte également sur le niveau supérieur de la coordination des activités des différents sites. Il est donc primordial que les différents acteurs de l'application de commande intelligente distribuée puissent communiquer entre eux et puissent synchroniser leur activité les uns par rapport aux autres. Cette démarche revient à concentrer les algorithmes relatifs à la perception de l'environnement au niveau du capteur lui-même.

5.2 La commande distribuée

Une autre manière d'introduire l'intérêt de la commande intelligente distribuée consiste à faire une analogie entre les circuits nerveux du corps humain et les réseaux de contrôle informatique. Ils sont tous les deux hiérarchisés et les structures correspondantes sont très cohérentes. Chez l'homme le cerveau est le siège des décisions "réfléchies".

Pour cela il emmagasine des informations déjà élaborées, établit des raisonnements et décide. Nous avons alors une décision centralisée (voir figure I.7).

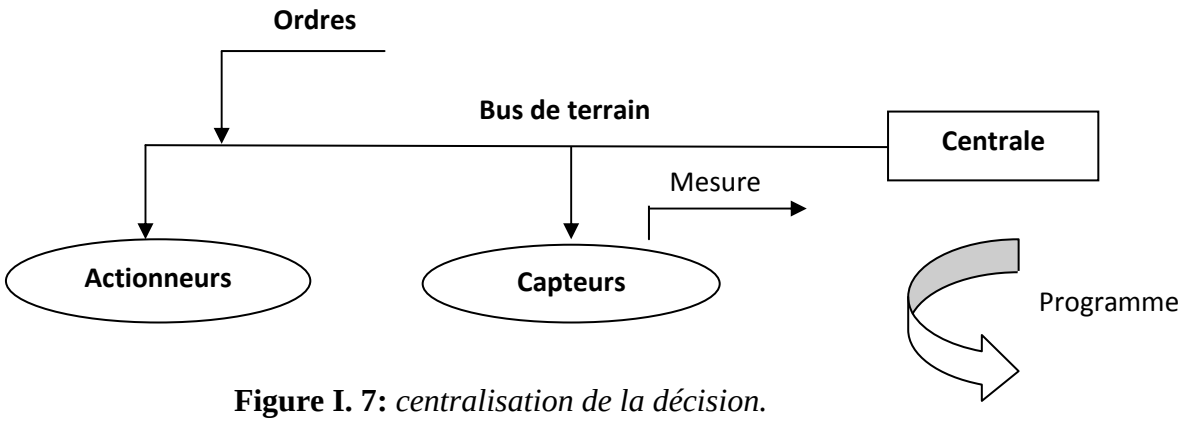


Figure I. 7: *centralisation de la décision.*

Ce type de contrôle présente plusieurs inconvénients :

• la centrale intervient dans toutes les décisions, si elle a un problème, on perd les fonctions du système,

• la centrale, ayant de nombreux traitements de ce type à effectuer, introduit des temps de traitement qui peuvent être importants,

• à chaque nouvelle fonction insérée dans le système, la centrale doit être reprogrammée, d'où une complexité des évolutions.

L'analogie entre les systèmes distribués et le corps humain peut être poussée plus loin, notamment en ce qui concerne les décisions centralisées par rapport aux décisions réflexes.

Comme dans le système nerveux, il faut que la structure du réseau d'information permette de décharger le "cerveau" d'un certain nombre de décisions qui peuvent être déléguées aux capteurs/actionneurs, pour peu que ceux-ci soient capables de dialoguer. Chez l'homme, il existe des centres de décisions "réflexes" (bulbe rachidien, moelle épinière). Ceux-ci travaillent sur des informations élémentaires et prennent très rapidement des décisions très simples : "si je me brûle alors je retire la main".

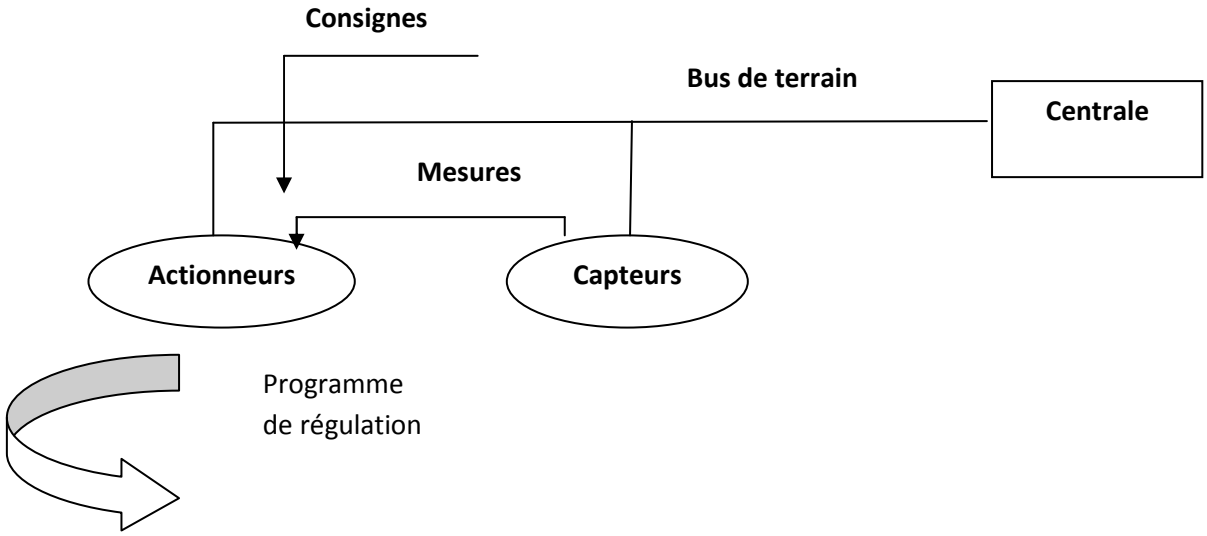


Figure I. 8.a: *la décentralisation de l'intelligence.*

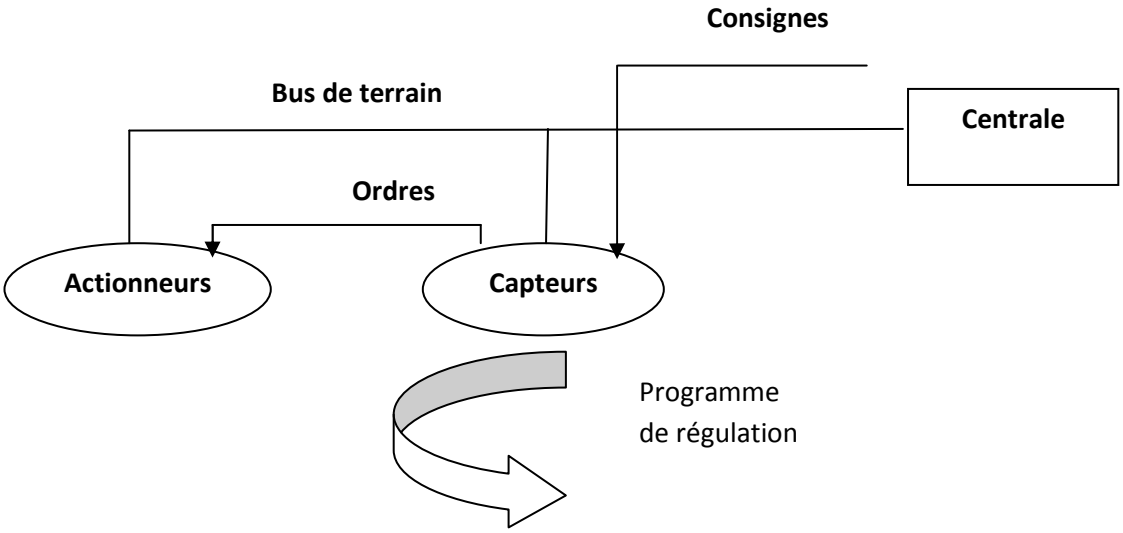


Figure I. 8.b: *la décentralisation de l'intelligence.*

Avec le même souci d'efficacité, les réseaux de contrôle ont été hiérarchisés en réseaux de terrain ou en réseaux de supervision. Au niveau des réseaux de terrain, on peut facilement imaginer plusieurs répartitions de l'intelligence et donc plusieurs cheminements de l'information (voir figure I.8), renforçant le concept de systèmes automatisés de production à intelligence distribuée.

5.3 Architecture des SAPID

Dans ce contexte de commande intelligente distribuée, il est nécessaire de définir une nouvelle architecture fonctionnelle du SAP, permettant une alternative à la commande hiérarchisée.

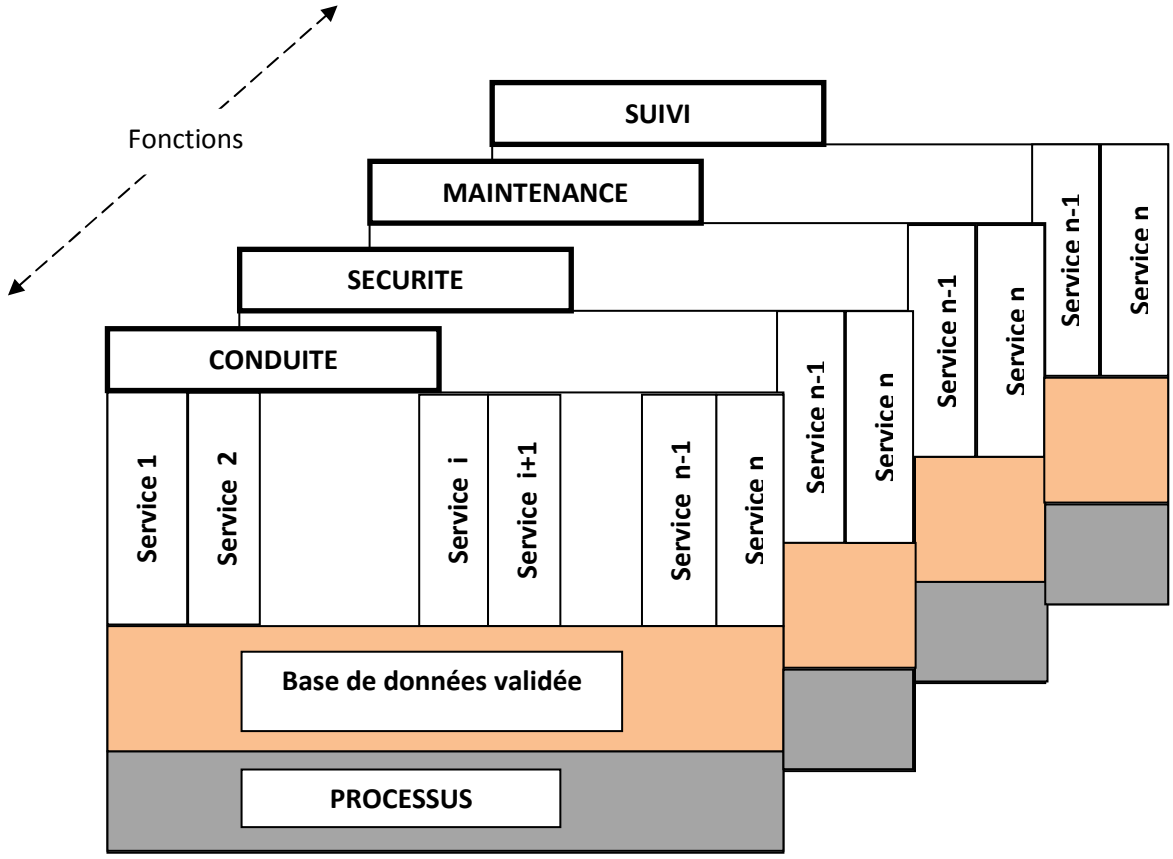


Figure I. 9: *architecture d'un SAP à intelligence distribuée.*

La figure I.9 présente une architecture d'un SAP à intelligence distribuée obtenue à partir du modèle 3 axes. Dans cette architecture, la base de données est distribuée. Elle est commune à l'ensemble des activités et contient les informations nécessaires au fonctionnement du procédé.

Un système distribué est composé d'un certain nombre de processus ou sites (entités de calcul), interconnectés par un certain nombre de liaisons. Une application répartie met donc en jeu des processus, placés sur les divers sites, qui coopèrent à la réalisation d'un but commun par des calculs locaux et des échanges de messages**. La figure I.8 montre comment peut se présenter la répartition de la charge des unités.**

II. Supervision des procèdes

Le nombre des mesures recueillies sur les processus et stockées a augmenté de façon considérable. En même temps, ces processus ont accru leur complexité et les systèmes de commande ont remplacé les ajustements manuels. Ceci afin de répondre aux demandes de qualité, aux contraintes environnementales, à la réduction des coûts de production et maintenance, tout en garantissant la sécurité des installations ainsi que celle des opérateurs humains. Face à cet incrément d'information, changeante et dynamique, l'opérateur humain a besoin de nouveaux outils qui l'aident dans sa tâche de surveillance du processus, pour en garantir le fonctionnement correct et réagir au cas où des événements anormaux se produisent.

Dans ces conditions, nous pouvons dire que la supervision a pour objectif d‘assurer la gestion réactive et sûre des modes de fonctionnement d‘un processus. Ces modes ou situations sont définis à partir de l'analyse des données, de la connaissance du système et du savoir-faire des opérateurs. Il faut alors exploiter au maximum toutes les informations disponibles sur le système pour pouvoir détecter les éventuels dysfonctionnements d'un processus et les diagnostiquer et réagir en conséquence de façon à assurer son fonctionnement même en situations anormales.

Au niveau de la supervision, toute description du procédé, qui apporte une connaissance a priori sur ses caractéristiques et ses fonctionnalités, constitue un modèle du procédé. Ceci permet de comparer l'évolution du procédé réel au travers du suivi des mesures à la description théorique offerte par le modèle.

Le résultat de cette comparaison détecte le bon ou mauvais fonctionnement du procédé. Nous pouvons considérer le modèle comme la façon de valider le fonctionnement correct du procédé et de déterminer les déviations par rapport aux conditions attendues d'opération. Les modèles peuvent être de différentes natures selon les informations disponibles sur le processus : il existe des modèles de type analytique (équations différentielles, équations aux différences, relations entre variables, etc.), ainsi que des modèles qualitatifs (équations qualitatives, modèles à base d'ensembles flous, règles, description du comportement, etc.), qui représentent le fonctionnement statique ou dynamique, normal ou anormal du procédé. [KEM 04]

Pour la mise en place d'un système de supervision, du point de vue de la communauté du continu, trois fonctions doivent être prises en compte : la détection, le diagnostic et la reconfiguration. Selon [KOT93], la surveillance du procédé traite les données disponibles en ligne, afin d'obtenir son état de fonctionnement . Dans la surveillance, nous retrouvons les fonctions de détection de défaillances et de diagnostic (Figure I.10). De façon générale

La surveillance : La surveillance des procédés industriels consiste à générer des alarmes à partir des informations délivrées par des capteurs. Elle recueille les signaux en provenance du procédé et de la commande et reconstitue l'état réel du système commandé. Des seuils sont définis sur des variables clés par des experts du procédé selon des critères de sécurité concernant les hommes, l'installation et son environnement. Cette génération d'alarmes apporte une aide aux OHS (operateur humain de supervision) dans leur tâche de surveillance afin qu'ils puissent analyser la situation et prendre une décision adaptée (procédure d'arrêt d'urgence, mode dégradé, action corrective). Elle a un rôle passif vis-à-vis du système de commande et du procédé. Cependant, la complexité et la taille de l'installation augmentent rapidement la quantité d'informations à analyser, rendant la surveillance complexe pour les OHS. Il est donc très utile d'adjoindre à la surveillance, une aide à la décision à travers un module de diagnostic.

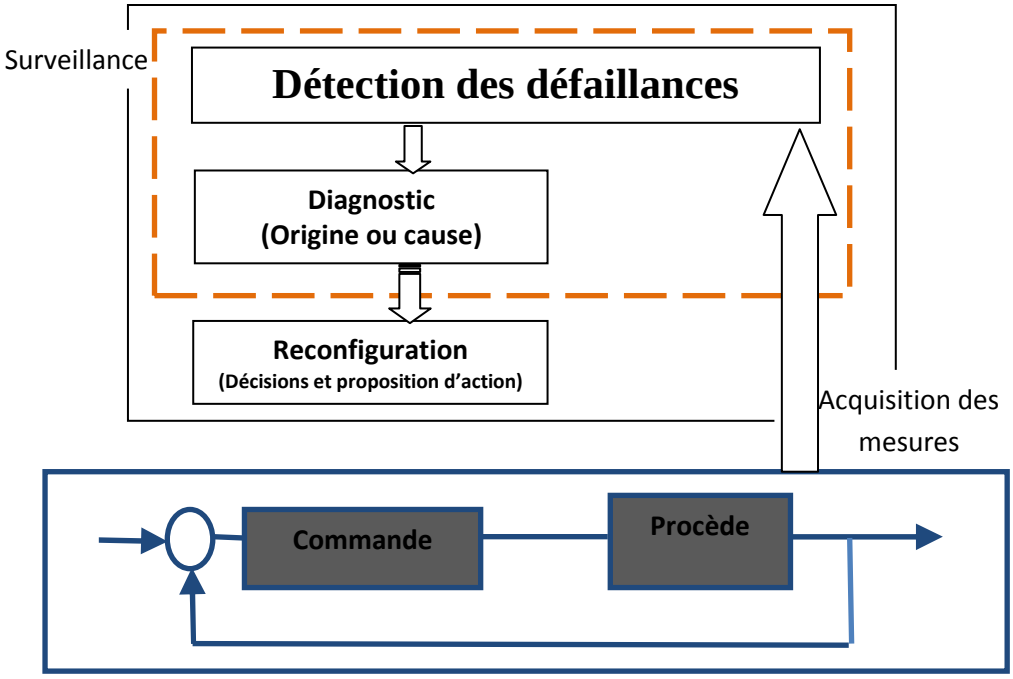


Figure I.10 : *Schéma générale de la supervision*

la détection : consiste en l'identification des changements ou déviations des mesures du procédé par rapport au fonctionnement normal, ce qui se traduit par la génération des symptômes.

Le diagnostic : consiste à déterminer quelles sont l'origine et/ou la (les) cause(s) qui ont pu engendrer le symptôme détecté. A ce stade, le système doit avoir la capacité de décider quand le procédé se trouve dans une situation de fonctionnement normal, et quand une action corrective doit être appliquée.

La reconfiguration : l'action corrective correspond à l'étape de reconfiguration de la commande de façon à ramener le procédé dans un mode de fonctionnement normal.

Cependant, il existe d'autres approches pour la mise en place d'un système de supervision. En effet, pour la communauté de systèmes à événements discrets (SED), la supervision a pour but de contrôler l'exécution d'une opération effectuée par le système de commande sans rentrer dans les détails de cette exécution. La supervision a lieu dans une structure hiérarchique (au moins avec 2 niveaux), et recouvre l'aspect du fonctionnement normal et anormal :

• en fonctionnement normal, le rôle de la supervision est de prendre, en temps réel, les décisions correspondantes aux degrés de liberté exigés par la flexibilité décisionnelle;

• en présence de défaillances, la supervision prend toutes les décisions nécessaires pour le retour vers un fonctionnement normal. Après avoir déterminé un nouveau mode de fonctionnement, il peut s'agir de choisir une solution curative, d'effectuer des ré-ordonnancements "locaux", ou même de déclencher des procédures d'urgence. [KEM 04]

III. Vue générale des systèmes SCADA

SCADA est un acronyme pour Supervisory Control and Data Acquisition qui veut dire supervision commande et acquisition des données. Les systèmes SCADA sont utilisés pour surveiller et commander une installation ou des équipements dans les industries, telles que télécommunications, l'eau et le contrôle des déchets, l'énergie, du pétrole et du gaz et de transport.

Ces systèmes englobent le transfert de données entre la centrale SCADA et un certain nombre d'automates programmable (API), et entre l'ordinateur central et les terminaux de commande.

Ces systèmes peuvent être relativement simple, tel que celui qui surveille les conditions environnementales d'un petit immeuble de bureaux, ou très complexe, comme un système qui surveille toute l'activité dans un centrale nucléaire ou l'activité d'un réseau d'aqueduc municipal. Aujourd'hui, de nombreux systèmes sont surveillés en utilisant l'infrastructure du réseau local d'entreprise Réseau local (LAN) / réseau étendu (WAN).

Les technologies sans fil sont maintenant largement déployées à des fins de surveillance.

Systèmes SCADA composé de:

• Un ou plusieurs appareils de terrain d'interfaçage de données, généralement RTU ou API, qui communique entre les différents capteurs et les actionneurs ;

• Un système de communication utilisé pour transférer des données entre les interfaces de données, les unités de contrôle et la centrale SCADA, ces système peuvent êtres radio, téléphone, câble, satellite, etc..Ou une combinaison de ceux-ci.

• une centrale SCADA (parfois appelé une station maître SCADA, ou Master Terminal Unit (MTU)

• le logiciel de supervision communément appelé logiciel IHM (logiciel d'interface homme-machine)

Le système HMI présente généralement l'information pour le personnel d'exploitation graphique, sous la forme d'un synoptique. Cela signifie que l'opérateur peut voir une représentation schématique de l'usine contrôlé.

III.1 Architecture des systèmes SCADA

Les systèmes scada ont évolués en parallèle avec la croissance et la sophistication des technologies de l'information. Dans cette partie on va traiter de l'évolution des systèmes scada et fournir une description des trois (03) générations suivantes : [DAL 04]

1.1 Première génération: «monolithique»

Dans la première génération, le concept d'informatique était en général appliqué par une unité centrale. Les réseaux n'existait pas et chaque système centralisé était seul, ainsi les systèmes scada était autonome avec pratiquement aucune connexion à un autre système.

Les réseaux étendu WAN (wide area networks) qui ont était implanté pour communiquer avec les RTU (remote terminal unite) ont étaient conçue avec le seule but de communiquer avec les postes locaux et rien d'autre, les protocoles de communication ont étaient développé par le fournisseur des RTU.

La redondance dans ces systèmes de première génération à été accomplie par l'utilisation de deux unités centrales identiquement équipés, une première et une sauvegarde. La fonction première de cette sauvegarde est de prendre le relai en l'éventualité d'une défaillance détectée. Cette figure décris la première génération scada.

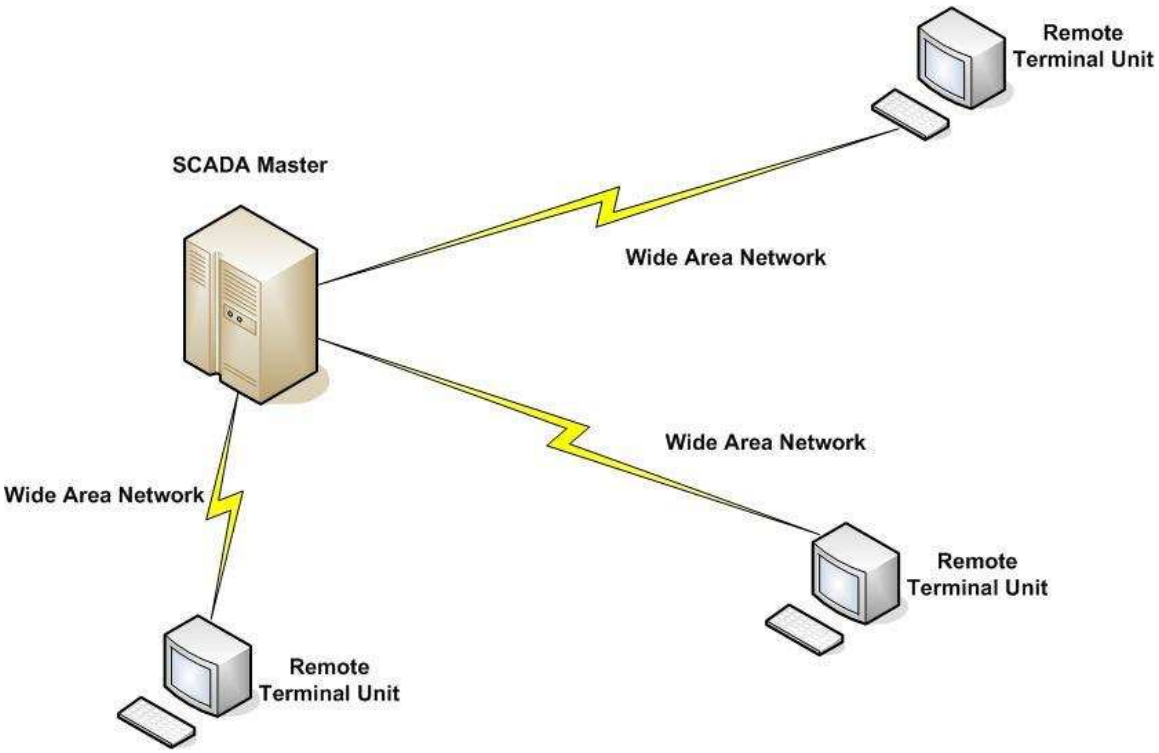


Figure I.11 : *architecture SCADA de première génération.*

1.2 Deuxième génération: «distribué»

La deuxième génération à profité des développements dans le domaine de la miniaturisation et de la technologie des réseaux locaux pour répartir le traitement entre plusieurs stations reliées par un réseau local et partager l'information en temps réel.
Chaque station est responsable d'une tâche particulière rendant ainsi la taille et le coût de chaque station inférieure à celle utilisée dans la première génération.

La répartition des taches de fonctionnement du système à toutes les stations connectées au réseau ne sert pas seulement à l'augmentation de la puissance de traitement mais aussi permet d'améliorer la redondance et la fiabilité dans le système. Plutôt que d'avoir un système de basculement de secours qui est utilisé dans la plus part des systèmes de première génération, l'architecture distribué garde toutes les stations en ligne tout le temps, donc si on a une défaillance sur une station IHM, une autre prendra le relais sans attendre le basculement du système primaire.

Comme était le cas pour l'architecture de première génération, la seconde génération des systèmes scada est limité du coté matériel, logiciel et des équipements périphériques qui sont fournis ou sélectionnés par le fournisseur du système scada.

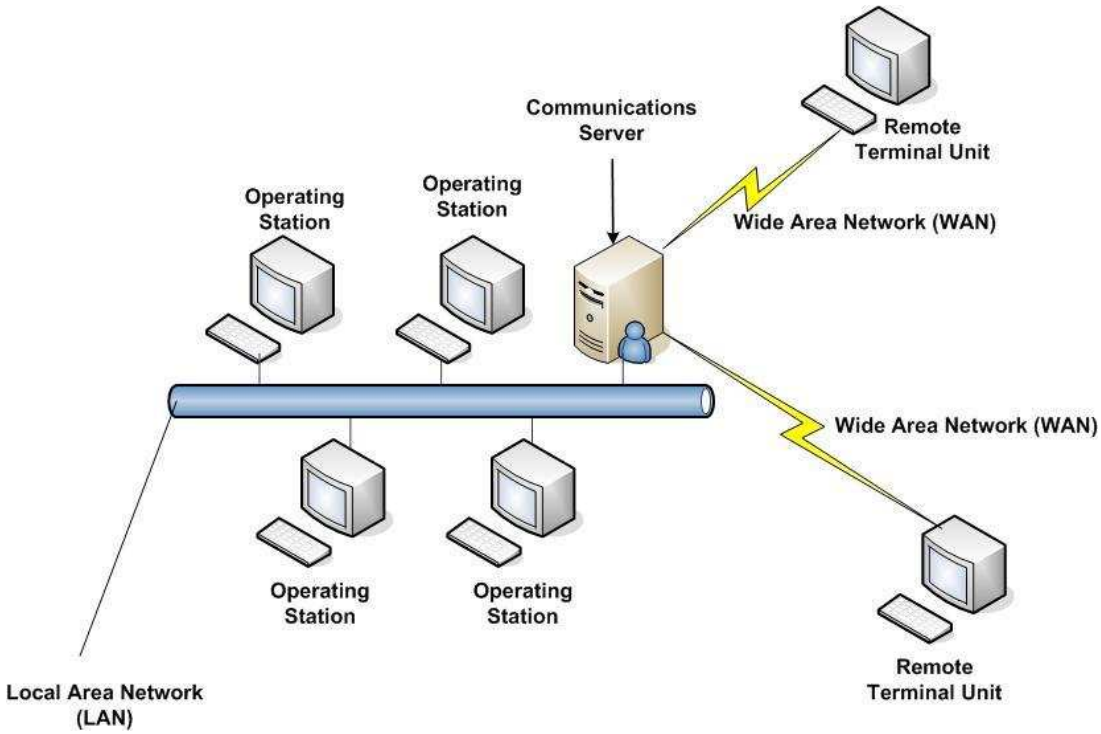


Figure I.12 : *architecture SCADA de deuxième génération.*

1.3 Troisième génération: «en réseau»

La génération actuelle adopte une architecture réseau, qui est étroitement lié à l'architecture distribué sauf que l'architecture réseau offre une ouverture à un environnement autre que celui conditionné par le fournisseur. L'amélioration majeure dans la troisième génération vient de l'utilisation des protocoles WAN comme le protocole internet (IP) pour la communication entre la station maître et les équipements de communication. Cela permet à la portion de la station maître responsable de la communication avec les appareils de terrain d'être séparer de la station maitre et cela par le biais du réseau WAN.

En raison de l'utilisation de protocoles standards et le fait que de nombreux systèmes SCADA réseau sont accessibles à partir d'Internet, les systèmes sont potentiellement vulnérables à distance cyber-attaques.

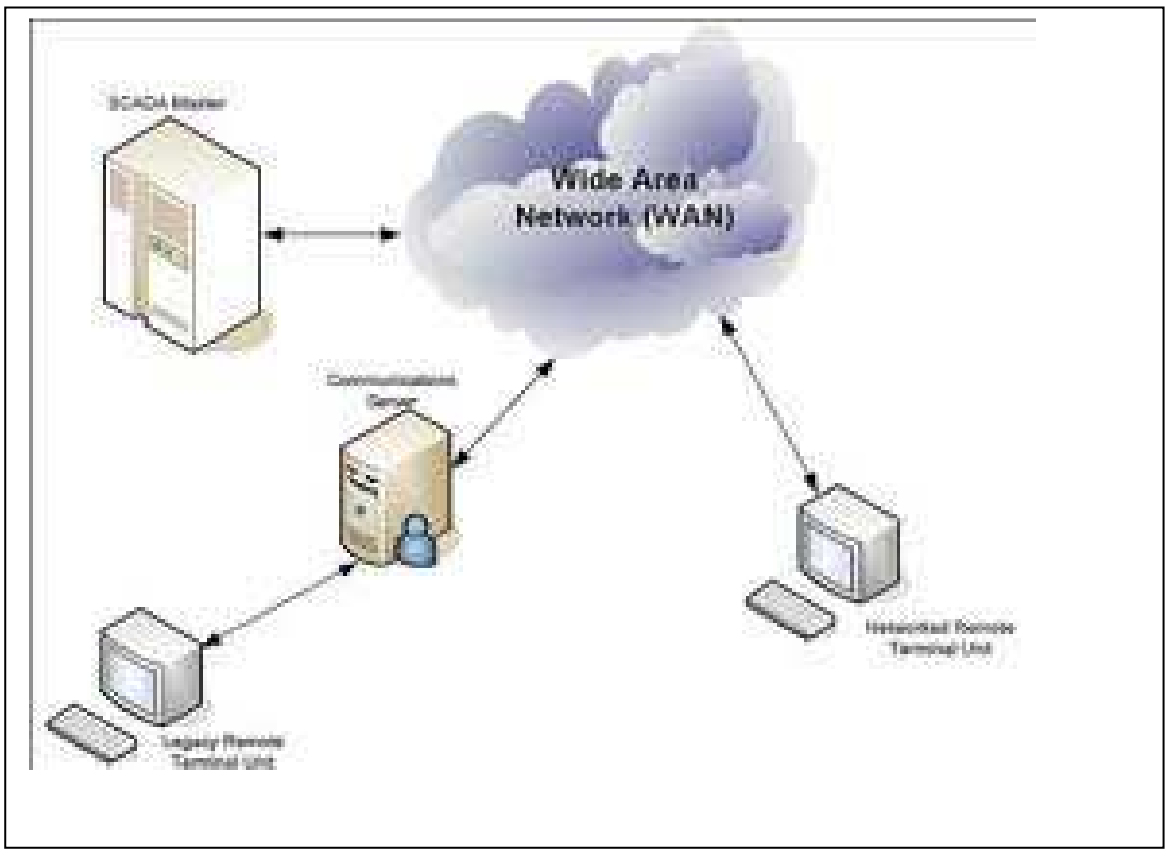


Figure I.13 : *architecture SCADA de troisième génération.*

Conclusion

L'objectif du premier chapitre est de faire ressortir la nécessité de mettre en place des systèmes de supervision pour réduire les couts économiques et répondre aux contraintes environnementales et de sécurités dues à L'évolution des Systèmes Automatisés de Production (SAP).

Le système SCADA (supervision commande et acquisition des données) est un outil puissant permettant de mettre en place des plateformes de supervision capable de prendre en charge la supervision de plusieurs installation en même temps et à des endroits différent grâce au réseau qui relies les différentes installations et transmet les données au poste de commande, parfois située à des kilomètres.

Les réseaux industriels

Introduction

Les réseaux locaux industriels ont été introduits petit à petit dans les systèmes automatisés, à des stades divers selon les domaines d'application. Ils sont nés avec le développement de l'électronique et des matériels numériques programmables. L'apparition des régulateurs numériques et des automates programmables a conduit les offreurs à mettre sur le marché des réseaux pour les interconnecter et rapatrier à moindre coût de câblage les informations nécessaires à la conduite par les opérateurs dans les salles de commande.

À l'origine, ces réseaux étaient conçus à partir des connaissances issues des télécommunications en reprenant des protocoles existants. Ce n'est que dans une deuxième étape que l'analyse des architectures des systèmes automatisés a conduit à identifier des besoins spécifiques et donc à définir des services et des protocoles spécifiques au(x) domaine(s) industriel(s).

Dans ce chapitre, on donnera une présentation générale des réseaux industriels, et on présentera en particulier le réseau Profibus utilisé dans notre application.

I. Définition d'un réseau industriel

Un réseau local industriel est en première approximation un réseau local utilisé dans une usine ou tout système de production pour connecter diverses machines afin d'assurer la commande, la surveillance, la supervision, la conduite, la maintenance, le suivi de produit, la gestion, en un mot, l'exploitation de l'installation de production.

Mais l'aspect connexion de machines, même s'il est fondamental, n'est pas le seul à considérer. Ce sont surtout les processus d'application répartis sur les machines qui sont mis en relation par les réseaux. Et ce sont ces types de relations qui dicteront le choix d'un réseau plutôt que d'un autre. Les besoins en communication sont alors très diversifiés selon les matériels connectés et les applications qu'ils supportent, ce qui explique que les réseaux locaux industriels sont nombreux et variés. Il est évident que le trafic entre des capteurs, des actionneurs et des automates n'est pas le même qu'entre un système de CFAO et un contrôleur de cellule de fabrication. Les besoins diffèrent selon des critères comme la taille des données à transmettre, les contraintes de temps associées, les coûts acceptables de connexion, les technologies qu'il est possible de mettre en œuvre. Il sera donc nécessaire d'étudier globalement les architectures des systèmes automatisés pour analyser en détail les divers types de communication et classer les réseaux locaux industriels. Pour satisfaire tous ces besoins, de très divers protocoles ont été définis depuis une quinzaine d'années, certains ont été normalisés, d'autres sont devenus des standards de fait, d'autres enfin sont purement privés. [THO 05]

II. Différence entre un réseau informatique et réseau industriel

Un réseau industriel joue le même rôle qu'un réseau normal. Le but premier est toujours de transmettre des informations entre plusieurs machines. Lorsque l'on parle de réseaux, on sous-entend généralement que les machines sont des ordinateurs. Lorsque l'on parle de réseaux industriels, il s'agit de faire communiquer des machines qui ne sont plus seulement des ordinateurs. On fait communiquer des appareils différents tels que des ordinateurs, des automates programmables, des appareils de mesures, des équipements spécifiques (fours, commandes numériques, ascenseurs, ...).

Le qualificatif d'industriel pour un réseau sous-entend également un environnement particulier. L'environnement d'un réseau industriel est en général un environnement perturbé.

C'est environnement est souvent pollué par des ondes électromagnétiques provenant des différents appareils (moteurs, courants forts, champs magnétiques,...). Tous ces phénomènes sont à prendre en compte dans la couche 1 du modèle OSI.

III. Pyramid CIM (C.I.M.: Computer Integrated Manufacturing)

La pyramide du CIM est une représentation conceptuelle, qui comporte 4 niveaux auxquels correspondent des niveaux de décision. Plus on s'élève dans cette pyramide, plus le niveau de décision/d'abstraction est important, plus la visibilité est globale et plus les horizons et cycles opérationnels s'allongent. [DEV 00]

Un niveau supérieur décide ce qu'un niveau inférieur exécute.

- niveau 3 : la gestion des produits et des stocks, la gestion des approvisionnements, la gestion des clients, des commandes et de la facturation
- niveau 2 : la localisation des produits en stocks, les mouvements physiques et la gestion des lots (géré par le système de gestion d'entrepôt)
- niveau 1 : les automatismes
- niveau 0 : les capteurs et actionneurs.

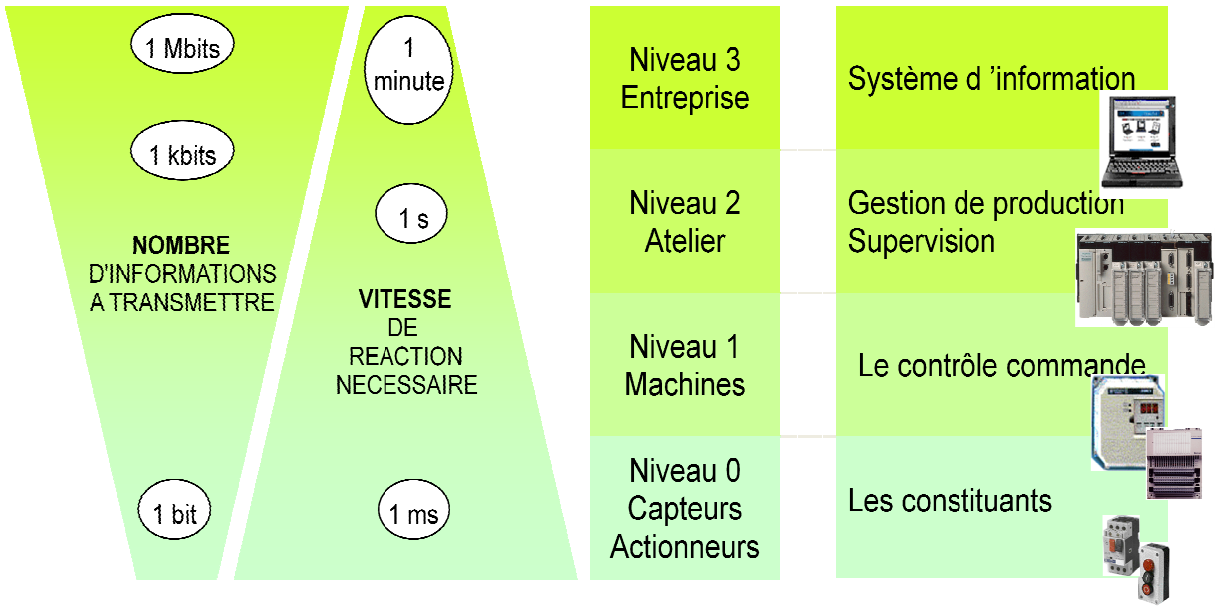


Figure II.1 : *Pyramide CIM.*

IV. Les types de réseaux locaux industriels

Les **réseaux de terrain** connectent les capteurs, les actionneurs et les dispositifs comme les automates, les régulateurs et plus généralement tout matériel supportant des processus d'application ayant besoin d'avoir accès aux équipements de terrain. Ils doivent offrir au minimum les mêmes services que les systèmes d'entrées-sorties industriels, mais d'autres très importants, de synchronisation par exemple, seront aussi définis pour faciliter la distribution des applications.

Les **réseaux de cellule,** parfois appelés réseaux intermédiaires, connectent dans une cellule ou un atelier les dispositifs de commande de robots, de machines-outils, de contrôle de la qualité (lasers, machines à mesurer). Ces réseaux se rencontrent essentiellement dans les industries manufacturières.

Les **réseaux de salle de commande,** dans les processus continus, ramènent aux opérateurs les informations qui leur sont nécessaires pour conduire le processus et qui leur permette de fixer les points de consigne, ou divers paramètres pour les régulateurs et automates. Ils connectent des automates, des systèmes numériques de contrôle-commande, des systèmes de supervision, etc.

Les **réseaux d'usine** irriguent l'ensemble de l'usine, interconnectant des ateliers, des cellules avec les bureaux d'études ou des méthodes, avec les services administratifs, commerciaux et financiers de l'entreprise.

V. Technologies des réseaux

1. Topologie des réseaux

Un réseau industriel est constitué d'automates programmables, des interfaces hommes/machines, d'ordinateurs, des équipements d'entrées/sorties, reliés entre eux grâce à des lignes de communication, telles que des câbles électriques, des fibres optiques, des liaisons radio et des éléments d'interface, tels que des cartes réseaux, des gateways (passerelles).

L'arrangement physique du réseau est appelé **topologie physique** ou architecture du réseau.

Lorsque l'on considère la circulation des informations, on utilise la terminologie de topologie logique. On distingue généralement les topologies suivantes : [THO 05]

- point à point

- en bus,

- en étoile,

- en arbre,

- en anneau,

- maillées.

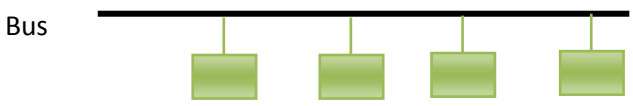
Typologie point à point

C'est la forme la plus élémentaire qui implique deux machines. Elle correspondra souvent à la topologie d'une partie d'un réseau. En général, cela concerne une liaison série dont les vitesses sont vite limitées par la distance, l'utilisation de la fibre optique pouvant compenser cette faiblesse.

• Topologie en bus

Cette organisation est une des plus simples. Tous les éléments sont reliés à une même ligne de transmission par l'intermédiaire de câbles. Le mot bus désigne la ligne physique. Cette topologie est facile à mettre en œuvre, la défaillance d'un nœud ou d'un élément ne perturbe pas le fonctionnement des autres organes.

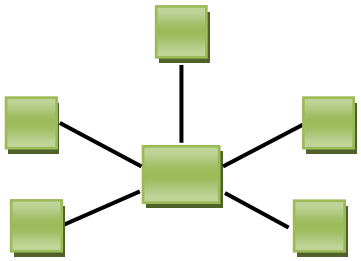
Les réseaux du niveau machine et capteurs, appelés d'ailleurs bus de terrain, utilisent cette méthode. La typologie bus se met en œuvre soit par chaînage des équipements les uns avec les autres, soit par connexion via un boîtier de raccordement (TAP) au câble principal.



• Topologie en étoile

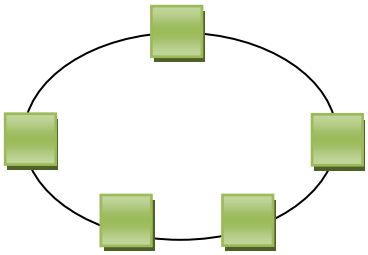
Cette typologie est la plus courante au niveau de l'entreprise et de l'atelier. Elle est celle du réseau Ethernet. Elle présente l'avantage d'être très souple en matière de gestion et de dépannage. Les stations finales sont reliées ensemble à travers un équipement intermédiaire (répéteur, commutateur). La défaillance d'un nœud ne perturbe pas le fonctionnement global du réseau, en revanche, l'équipement intermédiaire qui relie tous les nœuds constitue un point unique de défaillance.

Etoile



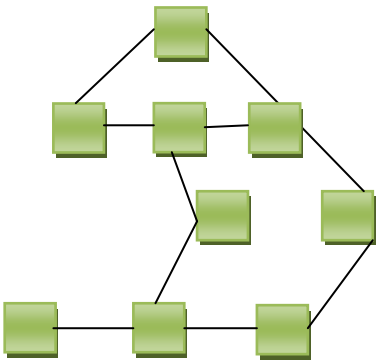
- **La typologie en anneaux** reprend la topologie physique de l'étoile en apportant une meilleure disponibilité du réseau.

Anneau



- **La topologie en réseau maillé** est assez peu utilisée dans l'industrie et présente l'inconvénient d'un nombre important de liaisons.

Maille



2. Protocol de communication

Un protocole de communication est une spécification de plusieurs règles pour un type de communication particulier. Initialement, on nommait protocole, ce qui est utilisé pour communiquer sur une même couche d'abstraction entre deux équipements différents. Par extension de langage, on utilise parfois ce mot aussi aujourd'hui pour désigner les règles de communication entre deux couches sur un même équipement. Le modèle OSI (Open System Interconnexion) a été créé par l'ISO (Organisation internationale de normalisation) qui a édité la norme ISO 7498 dans le but d'offrir une base commune à la description de tout réseau informatique. Dans ce modèle, l'ensemble des protocoles d'un réseau est décomposé en 7 parties appelées couches OSI, numérotées de 1 à 7. Les couches OSI respectent les principes suivants :

- chaque couche supporte un protocole indépendamment des autres couches,
- chaque couche procure des services à la couche immédiatement supérieure,
- chaque couche requiert les services de la couche immédiatement inférieure,
- la couche 1 décrit le médium (le support de communication),
- la couche 7 procure des services à l'utilisateur ou à une application.

Lors d'une communication, l'utilisateur d'un réseau utilise les services de la couche 7 via un programme. Cette couche met en forme et enrichit l'information qu'elle reçoit du programme en respectant son protocole. Puis, elle l'envoie à la couche inférieure lors d'une demande de service. À chaque couche, l'information subit des mises en forme et des ajouts en fonction des protocoles utilisés. Enfin, elle est envoyée sur le médium et reçue par un autre nœud du réseau. Elle parcourt toutes les couches de ce nœud dans l'autre sens pour finir au programme du correspondant, dépouillée des différents ajouts liés aux protocoles.

.

VI. Les réseaux industriels et le model OSI

Tout système de communication doit être conforme à ce modèle OSI, cela signifie que le réseau doit offrir une architecture en couches qui sont celles définies par l'ISO. La figure II.2 présente les différentes couches définies par cette norme. [JOS 95]

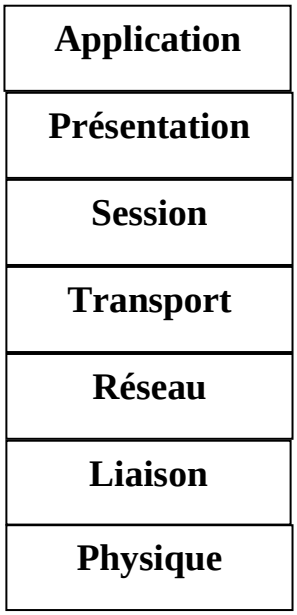


Figure II.2: *Le découpage en couches OSI de l'ISO.*

Afin de satisfaire des exigences de temps réel, on estime que pour accélérer la communication, certaines couches ne sont pas fondamentalement nécessaires. C'est ainsi que les couches réseau, transport, session et présentation ont disparu du modèle général pour donner naissance au modèle réduit composé uniquement de la couche physique, de la couche liaison de données et de la couche application.

En supprimant des couches, on diminue d'autant le "temps de traversée" de l'empilement des services, par contre on ne bénéficie plus de ces services. Les "temps de retournement" des équipements en sont alors diminués. Rappelons tout de même que, dans de nombreux cas, la contrainte du temps réel est non seulement liée au temps de communication mais aussi et surtout au temps de réponse des processus d'application. C'est ainsi que les réseaux de terrain offrent une architecture en trois couches selon le modèle OSI "réduit". Rappelons que le concept bus de terrain a été introduit il y a maintenant une vingtaine d'années, ceux qui en sont à l'origine, avaient indiqué que le bus de terrain était avant tout un bus pour les capteurs et actionneurs, respectant les contraintes des processus de fabrication (temps de rafraîchissement garantis, sécurité, ...) avec un coût de connexion très faible. Depuis, les choses ont évolué. Il est acquis que le fait de scinder les automatismes en plusieurs niveaux est difficile, car la répartition des tâches et des traitements est souvent très floue. De ce fait, le réseau de terrain n'est plus uniquement un

réseau de capteurs et d'actionneurs mais aussi un réseau inter-automates permettant l'interconnexion d'instruments dans une architecture de SAPID (système automatisé de production à intelligence distribuée).

L'emploi de ces bus tend à se généraliser dans les applications industrielles. Celles-ci ont souvent des caractéristiques variables comme, par exemple, les temps de réponse, le type et le volume d'informations à échanger. Ces caractéristiques sont différentes entre un procédé manufacturier et un procédé continu, il ne peut donc exister de bus de terrain universel. Ceci a conduit à une émergence de bus conçus et adaptés pour des applications spécifiques. On dénombre plusieurs dizaines de protocoles et de produits susceptibles de revêtir le label réseau de terrain.

Citons entre autres : ASI, Batibus, Bitbus, DeviceNet, Elbus, Fieldbus, Filbus, Fipio, Fipway, Geniro, Impacc, Interbus S, ISP, Lacafip, Echelon [LON94], Mistic, Modbus, Optomax, P. Net, Pamux, Profibus, Proxbloc, Remote, I/O, SDS, Sensoplex, Sercos, Senplex, Sinec L2 DP, Suconet S, Suconet P, Valverbus, VAN,

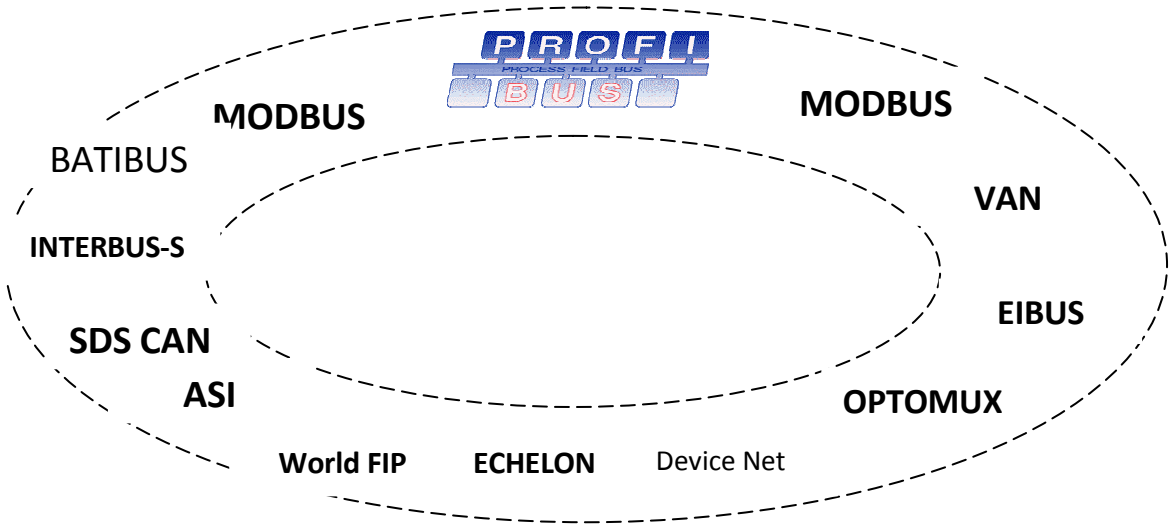


Figure II.3*: Les réseaux de terrain.*

VII. Rôle des réseaux industriels

L'un des rôles du réseau de terrain est de fournir l'outil de communication afin d'utiliser les nouvelles possibilités du SAPID car les outils traditionnels de communication s'avèrent mal adaptés. On demande à un réseau de terrain :

• de simplifier la réalisation d'un automatisme et lui permettre d'évoluer tout en améliorant ou, au moins en conservant, la qualité de service actuelle (fonctions de régulation et de contrôle du procédé, sûreté de fonctionnement, accessibilité aux variables du procédé, ...),

• de faciliter l'emploi des capteurs et actionneurs "intelligents", qui permettent d'améliorer la maintenabilité du Système Automatisé de Production et, en conséquence, de permettre l'échange d'informations nécessaires à leur télé paramétrage, leur télé réglage, leur télé forçage,

• d'améliorer la disponibilité de l'installation en permettant d'accéder aux différentes informations nécessaires (maintenance, télédiagnostic, gestion industrielle, ...).

VIII. Avantage et inconvénient des réseaux industriels

Un réseau local industriel est utilisé dans une usine ou tout système de production pour connecter diverses machines afin d'assurer la commande, la surveillance, la supervision, la conduite, la maintenance, le suivi de produit, la gestion, en un mot, l'exploitation de l'unité de production.

Les réseaux industriels ont permis de gérer dans un premier temps des E/S décentralisées, puis la périphérie d'automatisme.

Avantage :

- installation locale ou distante du produit plus facile

- extension possible des applications

- transferts de données vers des hôtes répartis pour le traitement et la supervision automatiques du produit

- gestion, diagnostics et réparation à distance de l'équipement

Ces réseaux de terrain contribuent à réaliser :

- des gains de câblage importants (suppression des boucles analogiques 4-20mA).

- intelligence déportée.

- mais surtout ils permettent de rendre accessibles des services sur tout le site : Diagnostic, Programmation

- réduction des coûts de maintenance

Inconvénients :

- sécurité des informations

- Demande une étude préalable pour des performances optimales et pour le choix du réseau (Topologie, Vitesse, standard ou Propriétaire…….)

- coût direct du prix du Bus de Terrain.

Le réseau de terrain doit également s'intégrer avec les réseaux et langages de niveau supérieur, dans le cadre du concept CIM. Nous avons choisi de présenter le réseau Profibus qui répond à ces contraintes industrielles et semblent bien adaptés pour interconnecter des instruments intelligents dans le contexte de notre application.

IX. Le réseau Profibus

1. Définition

Profibus (Process Field Bus) est un réseau de terrain ouvert, permettant de répondre à un large éventail d'applications dans les domaines concernant :

— les procédés manufacturiers (conduite des procédés séquentiels, procédés discontinus par lots « batch ») ;

— les procédés continus (conduite, régulation) ;

— la gestion des bâtiments (gestion technique centralisée, gestion technique du bâtiment).

En tant que réseau non propriétaire, Profibus est issu de travaux initiés en 1987 par le ministère fédéral allemand pour la Recherche technologique, comprenant un groupement de sociétés industrielles et d'instituts de recherche allemands, orchestré par Siemens AG.

La norme allemande **DIN 19245** a été créée en 1991, normalisée **EN 50170** par le Cenelec en 1996, comme norme européenne. Depuis 1999, le réseau Profibus est reconnu dans la norme internationale **CEI 61158**, avec les autres réseaux ControlNet, P-Net, Fieldbus Foundation High-Speed-Ethernet, SwiftNet, WorldFip, Interbus-S. [BAJ 01]

Avec beaucoup de difficultés, le groupe de travail du projet CEI 61158 a convergé enfin vers un compromis de norme sur les réseaux de terrain en y intégrant sept réseaux très divers et quelquefois rares. Les travaux d'homogénéisation de la norme CEI 61158 se poursuivent, notamment pour affiner les différents types identifiés au niveau des couches 2 et 7.

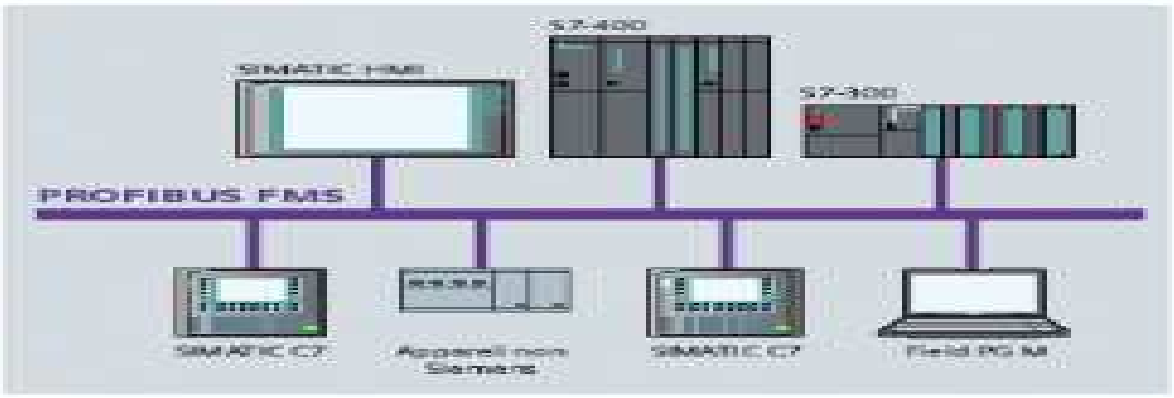


Figure II. 4: *le réseau profibus.*

2. Architecture

Profibus propose une architecture réseau en trois niveaux, autorisant une communication entre matériels hétérogènes et de différents constructeurs, afin de couvrir tous les niveaux d'automatisation d'un système (figure **1**) :

— transmission de données de type action réflexe avec un temps de réaction très court ;

— raccordement direct de capteurs et d'actionneurs sur le bus ;

— fonctionnement en sécurité intrinsèque ;

— dialogue entre automatismes et périphérie décentralisée ;

— échange de données complexes et volumineuses pour la gestion de cellules.

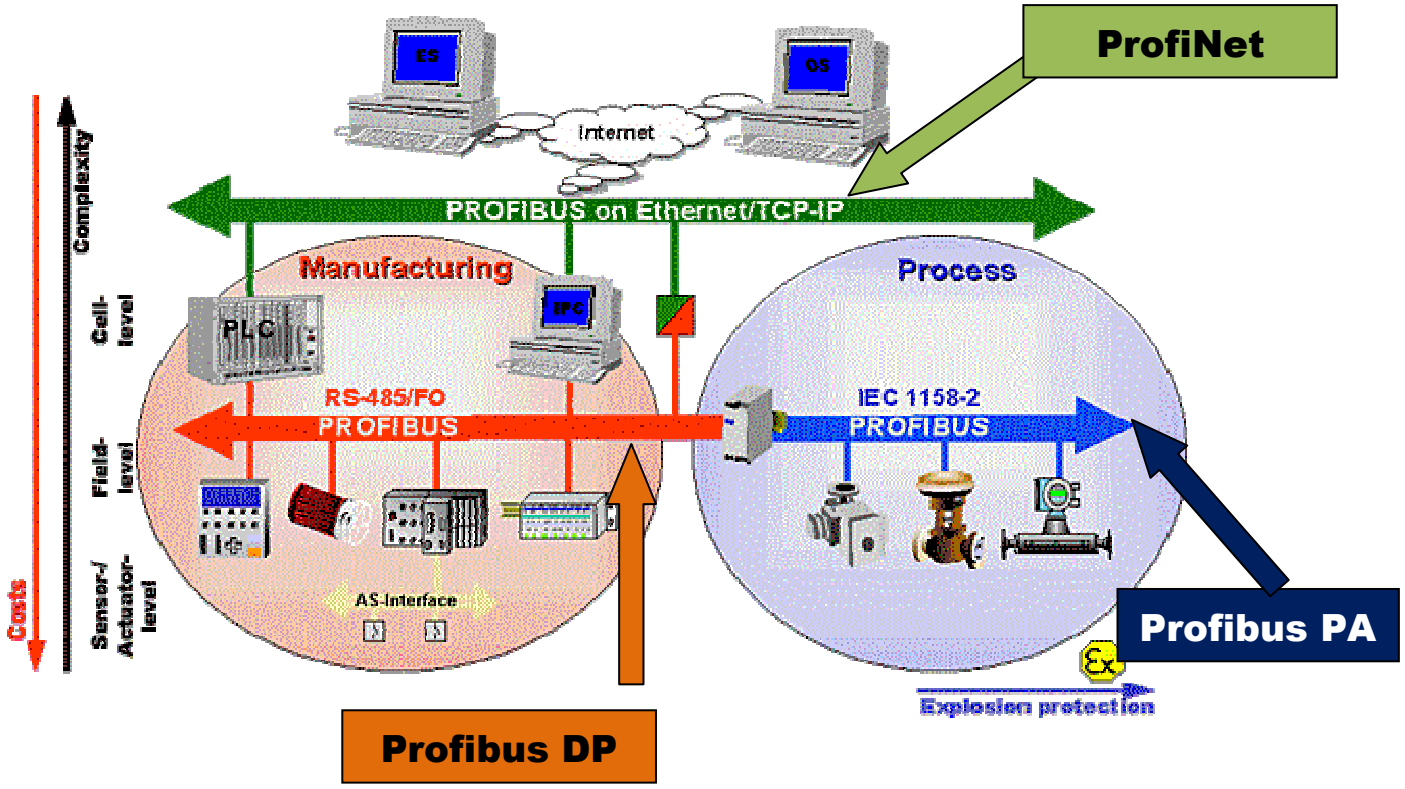


Figure II.5 : *classification des réseaux Profibus*

En 2002, l'offre de produits communiquant sous Profibus est forte de plus de 3 000 produits, fournis par un grand nombre de sociétés dont Schneider, Siemens, Landys & Gir, Applicom Int., Weidmuller, Saia, Europep, Hartmann et Braun, Khunke, Mitsubishi, Infranor,

Beckhoff, Hirchmann, Wago, Festo, Endress+Hauser, Moeller, ABB.

Les acteurs principaux de développement de l'offre de produits et d'évolution du réseau participent à l'organisation internationale des utilisateurs Profibus (Profibus Nutzerorganisation : PNO), qui s'appuie sur un réseau d'associations nationales dans plus de

vingt pays, dont l'association France Profibus. Une procédure de certification des équipements communiquant sous Profibus, respectant la norme ISO 9001, est réalisée par des centres de certification Profibus, garantissant ainsi une conformité des produits à la norme Profibus et leur conférant un numéro d'identification Profibus unique.

3. Variante du réseau Profibus

Profibus se décline en trois variantes de protocoles, répondant chacune à des finalités métiers et applicatives spécifiques :

— **Profibus-DP (Decentralized Peripheral) :** destiné aux applications de type maître-esclave en monomaître pour la gestion des équipements d'entrées-sorties déportées avec des temps d'accès extrêmement courts. Le fonctionnement multimaître est possible ;

— **Profibus-FMS (Fieldbus Message Specification) :** destiné aux applications nécessitant l'échange entre maîtres pour la synchronisation d'activités de contrôle-commande, basé sur la messagerie MMS (Manufacturing Message Specification) ;

— **Profibus-PA (Process Automation) :** destiné aux applications de contrôle de process nécessitant la communication avec des équipements de terrain (capteurs, actionneurs) permettant une téléalimentation des équipements et un fonctionnement avec sécurité intrinsèque en ambiance explosive (EExi).

4. Profibus dans le système OSI

Les spécifications de la norme Profibus, définies par les normes EN 50170 et DIN 19245, portent sur les couches 7, 2 et 1 du modèle OSI (Open System Interconnection) comme le montre l'analogie du réseau Profibus avec le modèle OSI sur la figure 2.Les deux variantes DP et FMS peuvent cohabiter sur le même réseau physique car elles partagent les mêmes couches physiques et de liaison de données. L'interconnexion d'un réseau Profibus-PA avec DP est généralement assurée au travers d'une passerelle DP/PA, qui peut être totalement transparente pour le maître DP qui adresse les équipements PA comme s'ils étaient sur DP, la passerelle jouant le rôle de maître PA. Cela présente un inconvénient : la passerelle peut limiter la vitesse sur le bus DP à 45,45 kbit/s.

La couche physique, couche 1, caractérise les supports de transmission, leurs caractéristiques électrique et mécanique. Trois standards sont préconisés : RS485, fibre optique (FO) et CEI 61158-2.

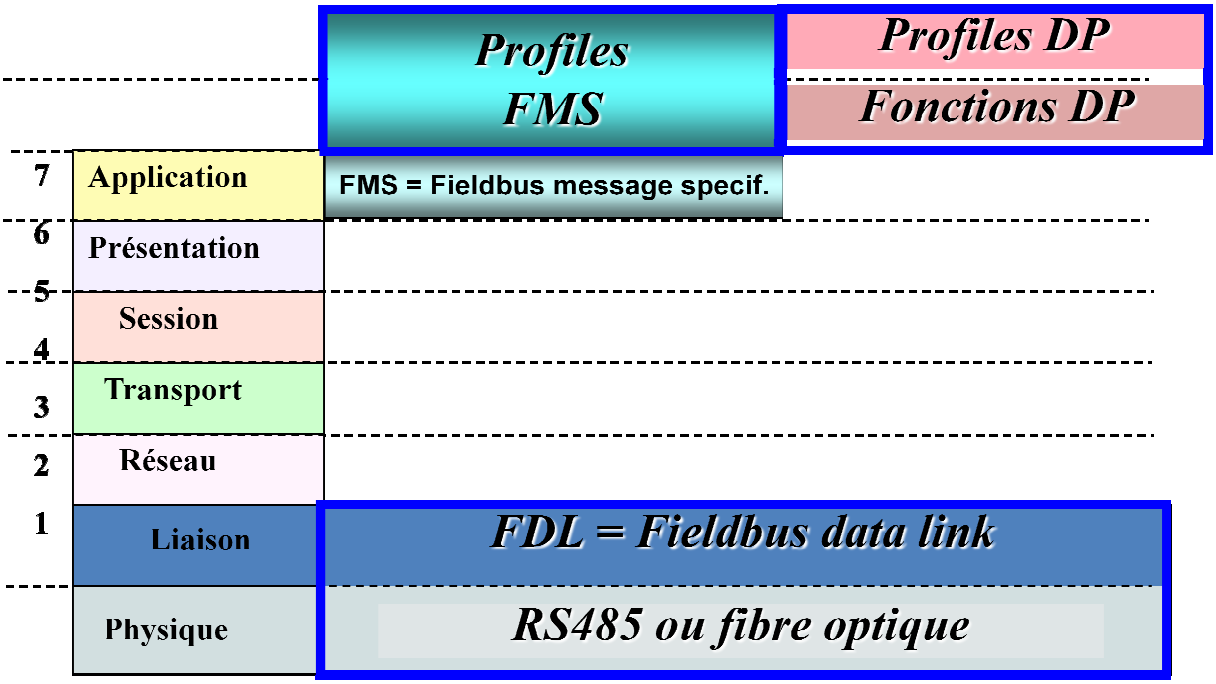


Figure II.6 : *structure OSI des trois variantes du Profibus*

La couche de liaison de données, couche 2, appelée couche FDL (Fieldbus Data Link Layer), caractérise quant à elle les procédures d'accès au bus, les services de transmission supportés ainsi que la structure des télégrammes.

Les couches 3 à 6 ne sont pas implémentées par Profibus. La couche application, couche 7, définit pour sa part les fonctions accessibles à l'utilisateur en s'appuyant sur la notion d'objet de communication au travers de services de gestion d'objets FMS (Fieldbus Message Specification). Les fonctionnalités de la couche FMS constituent un sous-ensemble réduit des fonctions du standard MMS (Manufacturing Message Specification) du protocole MAP (Manufacturing Automation Protocol), optimisées pour les applica tions réseau de terrain, et enrichies de fonctions d'administration d'objets de communication.

La couche FMS exploite la notion d'équipement virtuel VFD (Virtual Field Device) avancé par la norme MMS [R 7 574]. Selon les variantes Profibus-DP ou Profibus-PA, des profils d'application DP ou PA assurent des services spécialisés aux applications utilisatrices.

Une interface LLI (Lower Layer Interface) est chargée d'adapter la couche 7 à la couche 2, en prenant en charge le contrôle de flux et la surveillance de la liaison définie par des relations de communication configurables. Profibus-FMS supporte des relations de communication en mode connecté nécessitant l'ouverture préalable d'une liaison (par un service *Initiate*) avec le destinataire avant tout échange, et un mode non connecté permettant une communication en diffusion. Une interface ALI (Application Layer Interface) réalise quant à elle l'interface de la couche 7 avec le haut de la pile OSI vers le processus d'application [1].

Par abus de langage, les variantes Profibus-FMS, DP et PA sont souvent appelées protocoles. On parle ainsi de protocole Profibus-DP, protocole Profibus-FMS et protocole Profibus-PA. Mais comme le montre la figure 2, Profibus-DP et Profibus-FMS partagent les mêmes couches 1 et 2, et seul Profibus-FMS définit des services FMS en protocole d'application.

Quant à Profibus-PA, il se distingue par une couche physique CEI 61158-2 différente, et une couche 2 implémentant un calcul de clé de contrôle différent, ce qui confère à Profibus-PA un réel titre de protocole PA. Malgré cela, il est d'usage courant (et certainement facilitant la compréhension) d'admettre cet abus de langage. Dans la suite de cet article, cette appellation abusive de protocole pourra être utilisée. [BAJ 01]

5. Principe d'accès au bus

Profibus met en œuvre un modèle de communication de type maître-esclave selon un mode d'accès au bus de nature hybride, comme le montre la figure 3. Les équipements maîtres, appelés stations actives, dirigent la transmission de données sur le bus et émettent librement des messages, sous réserve d'obtenir le droit d'accès au médium, déterminé par le passage d'un jeton.

Les équipements esclaves, appelés stations passives, sont des équipements périphériques (blocs d'entrées-sorties, vannes, entraînements et transmetteurs de mesure, etc.) qui n'ont pas

le droit d'accès au bus. Leur action se limite à l'acquittement des messages reçus des maîtres ou à la transmission de messages en réponse à une demande des maîtres.

La nature hybride du principe d'accès au réseau implémenté par Profibus permet :

— d'une part une communication entre les stations maîtres par un mécanisme de passage de jeton sur bus, déterministe et adaptatif. La circulation du jeton est effectuée selon un anneau logique, indépendamment de la topologie bus du réseau ;

— d'autre part une communication simple de type maître-esclave entre une station maître et les équipements esclaves auxquels elle veut s'adresser.

Chaque station maître (station active) disposant du droit d'accès au bus figuré par le passage du jeton – qui est constitué d'une trame spéciale – est libre d'accéder à tout esclave (station passive) connecté au réseau. [BAJ 01]

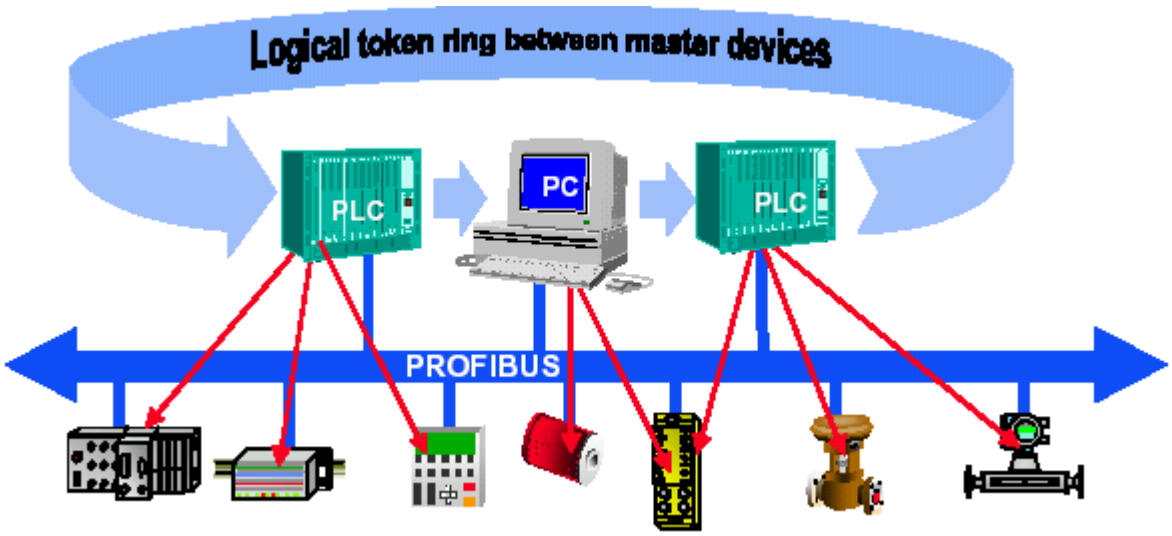


Figure II.7 : *principe hybride de gestion du bus.*

Conclusion

L'emploi de réseaux de communication dans les architectures d'automatisme industriel permet d'augmenter leur flexibilité et donc de répondre aux besoins d'adaptation des machines et des installations. Se faisant, ils obligent à des choix qui nécessitent des connaissances particulières afin d'effectuer les bonnes sélections parmi la multitude de réseaux de communication existants. Des critères simples sont applicables : ouverture, standardisation et adéquation

Profibus propose une architecture de communication ouverte et bien adaptée aux domaines majeurs d'application des réseaux industriels et des réseaux de terrain que sont l'industrie manufacturière avec Profibus-DP et Profibus-FMS, les procédés continus avec

Profibus-DP et Profibus-PA, ainsi que le bâtiment technique. Chaque version, chaque protocole FMS, DP et PA répond à des besoins spécifiques de communication dans un environnement automatisé, en reposant sur un ensemble commun de services robustes et déterministes.

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

Le prochain chapitre serra consacré à la description de l'usine et à la modélisation des stations automatisées en utilisant un grafcet.

Description et modélisation de l'usine de fabrication d'engobe et émaux

Introduction

L'accélération de la concurrence et des échanges internationaux impose aux entreprises de toutes tailles une évolution vers de nouveaux modes de production qui entraînent obligatoirement la mise en place de systèmes de communication. Dans les ateliers, les automatismes industriels de commande des installations s'organisent en architectures hiérarchisées et réparties intégrant des produits nouveaux.

Les besoins des systèmes de production qu'ils soient continus ou discontinus ont augmentés de façon considérable d'où la nécessité d'introduire le concept de système automatisé de production (SAP). SAP sont caractérisés par l'ouverture, c'est-à-dire par des relations, par des échanges et par des interactions avec leur environnement. Cette ouverture sur le reste de l'entreprise est à la base de la notion d'intégration dont la mise en œuvre se matérialise par le computer integrated manifacturing (CIM)

Afin de piloter les SAP on utilise les Automates Programmables Industriels (API) qui permettent une grande flexibilité dans les modifications de comportement à apporter au système. Cet équipement doit être configuré et programmé pour définir le comportement souhaité du système automatisé. Il apporte des atouts importants pour les systèmes comportant une grande complexité et fournit une facilité de mise en œuvre et une évolutivité lors des modifications de comportements à apporter à la commande. Il permet aussi la communication avec des périphériques déportés notamment d'autres automates programmablr industriels.

Dans ce chapitre nous mettrons l'accent sur la description des différents éléments constituant l'usine ainsi que de leurs fonctionnement, nous présenterons aussi, un modèle du procédé de commande des différentes stations de l'usine, qui nous permettra d'identifier les fonctions nécessaires au bon fonctionnement de l'automatisme de conduite de celles ci ainsi que les variables des automates (entrées/sorties).

I. Généralité sur l'unité de production

Situé au nord de l'Algérie, à 25 km à l'ouest du chef lieu de la wilaya de Boumerdes, l'usine de khmis khechna est la seule en Algérie qui produit des engobes et des émaux. Elle emploi plus de quarante personnes don 60% uniquement pour la production.

Cette usine a une capacité de production de 30 tonne/jours d'engobe et de 60 tonne/jours de frittes et la station de dosage peut mélanger plus de 70 tonnes de matière première/ jours.

II. Quelque définition

1. Engobe

L'engobe est un revêtement mince à base d'argile délayée (colorée ou non) appliqué sur une pièce céramique (tesson) pour modifier sa couleur naturelle, pour lui donner un aspect lisse ou pour obtenir une couche de base aux propriétés physico-chimiques spécifiques réagissant avec l'émail.

Un engobe se différencie d'un émail par sa teneur en argile. En effet, on a tendance à croire que les engobes ne produisent pas de surfaces vitrifiées mais cela ne représente pas la réalité car certains engobes vitrifient sans problème.

La grande différence est que l'engobe contient beaucoup plus d'argile dans sa composition qu'un émail.

2. Emaux

Email : Matière fondante composée de différents minéraux, rendue très dure par l'action de la chaleur, destinée à recouvrir par la fusion, le métal, la céramique, la faïence, la porcelaine à des fins de protection ou de décoration, et prenant alors des couleurs inaltérables.

En effet, l'émail est posé en poudre humide sur le tesson, ce qui rend possible la migration des composés solubles dans l'eau, comme la soude, dans le tesson et deviennent ainsi indisponibles pour la fusion de l'émail.

3. Frittes

La fritte est fabriquée en mélangeant la silice et des composés solubles dans l'eau (notamment des corps alcalins). L'ensemble est fondu, puis refroidi brusquement dans de l'eau, avant d'être réduit en poudre. La silice et les composés solubles étant liés chimiquement, la migration dans le tesson est pratiquement nulle ou sans conséquence.

La fritte, constituée principalement de verre pilé, est un des constituants d'un émail. Son utilisation est rendue nécessaire par le procédé d'émaillage.

III. Description des éléments de la station

L'unité de production d'engobe et émaux de khemis khechna est composé de 3 ateliers indépendants qui sont reparties comme suit atelier cuisson, station de broyage et station d'engobe.

1. atelier cuisson

Pour la fabrication de la fritte par fusion, cet atelier se compose de 04 fours, station dosage et de la station de traitement d'eau.

a\ Station dosage

Il s'agit de la partie de l'atelier où se prépare la recette pour la réalisation de la fritte qui servira de matière première à la fabrication des émaux et des engobes. La station de dosage est complètement automatisée, elle se compose des éléments suivants :

- **Poumon extérieur**

Sert à charger les silos de matière première, on charge la poudre à l'intérieur de celui-ci et il est mis sous pression, pour que la poudre s'allège et se mélange à de l'air comprimé, lorsqu'il atteint sa pression maximum qui est de 1.1 bars on effectue l'envoi de la poudre grasse à la pression de l'air comprimé.

- **Silos**

Il ya 17 silos équipés d'électrovannes dont 12 majoritaires contiennent les matières premières les plus utilisées (quartz, dolomite, alumine…..etc.), et 05 minoritaires ayant un volume moins important, et contiennent les matières les moins utilisées (nitrate potassique, borax….etc.).

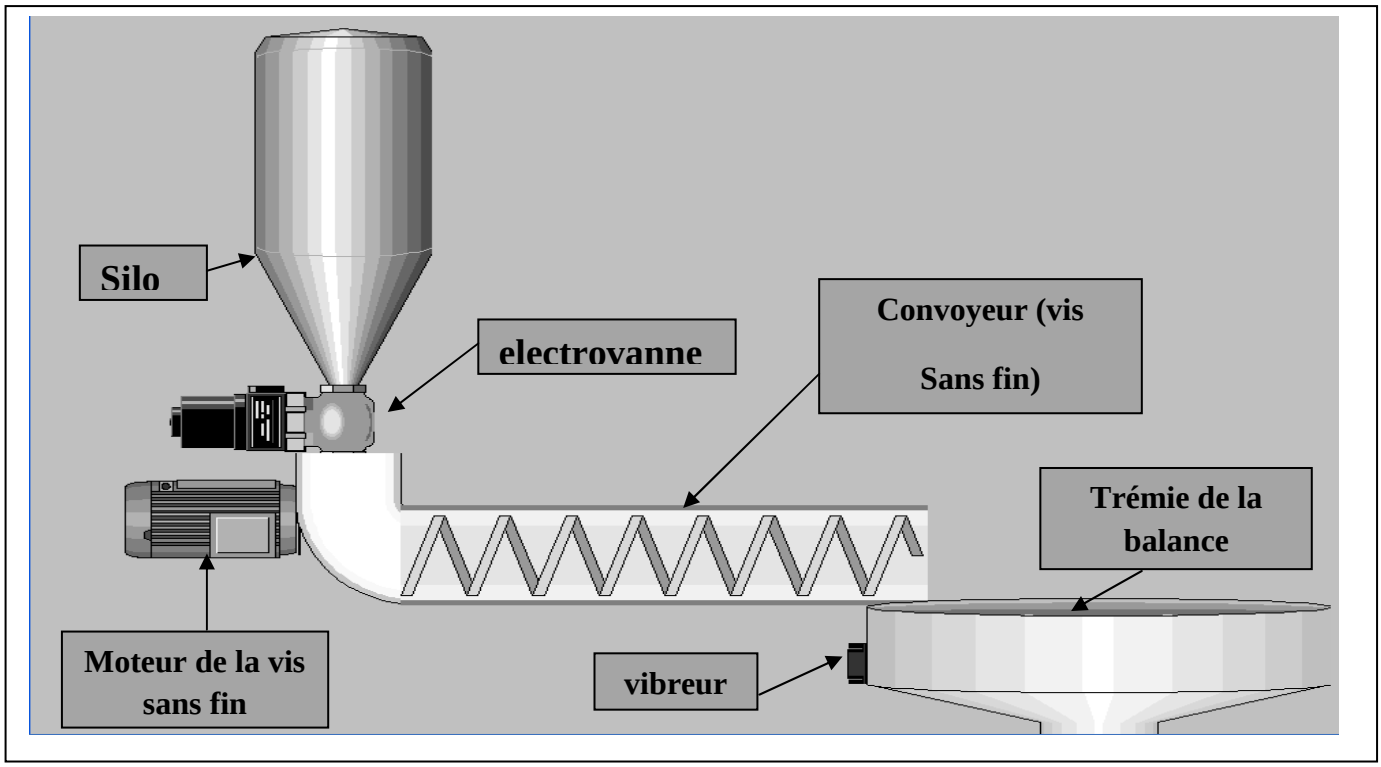


Figure III.1 : *Schéma synoptique représentant les éléments principaux de la station de dosage.*

- **Convoyeurs**

Des vis sans fin motorisés se charge de transporter la poudre qui sort du silo par gravitation vers la trémie de la balance pour y être pesé.

A part deux silos pouvant déverser la poudre par gravité, tous les autres sont équipés de convoyeurs.

Figure III.2 : *vis sans fin.*

- **Balances**

Trémie équipé de cellule de charge reçois les matières premières et les pèse.

- **Distributeur**

Système permettant de choisir la destination du mélange. Il est composé d'un moteur qui fait tourner le revolver pour choisir la destination de l'envoi et un coussin pneumatique pour l'accoupler au pipe de destination ; il dessert les 04 fours et la cellule d'urgence, cette dernière sert à récupérer les mauvais dosages.

- **Malaxeurs**

Mélangent la poudre après la pesé pour avoir un produit homogène

- **Cabine de contrôle**

Elle constitue le système nerveux de cette station c'est à d'ici que partent tous les ordres et qu'arrivent toutes les informations relevées. Elle abrite aussi les armoires électriques

b\ Four

Dans cette partie de la station la poudre issue de la station de dosage se transforme sous la chaleur en une sorte de verre pilé. Cette unité est composée des éléments suivant

- **Silos de stockage**

Situé au dessus de chaque four ces silos stock la poudre préparé par le dosage et malaxé cette poudre est en attente de frittage.

- **Système d'alimentation du four « vis sans fin »**

A partir des silos situés au dessus des fours, tombe par gravitation la poudre qui, par l'intermédiaire de vis sans fin alimentent les fours. La vitesse de fonctionnement de la vis sans fin est réglée manuellement en tenant compte de la vitesse de fonte de la fritte et de la qualité du gaz de combustion.

- **04 Fours tunnels**

Chaque four tunnel est composé

-D'une enceinte où fond la poudre.

- D'un système de combustion constitué d'un ensemble de vanne qui commande l'arrivé de gaz et d'air ambiant, ces vannes sont commandées grâce à une PID qui régule la température à l'intérieur du four obtenir une flamme homogène et d'un récupérateur de chaleur qui est une sorte de cheminé évacuant l'air chaud sortant du four par un ventilateur pour le réintroduire au four à une température de 540°c, afin d'économiser de l'énergie (gaz).

- Un fritteur lorsque la poudre atteint la température de fusion celle-ci fond et coule par gravité vers à bac d'eau à température ambiante, le choc thermique engendré par la différence de température transforme cette coulé en une sorte de verre pilé nome fritte.

c\ Station de traitement de l'eau

L'eau est traitée chimiquement pour éliminer toute les bactéries qui pourraient altérer la qualité de la fritte, la station est composée de

- 04 Bassins de 500 m3 pour stocker l'eau
- Toure de refroidissement refroidi l'eau ébouillanté par la coulé en fusion lors du frittage, afin d'avoir une température assez basse pour le choc thermique.
- 02 pompes hautes pression
- 02 pompes basses pression
- Armoire de commande permet de contrôler le niveau des bassins afin d'avoir une quantité d'eau constante est suffisante pour le processus de frittage.

2. Atelier d'engobe

Cet atelier est une sorte de mini dosage, dans celui ci on mélange la fritte avec différentes argiles pour obtenir des engobes et des émaux, le mélange est stocké dans des big bag, pour une manipulation plus facile, cette station est composé de

- **02 silos :** les silos A et B sont utilisés pour stocker la matière à mélanger avent d'être pesé.
- **Trémie équipé de cellule de charge** : reçoit et pèse la matière première du silo pour obtenir le mélange désiré.
- **Tapis roulant rotatif :** permet de déverser le mélange pesé dans les différent big bag
- **11 boxes à sac :** ce sont des cadre métallique ou l'on insert des big bag
- **Pc de commande :** est le cerveau de l'atelier, à partir de celui-ci on peut interagir avec les différents éléments de l'unité (électrovanne, moteur…etc.) et changer les paramètres du mélange pour obtenir de nouvelle recette.

3. Atelier de broyage

Le moulin de broyage est l'ensemble d'un mécanisme industriel conçu spécialement pour le broyage. Pour les moulins, le broyage se fait progressivement en partant d'une taille importante à une particule fine de l'ordre de quelques centaines de micromètres. Cette station est composé de :

- Trémie de sable : lieu de stockage du sable avant broyage.
- Les élévateurs à godets : s'utilisent pour le transport vertical de produits granulé, il y'en a deux, le premier transporte le sable de la trémie vers le moulin le deuxième transporte les particules broyés du moulin vers le silo.
- Moulin à boulet : cylindre rotatif orienté horizontalement, dans lequel les boulets roulant les uns sur les autres jouent le rôle de Corps broyant.
- Séparateur de particule : sépare les grosse des petites particules
- Collecteur Cyclone : réduit la vitesse des particules afin d'en récupérer les plus fines
- Filtre : filtre les particules qui ne sont pas aspiré par le cyclone.
- Ventilateur : produit le souffle nécessaire pour aspirer les particules.

IV. Description du fonctionnement de l'usine

Les sous unités de production sont indépendantes les unes des autre, elles entrent en production séparément. Chaque élément de sous unité est commandé par son propre automate programmable. Il ya six automates programmables, dont un pour la centrale dosage, un pour chacun des quatre four et un autre pour l'engobe.

C'est dans la centrale dosage, que l'on pèse et mélange les différents éléments de la recette.

Dés lors que la recette ainsi que la destination du mélange sont choisies et que les conditions de démarrage sont réunies, le cycle de dosage commence.

Pesé :

La vanne du silo s'ouvre et le moteur de la vis sans fin se met en marche pour transporter la poudre tombant du silo, vers la trémie de la balance, dés que le poids est atteint le moteur s'arrête et la vanne se referme.

Cette opération est refaite pour tous les silos sélectionnés pour la recette.

La pesé se fait sur deux balances pour accélérer le processus l'une pour les silos majoritaire et l'autre plus petite pour les silos minoritaire.

Envoi et malaxage :

Après pesage des éléments composant la recette, ceux-ci tombe dans le poumon vide, lequel envoie le mélange vers le silo de stockage situé au dessus du four après avoir été malaxé.

L'ouverture des vannes des trémies et de la soupape du poumon, enclenchent le chargement du poumon. Aussitôt les balance vidées la soupape se referme et la vanne de fluidification s'ouvre pour y injecter de l'air comprimé et ce afin d'alléger la poudre et d'augmenter la pression dans le poumon. Dés que la pression atteint les 1.1 bar dans le poumon, la vanne d'injection s'ouvre pour envoyer le mélange vers le malaxeur. Une fois le poumon vidé, la pression chute à zéro, les vannes de fluidification et d'injection se referment.

La poudre est malaxée pendant 240 secondes, ensuite les deux vannes du malaxeur s'ouvrent pendant 30 secondes, pour lâcher la poudre vers le silo de stockage situé au dessus du four.

Préparation de fritte :

Le four est alimenté de poudre par vis sans fin ; la vitesse du convoyeur est réglée manuellement, car la vitesse de fusion de la poudre diffère d'une recette à une autre et dépend aussi de la qualité du gaz de combustion et de la température ambiante.

Lorsque cette poudre est portée à fusion elle coule vers le bac rempli d'eau à température ambiante. Le choc thermique engendré par la différence de température transforme cette coulée en une sorte de verre pilé.

Fabrication d'engobe et émaux :

La fritte ainsi fabriquée, on passe à la station d'engobe dans laquelle on la mélange avec des argiles pour obtenir des émaux et des engobes

On remplie les silos A et B des matières que l'on veut mélanger et grâce à l'interface de communication située au pied de l'installation on insert les poids désiré pour chacune des matières. Lorsque le cycle commence, l'électrovanne du silo A s'ouvre et déverse dans la trémie de la balance, elle se referme dés que le poids désiré est atteint, même opération pour le silo B. Une fois le mélange fait, les vannes de la trémie s'ouvrent et le mélange tombe sur le tapis roulant, qui transporte le mélange vers le big bag du box 1, une fois la balance vide les vannes se referment et 10 secondes plus tard le tapis roulant s'arrête et pivote vers le box2, la même opération est reproduite pour le neuf autre box.

Une fois ce mélange terminé, on vide le silo A dans le big bag du box 11, et on refait la même chose pour le silo B en prenant soin de changer de big bag et on peut entamer un autre mélange.

V. Instrumentation

a\ Les capteurs

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

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

Dans l'usine de khemis khechna plusieurs capteurs sont utilisés, pour mesurer les différentes grandeurs.

- **Capteur de température**

Le choix d'un capteur de température doit se faire en fonction du type d'application, en tenant compte des conditions ambiantes, des plages de température et de la précision de mesure souhaitée.

Dans l'enceinte de chaque four, il ya deux capteurs de température, un thermocouple pour mesurer les températures inférieures à 950°c et des pyromètres pour celles supérieur à 950°c.

Les thermocouples sont des matériels particulièrement durcis et économiques qui peuvent opérer sur une large gamme de températures. Un thermocouple est créé lorsque deux métaux différents entrent en contact, ce qui produit une faible tension en circuit ouvert au point de contact qui varie en fonction de la température.

Le pyromètre infrarouge est un dispositif instrumental permettant de mesurer la température d'un objet à distance. Le principe de fonctionnement est basé sur la mesure des radiations de l'objet dans le domaine de l'infrarouge d'où le nom de pyromètre infrarouge.

❖ Capteur de niveau

Les capteurs de niveau de l'usine de khemis khechna sont des contacteurs magnétiques qui se composent d'un ensemble flotteur et d'un boîtier formant une bride carrée. L'ensemble flotteur porte un aimant permanant faisant face à un aimant similaire placé dans le boîtier. Les aimants sont disposés de manière qu'ils se repoussent au travers de la paroi du boîtier et assurent une construction étanche sans presse étoupe.

Principes de fonctionnement :

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

❖ Capteur de pression

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

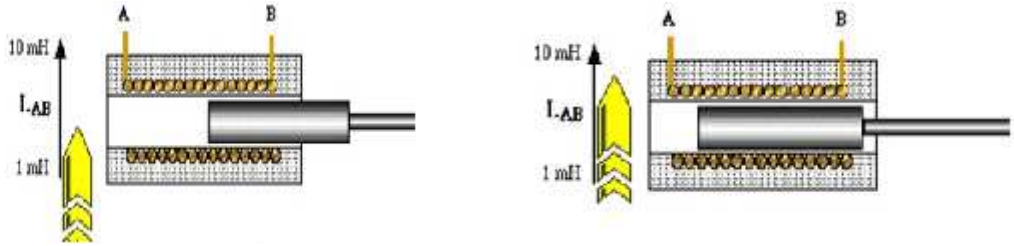


Figure III.3 : *Capteur inductif. Mesure de pression par variation d'inductance.*

Principes de fonctionnement :

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

B\ Les actionneurs

Les actionneurs sont des organes qui transforment une énergie prélevée d'une source en action physique. Dans notre cas, les énergies prélevées sont électrique et pneumatique, elles sont transformées en action mécanique.

- **Les distributeurs :**

L'énergie pneumatique destinée aux actionneurs pneumatique doit être distribué en pression et en débit de façon constante par les composants adoptés.

On classe les distributeurs dans la catégorie des prés actionneurs ou des interfaces de sortie. Les distributeurs sont définit par deux caractéristiques fonctionnelles :

- nombre d'orifices principaux nécessaires au fonctionnement des différents types d'actionneurs.
- Le nombre de positionnements définissant les états (dans notre cas 2 états repos et travail).

Les distributeurs utilisés au sein de la station sont des distributeurs 5/2.

Le distributeur 5/2 :

Il permet d'alimenter alternativement deux canalisations et d'assurer la mise à l'échappement.

Le distributeur à cinq orifices et deux positions est piloté par une bobine 24V.

- **Les vannes pneumatiques TOR :**

Les vannes TOR (tout ou rien) sont utilisées au niveau de la station sur chaque silos cela permet à la poudre …….

La pression d'air comprimé leur permet de bloquer ou de libérer la canalisation. L'air comprimé est admis grâce à une électrovanne à commande électrique.

Elle ne prend que deux positions, ouverte ou fermée : ouverte dés son alimentation en pression du fait que cela provoque la rotation de la tige de la tige associé au disque d'un angle de 90° et est fermé après la coupure de l'air comprimé.

- **Vannes pneumatiques de régulation :**

Ces vannes sont utilisées afin d'assurer un débit d'air et de gaz désiré. Elles sont utilisée dans l'usine au niveau du four, car le débit d'entré de gaz varie et qu'il doit être régulé selon la température nécessaire dans le four pour qu'il y'ai pas de choc thermique.

Les vannes de régulation sont utilisées pour réguler et contrôler le débit de gaz et d'air. Ce bloc est constitué de :

-actuateur pneumatique.

-actionneur pneumatique rotatif de 90°.

-vanne.

- **Servomoteur**

Un servomoteur (ou servo-moteur) est un moteur conçu pour générer le mouvement précis d'un élément mécanique selon une commande externe.

Un servomoteur est un système motorisé capable d'atteindre des positions prédéterminées, puis de les maintenir. On parle d'une position d'angle dans le cas d'un moteur rotatif et d'une position de distance dans le cas d'un moteur linéaire. Toutes les vis sans fin de l'usine sont équipées de servomoteur qui permet la rotation de la vis pour le transport de la poudre du silo à la trémie.

VI. Modélisation de l'usine par GRAFCET

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

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

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

1. Définition du GRAFCET

Le GRA.F.C.E.T. (élaboré en 1977) est l'abréviation de l'expression « GRAphe Fonctionnel de Commande Etape/Transition ». Il permet de décrire tous les comportements attendus d'un automatisme de commande face aux événements ou aux informations issues d'un processus automatisé. En d'autres termes, c'est un modèle graphique de représentation du cahier des charges d'un automatisme logique. [DAV 89]

2. Eléments de base d'un grafcet

Le grafcet est une suite de transitions, il est composé [DAV 89] :

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

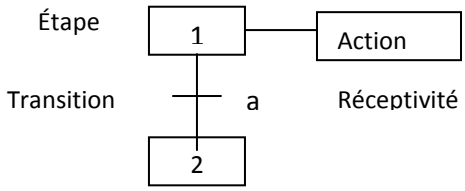


Figure III.4 : *Eléments de base d'un GRAFCET.*

3. Règles d'évolutions du grafcet [IEC 02]

Règle1:

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

Règle2 :

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

Règle 3:

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

Règle 4:

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

Règle5 :

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

4. Structure de base

Séquence unique (structure linéaire) (Figure III.5)

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

Saut d'étapes (Figure III.6)

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

Reprise d'étapes (Figure III.7)

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

Séquences exclusives (Figure III.8)

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

Séquences simultanées : (Figure III.9)

Plusieurs séquences peuvent s'exécuter simultanément, mais l'évolution des séquences dans chaque branche reste indépendante et la présence d'étapes d'attentes sont généralement nécessaires [IEC 02].

5. Niveau de grafcet

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

Niveau 1 (spécification) :

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

Niveau 2 (réalisation) :

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

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

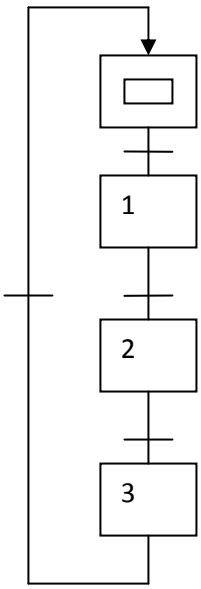


Figure III.5 : *Séquence unique*

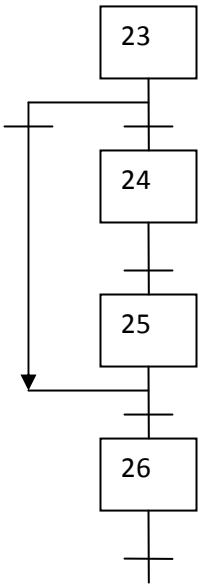


Figure III.6 : *Saut d'étape*

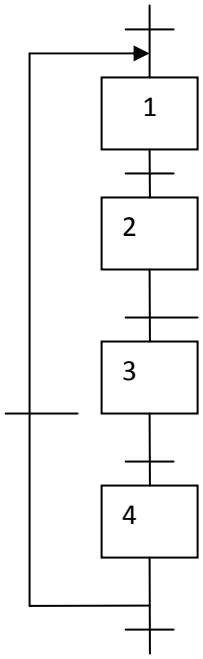


Figure III.7 : *Reprise d'étape*

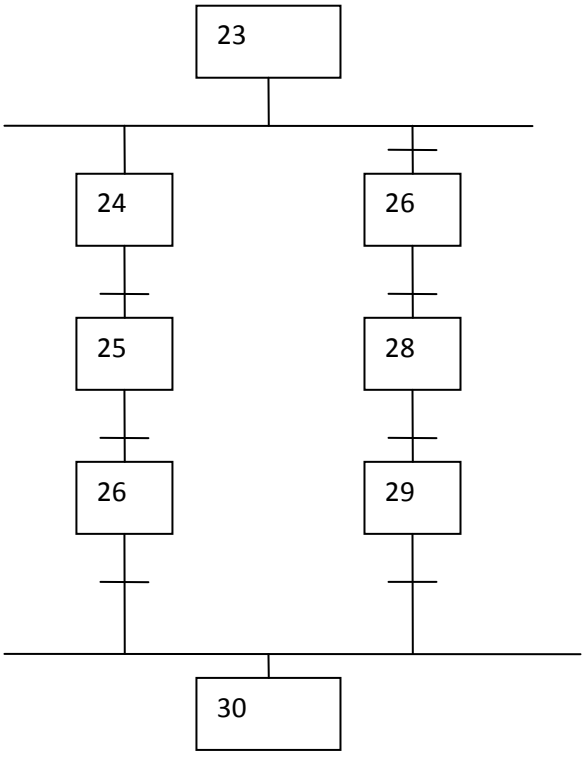


Figure III.8 : *Séquences exclusives.*

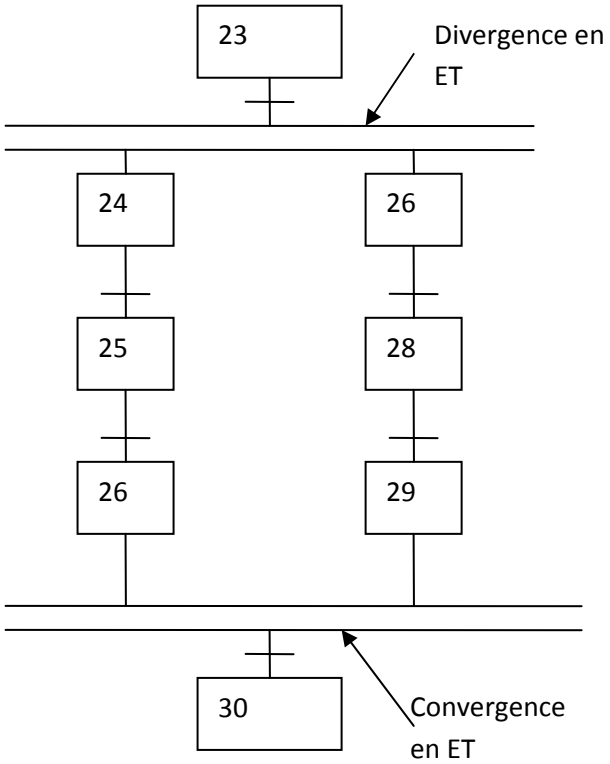


Figure III.9 : *Séquences simultanées.*

6. Les abréviations utilisées le modèle du dosage et de l'engobe

a\ Les actions

Le tableau ci-dessous résume les actions utilisées pour le modèle de conduite développé (voir annexe**)**

ACTIONS	**SIGNFICATION**
O.Vsx	Ouverture de la vanne silo x.
F.Vsx	Fermeture de la vanne du silo x.
Dém Mx	Démarrage du moteur de la vis sans fin du silox.
Arr.Mx	Arrêt du moteur de la vis sans fin du silox.
Saut	Le silo n'est pas sélectionné dans la recette.
FDPMaj	Fin de pesé partiel pour les silos majoritaire.
FDPmin	Fin de pesé partiel pour les silos minoritaire.
O.Soupape	Ouverture de la soupape du poumon.
Malaxeur ON	Mise en marche du malaxeur.
O.vt x	Ouverture des vannes des trémies
F.vt x	Fermeture des vannes des trémies
Vibreur Maj ON	Mise en marche du vibreur de la trémie de la balance majoritaire
Vibreur min ON	Mise en marche du vibreur de la trémie de la balance minoritaire.
Vibreur Maj OFF	Arrêt du vibreur de la trémie de la balance majoritaire.
Vibreur min OFF	Arrêt du vibreur de la trémie de la balance minoritaire.
F. soupape	Fermeture de la soupape du poumon.
O. fluidification	Ouverture de la vanne de fluidification.
O.injection	Ouverture de la vanne d'injection.
F. fluidification.	Fermeture de la vanne de fluidification.
F. injection	Fermeture de la vanne d'injection.

ACTION	**SIGNIFICATION**
Malaxeur OFF	Mise à l'arrêt de malaxeur.
O. Vm1, 2	Ouverture des vannes 1 et 2 du malaxeur.
F. Vm1, 2	fermeture des vannes 1 et 2 du malaxeur.
O.S a,b	Ouverture des vannes des silos a et b.
F.S a,b	fermetures des vannes des silos a et b.
Tapis ON	Mise en marche du tapis.
Tapis OFF	Mise à l'arrêt du tapis.

Tableau III.1 : *Actions et leurs significations*

b\ Les réceptivités

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

RECEPTIVITES	**SIGNIFICATION**
BP	Bouton poussoir de démarrage du mode automatique
P.al	Pas d'alarmes
AU	Arrêt d'urgence
Sx	Silo x sélectionné dans l'élaboration de la recette.
$\overline{Sx}$	Silo x pas sélectionné dans l'élaboration de la recette.
Bal x = bal x +Px	
FDPmin	Fin de dosage partiel des silos minoritaire
FDPMaj	Fin de dosage partiel des silos majoritaire

RECEPTIVITES	SIGNIFICATION
P=0	Temporisation d'impulsions prolongée
Malaxeur ON	Malaxeur en marche
Bal x = 0	Balance x = 0
T = xs	Temporisation de x secondes
Nbr EE= Nbr P	Nombre d'envois effectué égale au nombre d'envois prévus
Nbr EC≠ Nbr P	Nombre d'envois en cours égale au nombre d'envois prévus
P1 et P2	Poids désirés
Bal = P1	Lecture de la balance atteint le poids P1
Bal = P1+P2	Lecture de la balance atteint le poids P1+P2
Tapis ON	Tapis en marche
Tapis OFF	Tapis à l'arrêt
Pos x	Tapis roulant à la position x.
T = 10s	Temporisation de 10s

Tableau III.2 : *Réceptivités et leurs significations*

7. Etude du modèle de la station de dosage

Le programme conçu pour la station de dosage est mis en branle par bouton poussoir de sélection de mode, c'est-à-dire qu'il entre mode automatique. Le démarrage du cycle se fait lorsque la recette et la position du distributeur sont choisies et que les balances sont vides.

Dès lors, tous les éléments de la station sont prêts à recevoir des ordres et à entrer en production.

Etudions une partie de notre modèle, prenons la pesé par exemple : la pesé des éléments entrant dans la recette se fait simultanément sur deux balances, mais les silos associés à chaque balance sont interrogés l'un après l'autre. Lorsqu'un silo est sélectionné il ouvre sa vanne pour déverser la matière première et le moteur de la vis sans fin démarre pour convoyer celle-ci jusqu'à la balance, dés que le poids désiré est atteint le moteur s'arrête et la vanne se referme, si le silo n'est pas sélectionné il passe directement au silo suivant.

Le grafcet de notre station est illustré par la figure

Conclusion

La complexité des systèmes et des techniques utilisées au de l'usine de khmis khechna, incite les responsables de l'entreprise à chercher une solution de supervision qui centralise l'ensemble des ateliers de production pour une meilleure gestion de l'usine.

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

Ce chapitre nous a servi à décrire et à modéliser nos procédés de commande et à identifier les fonctions nécessaires au bon fonctionnement de l'automatisme de conduite de nos systèmes ainsi que les variables des différents automates (entrées/sorties), Il nous à servis aussi à trouver la configuration adéquate pour la communication des automates.

développement des programmes d’automatisation et de la plateforme de supervision

Introduction

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

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

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

I. développement des programmes d'automatisation

1. Critère de choix de l'automate programmable industriel

Après avoir étudié notre système dans les chapitres précèdent, le choix des API revient à considérer certains critères important tels que :

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

L'usine de que nous avons étudié est constituée de six (06) automates programmables, un pour le dosage, un pour l'engobe et un pour chacun des quatre fours tous relier au réseau PROFIBUS.

Les entrées/sorties sont de nature analogique et numérique et leurs varient entre 100 et 300 pour chacun des automates.

Pour cela nous avons opté pour l'automate S7 300 de la firme SIEMENS, car il répond parfaitement aux exigences citées ci-dessus et prend en charge le réseau PROFIBUS.

L'automate S7-300

L'automate programmable est un système de traitement logique de l'information dont le programme de fonctionnement s'effectue à partir d'instructions établies en fonction du processus à réaliser [DOC 06].

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

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

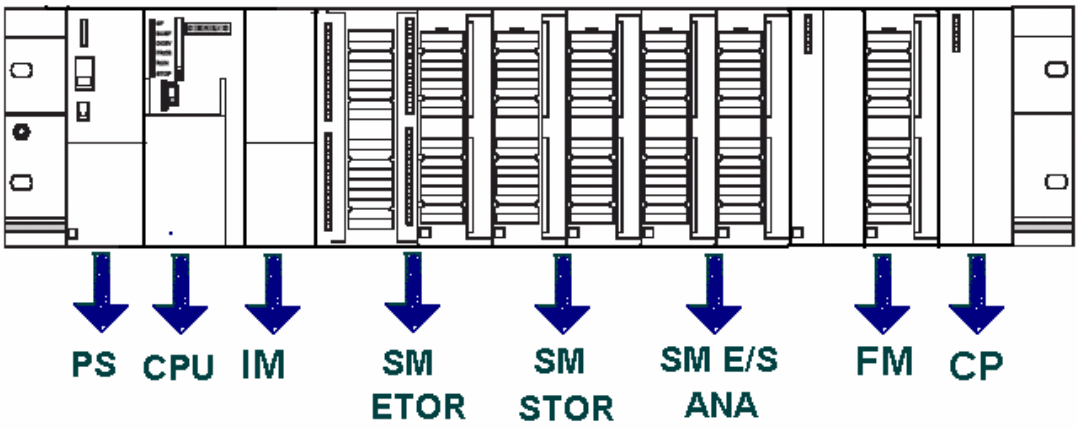


FIGURE VI.1. : *Présentation des modules du S7-300.*

- **Fonctionnement :**

Le S7-300 est un mini automate modulaire conçu pour les applications d'entrées et de milieu de gamme Figure VI.1, il lit en permanence et à grande vitesse les informations du programme dans la mémoire.

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

Le temps de lecture d'un programme est pratiquement inférieur à 10 µs. ce temps est très inférieur au temps d'évolution d'une séquence.

2. Configuration de la communication

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

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

3. Programmation des automates programmables

a. Progiciel STEP7

Nous allons programmer nos automates programmable avec le STEP7 qui est le progiciel de base pour la configuration et la conception des programmes pour les systèmes d'automatisation SIMATIC, existant en plusieurs version telles que :

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

Configuration matérielle

Nous avons programmé la configuration matérielle avec l'application HW config du progiciel STEP7

La configuration matérielle consiste en la disposition des châssis (racks), de modules et d'appareils de la périphérie centralisée. Les châssis sont représentés par une table de

configuration dans laquelle on peut enficher un nombre définit de module, comme dans les châssis réels.

Pour la station dosage nous avons choisit la configuration matérielle suivante :

- La CPU 315-2DP ;
- Cinq (05) modules d'entrées logiques de 32bits;
- Cinq (05) modules de sorties logique de 32bits ;
- Un module d'entrées analogiques de 8*13 bits ;
- Un module de sorties analogique de 4*12 bits ;
- Un coupleur pour relier les deux racks.

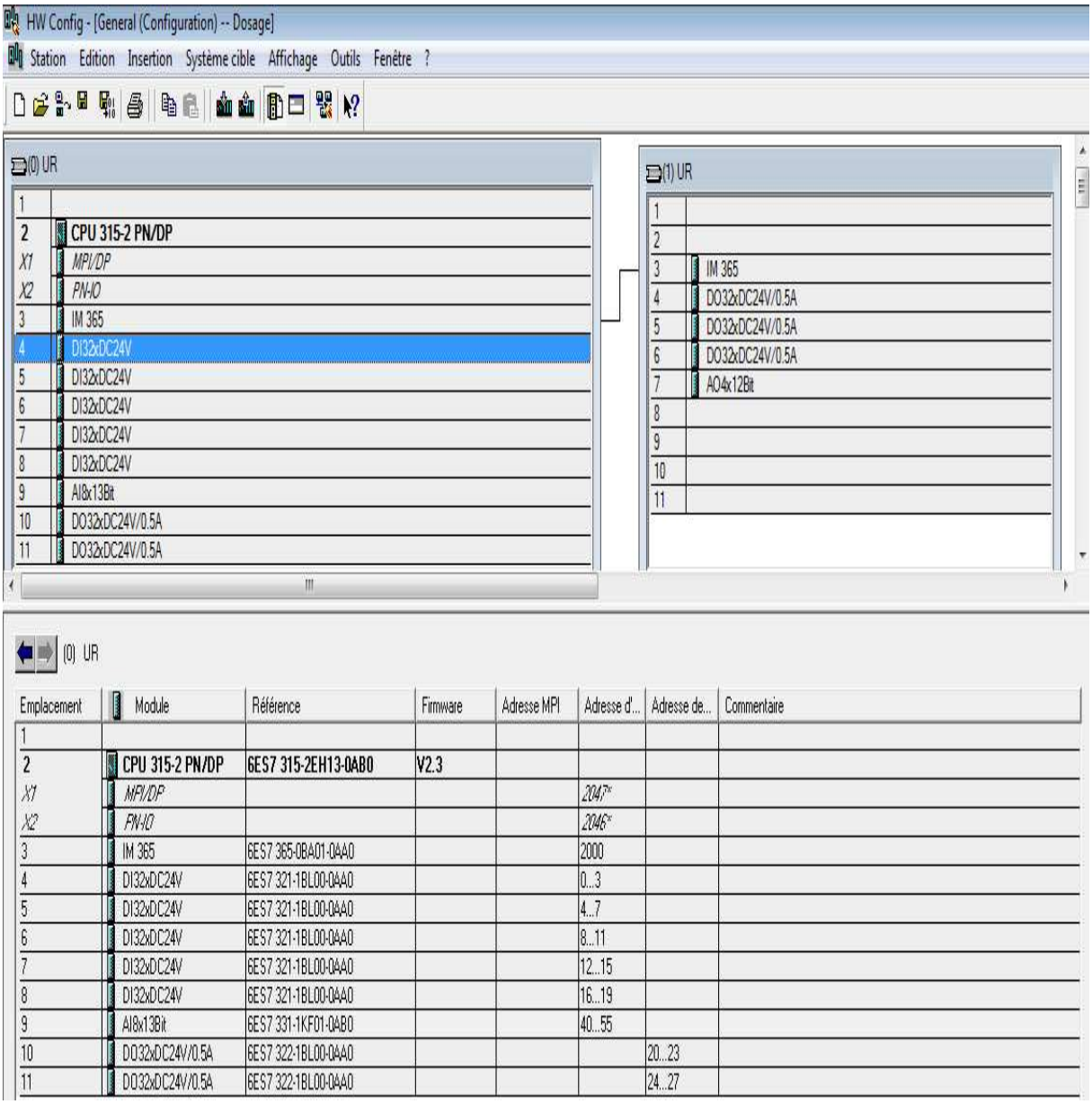


Figure VI. 2: *configuration matérielle de la station dosage.*

4. Configuration de la périphérie décentralisée

Une périphérie décentralisée désigne un réseau maître constitué d'un maître de périphérie décentralisée et d'esclaves de périphérie décentralisée reliés par un câble de bus et communiquant entre eux via le protocole PROFIBUS DP.

Diverses unités pouvant être maître DP ou esclave DP,

Voici des exemples de configuration pour PROFIBUS DP qu'on peut paramétrer avec STEP 7.

• Configuration avec des esclaves DP simples (modulaires ou compacts) (échange de données esclave <-> maître)

• Configuration avec des esclaves DP intelligents (échange de données esclave I <> maître)

• Configuration avec des esclaves DP intelligents (échange de données direct esclave > esclave I)

• Configuration avec deux réseaux maître DP (échange de données direct esclave > maître)

Configuration avec des esclaves DP simples (modulaires ou compacts) (échange de données esclave <> maître)

Dans cette configuration, l'échange de données entre maître DP et esclaves DP simples, c'est-à-dire modules d'entrées/sorties, a lieu via le maître DP. Au sein du réseau maître DP, le maître interroge l'un après l'autre chaque esclave configuré dans sa liste d'appel et il leur transmet les données de sortie ou reçoit leurs valeurs d'entrée. Les adresses d'E/S sont attribuées automatiquement par le logiciel de configuration. Cette configuration est appelée aussi système monomaître, puisqu'un seul maître DP est connecté à un sous-réseau PROFIBUS physique avec les esclaves correspondants.

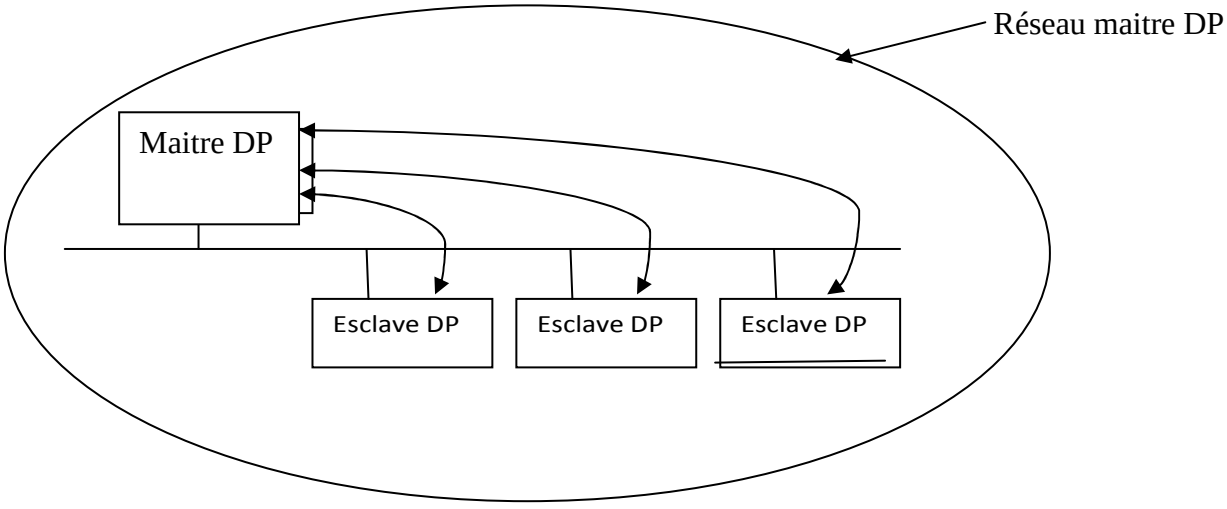


Figure VI.3 : *configuration « maitre esclave DP simple »*

Cette configuration ne nous convient pas car il n'ya pas de communication direct avec les esclaves, pour cela nous avons opté pour la configuration « maitre-esclave DP intelligent », car elle repond à nos besoin elle consiste en la décomposition du système d'automatisation en tache partielles, commandées par un système d'automatisation de niveau supérieur. Ces tâches de commande, faciles à accomplir de manière autonome et efficace, seront exécutées par une CPU sous forme de prétraitement. Pour réaliser ces CPU (esclave intelligent), on a recours à des esclaves DP intelligents. Dans les configurations à esclaves DP intelligents (esclave I), le maître DP n'accède pas aux modules d'E/S de l'esclave intelligent, mais seulement à la zone d'opérandes de la CPU de l'esclave I. Cela signifie que cette zone d'opérandes ne doit pas être attribuée à des modules d'E/S réels de l'esclave I. Il faut procéder à cette affectation quand on configure l'esclave I. Cette configuration permet la transmission très rapide de données d'entrée d'esclaves DP à des esclaves DP intelligents du sous-réseau PROFIBUS DP. Tous les esclaves DP simples ou d'autres esclaves DP intelligents peuvent mettre à disposition certaines données d'entrée pour cet échange direct (DX) entre esclaves DP. Mais les récepteurs de ces données ne peuvent être que des esclaves DP intelligents.

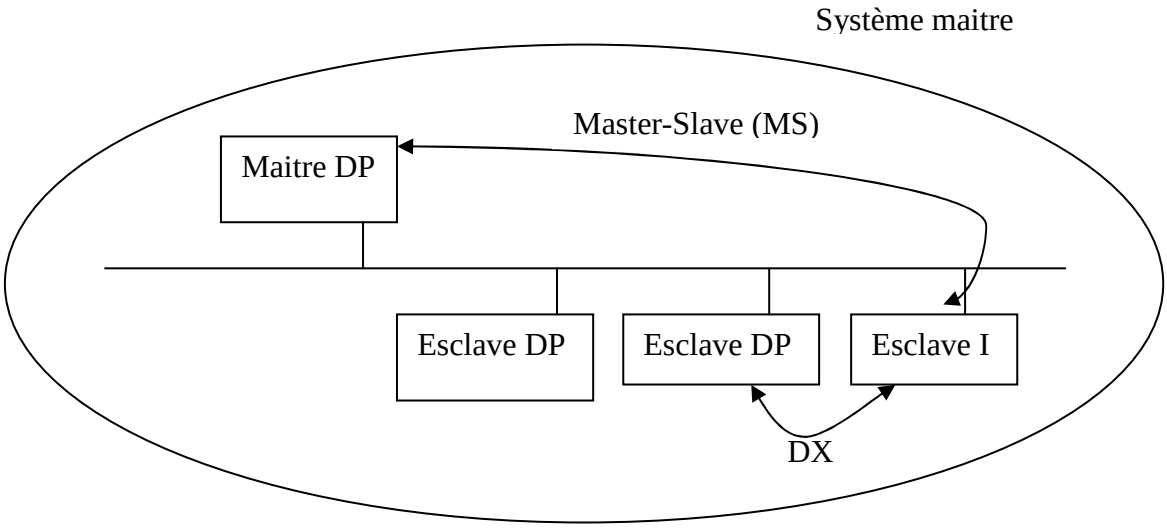


Figure VI.4 : *Configuration « maitre-esclave DP intelligent »*

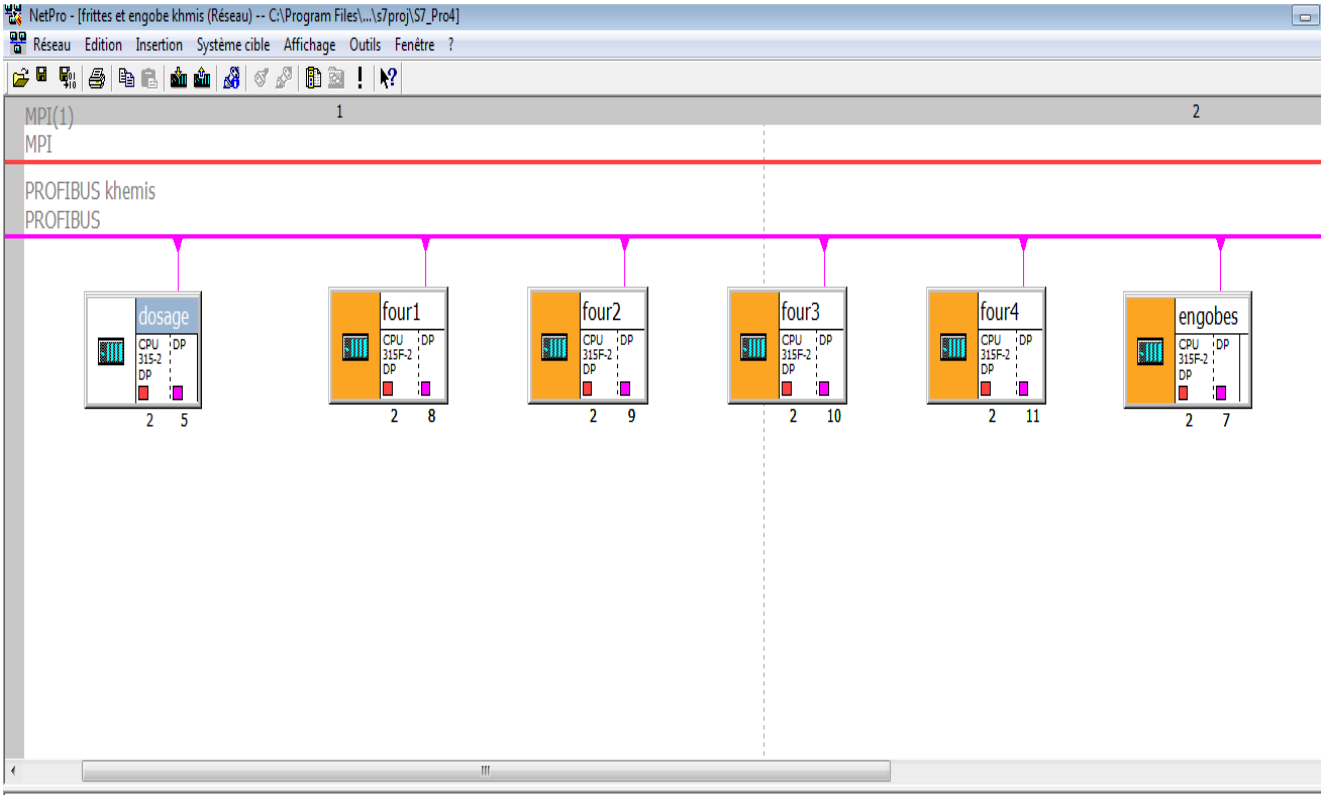


Figure IV.5\a : *Configuration réseau dans NET PRO.*

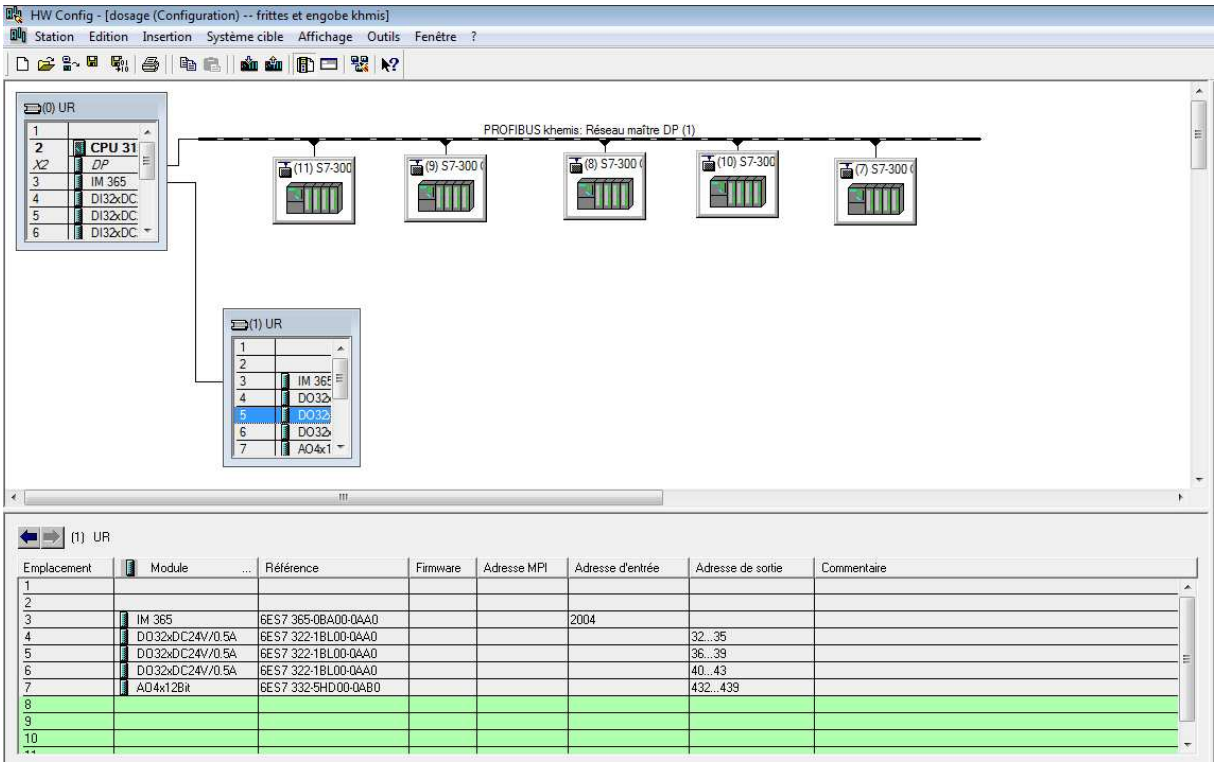


Figure VI.5\b: *configuration réseau dans HW CONFIG.*

5. Structure de notre programme

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

Nous avons utilisé ces blocs pour la programmation de notre application

- **Bloc d'organisation et de traitement de programme cyclique OB1**

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

- **Bloc fonctionnel (FB)**

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

- **Fonction (FC)**

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

- **Bloc de données (DB)**

Les blocs de données sont des zones mémoire qui permettent de mémoriser des données locales ou bien globales. Il existe deux types de bloc de données :

DB globaux : servent à enregistrer les données utilisateurs pouvant être utilisées par tous les autres blocs ;

DB d'instances : il est associé à chaque FB, un FB peut avoir plusieurs DB d'instances.

Pour l'automatisation de l'usine nous avons développé 03 programmes, un pour chaque atelier.

Le programme de dosage :

L'arborescence du programme de dosage est illustrée par la figure VI.6/a, il est constitué de

04 blocs fonction (FB)

FB10 : la pesé, gère la pesé des matières première

FB20 : envoi, gère le transport de la poudre pesé des trémies de la balance jusqu'au malaxeur

FB30 : malaxage, gère le malaxage de la poudre et sont envoi vers le four

FB40 : rapport de production

05 fonctions

FC1 : est la fonction de sélection de mode

FC2 : recette, sélectionne les silo et le poids de chaque élément

FC3 : gère la position du distributeur

FC4 : historique de production

FC5 : historique des approvisionnements

04 blocs de données

DB1 : bloc de donnée lié à FB1

DB2 : bloc de donnée lié à FB2

DB3 : bloc de donnée lié à FB3

DB4 : bloc de donnée lié à FB4

Programme du four

Pour l'atelier four nous avons développé un programme qui est similaire pour chacun des fours, l'arborescence est illustrée par la figure IV.6/b, il est constitué de

04 blocs fonction (FB)

FB10 : allumage du four

FB20 : extinction du four

FB30 : gestion de la température

FB40 : récupérateur de chaleur

04 fonctions

FC1 : sélection du mode automatique

FC2 : régulation d'air

FC3 : régulation du gaz

FC4 : gestion des ventilateurs

04 blocs de données

DB1 : bloc de donnée lié à FB1

DB2 : bloc de donnée lié à FB2

DB3 : bloc de donnée lié à FB3

DB4 : bloc de donnée lié à FB4

Programme d'engobes et émaux

Enfin, le programme des engobe est constitué de

02 blocs fonction (FB)

FB10 : la pesé

FB20 : la distribution

03 fonctions

FC1 : sélection du mode automatique

FC2 : recette

FC3 : condition de fermeture des vannes

02 blocs de données

DB1 : bloc de donnée lié à FB1

DB2 : bloc de donnée lié à FB2

L'arborescence de programme des engobes est illustrée par la figure IV.6/f

Exemples de notre programme

Pour cette partie nous allons prendre une partie du programme des engobes et du programme du dosage.

La fonction de sélection du mode automatique du programme des engobes (FC1)

La fonction ci-dessous est la fonction de sélection du mode automatique. Pour sélectionner le mode automatique il faut appuyer sur bouton poussoir, que le tapis soit à la position un (1) et qu'il n'y ait ni s'alarmes ni avaries. (Figure IV.6)

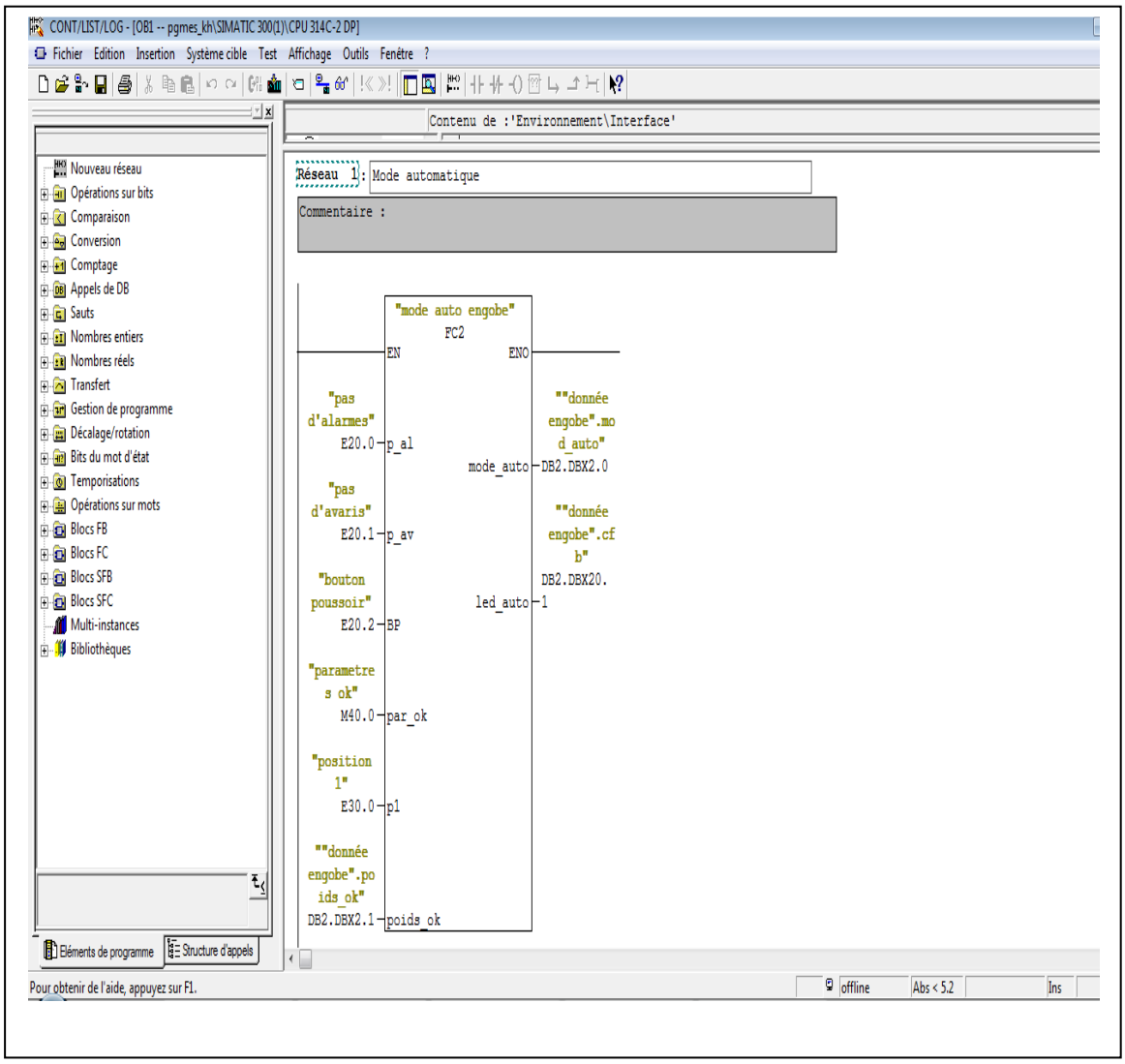


Figure VI.6: *exemple de programmation bloc de sélection du mode automatique.*

Bloc FC3 du programme de dosage

L'exemple suivant est le programme de sélection de position du distributeur, le programme compare la position actuelle du distributeur à la position désirée si elle coïncide rien ne se passe dans le cas échéant le distributeur est désaccouplé du cylindre d'envois, le moteur se met en marche et dés qu'il atteint la position désiré le moteur s'arrête et le distributeur s'accouple au cylindre d'envois.

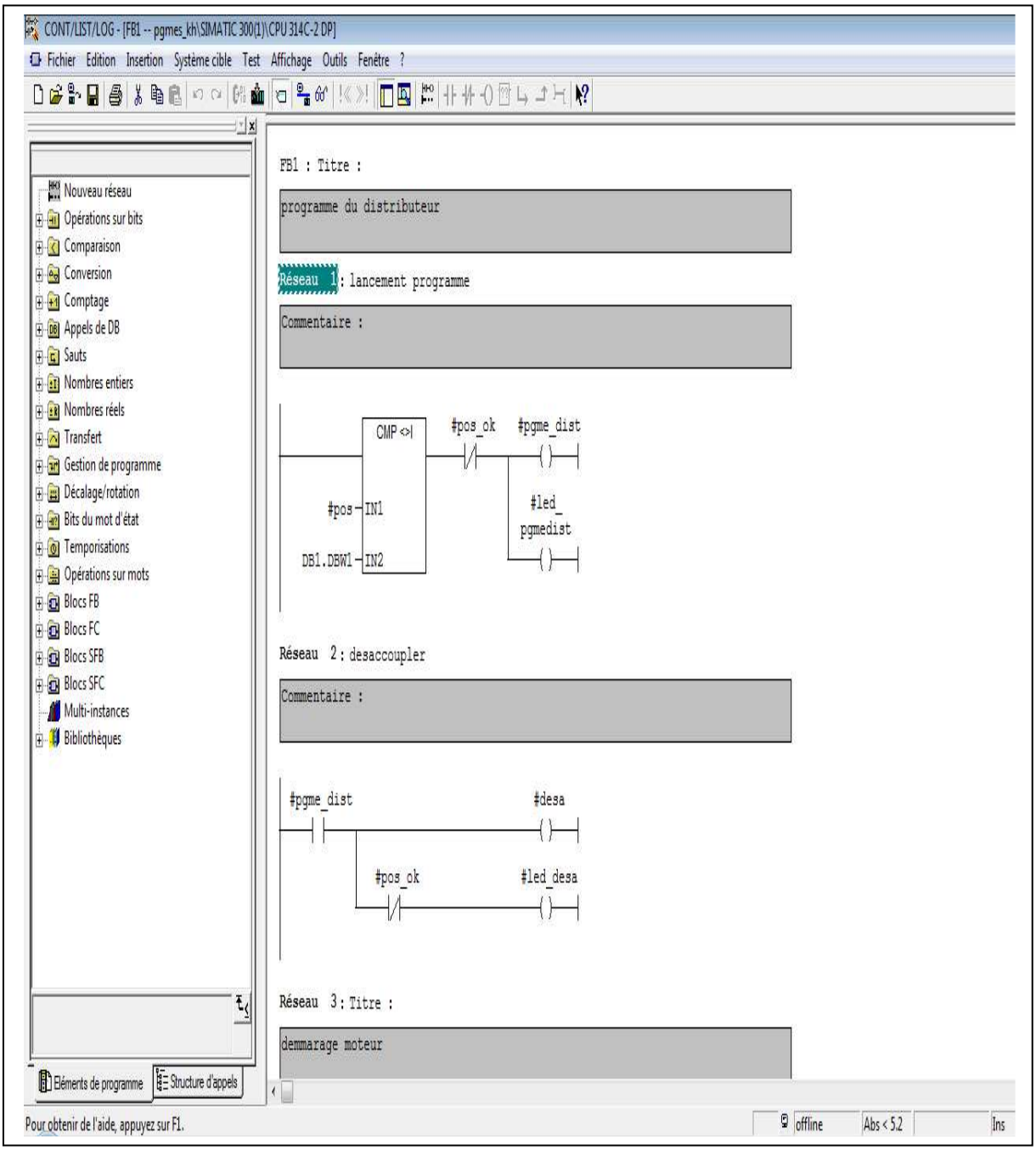


Figure VI.7 : *exemple de programmation Le bloc FC3.*

6. Table des mnémoniques

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

Editeur de mnémoniques - [Programme S7(1) (Mnémoniques) -- pgmes_kh\SIMATIC 300(1)\CPU 314C-2 DP]

Table Edition Insertion Affichage Outils Fenêtre ?

Tous les mnémoniques

	Etat	Mnémonique	Opérande	Type de d	Commentaire
1		bouton poussoir	E 20.2	BOOL	bouton poussoir
2		conditions de fermeture	FC 3	FC 3	bloc fonction conditions de fermeture
3		demmarage	M 40.6	BOOL	demmarage
4		donnée engobe	DB 2	DB 2	bloc de donnée donnée engobe
5		led de demmarage	M 40.7	BOOL	lampe de demmarage
6		mode auto engobe	FC 2	FC 2	mode auto engobe
7		O. des vanne de tremie	A 100.2	BOOL	Ouverture des vanne de tremie
8		ouverture vanne silo a	A 100.0	BOOL	ouverture vanne silo a
9		ouverture vanne silo b	A 100.1	BOOL	ouverture vanne silo b
10		parametres ok	M 40.0	BOOL	parametres ok
11		pas d'alarmes	E 20.0	BOOL	pas d'alarmes
12		pas d'avaris	E 20.1	BOOL	pas d'avaris
13		position 1	E 30.0	BOOL	position 1 du tapis roulant
14		position 10	E 31.1	BOOL	position 10 tapis roulant
15		position 11	E 31.2	BOOL	position 11 tapis roulant
16		position 2	E 30.1	BOOL	position 2 tapis roulant
17		position 3	E 30.2	BOOL	position 3 tapis roulant
18		position 4	E 30.3	BOOL	position 4 tapis roulant
19		position 5	E 30.4	BOOL	position 5 tapis roulant
20		position 6	E 30.5	BOOL	position 6 tapis roulant
21		position 7	E 30.6	BOOL	position 7 tapis roulant
22		position 8	E 30.7	BOOL	position 8 tapis roulant
23		position 9	E 31.0	BOOL	position 9 tapis roulant
24		recette	DB 1	DB 1	recette tapis roulant
25		tapis off	A 100.4	BOOL	tapis off
26		tapis on	A 100.3	BOOL	tapis on
27		AL	DB 10	DB 10	Alarmas del sistema (BOOL)
28		Alarmas	FC 120	FC 120	Generación Alarmas
29		Averias	FC 121	FC 121	Generacion bits de averia para las secuencias

Figure VI.8: *table des mnémoniques.*

7. Validation du programme de conduite

Pour la validation de nos programmes nous avons utilisé le logiciel de simulation d'automate S7-PLSIM, intégré dans l'atelier logiciel STEP7 professionnel, il permet le test dynamique des programmes de toute configuration automate SIMATIC S7 sans disposer de matériel cible. Il permet aussi de réduire de manière significative, les temps de mise en service de nos installations grâce à la mise au point et l'optimisation anticipée des programmes automates.

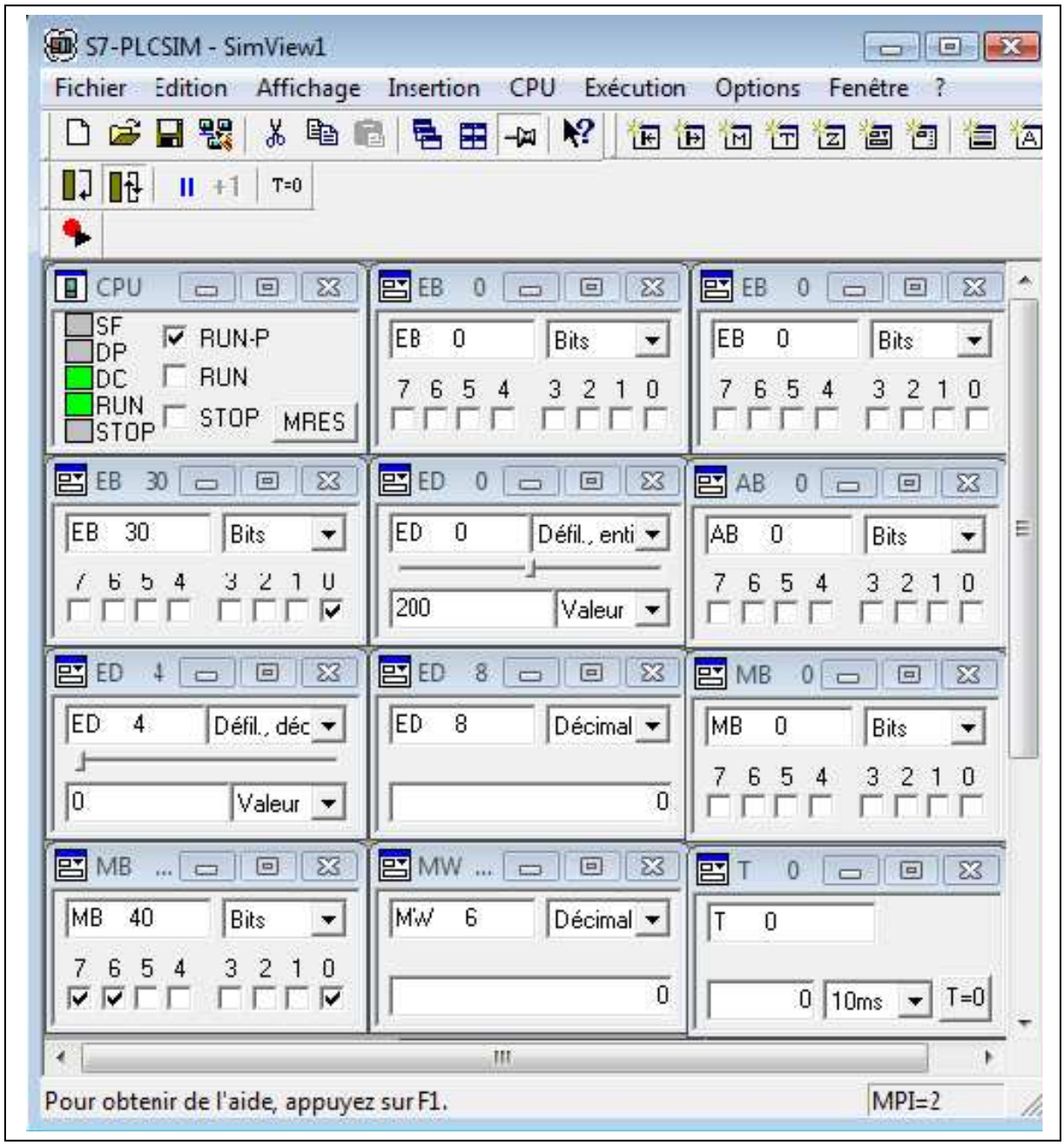


Figure VI.9 : *Fenêtre du S7-PLSIM.*

8. Exemples de simulation de notre programme

Fonction FC3

Ceci est un exemple concret du programme des engobes dans lequel il est procédé à la simulation de la fonction FC3. Cette fonction à pour rôle de comparer les différent poids de la balance, ceux-ci sont les différents critères d'ouverture des vannes des silos A et B et des vannes de la trémie de la balance.

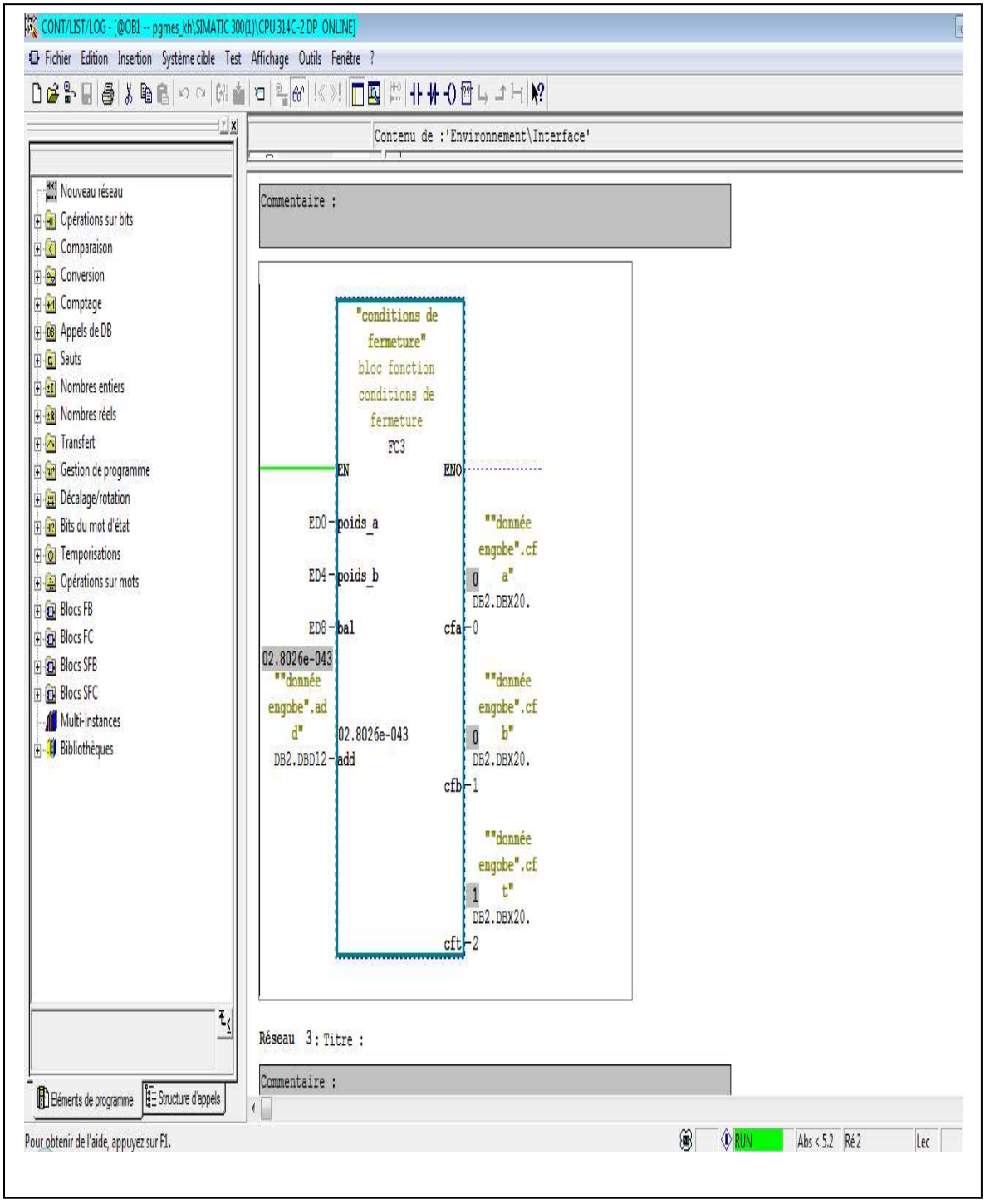


Figure VI.10 : *Exemple de simulation le bloc FC3.*

Fonction FC2

Cet exemple et la fonction de la sélection du mode automatique du programme des engobes

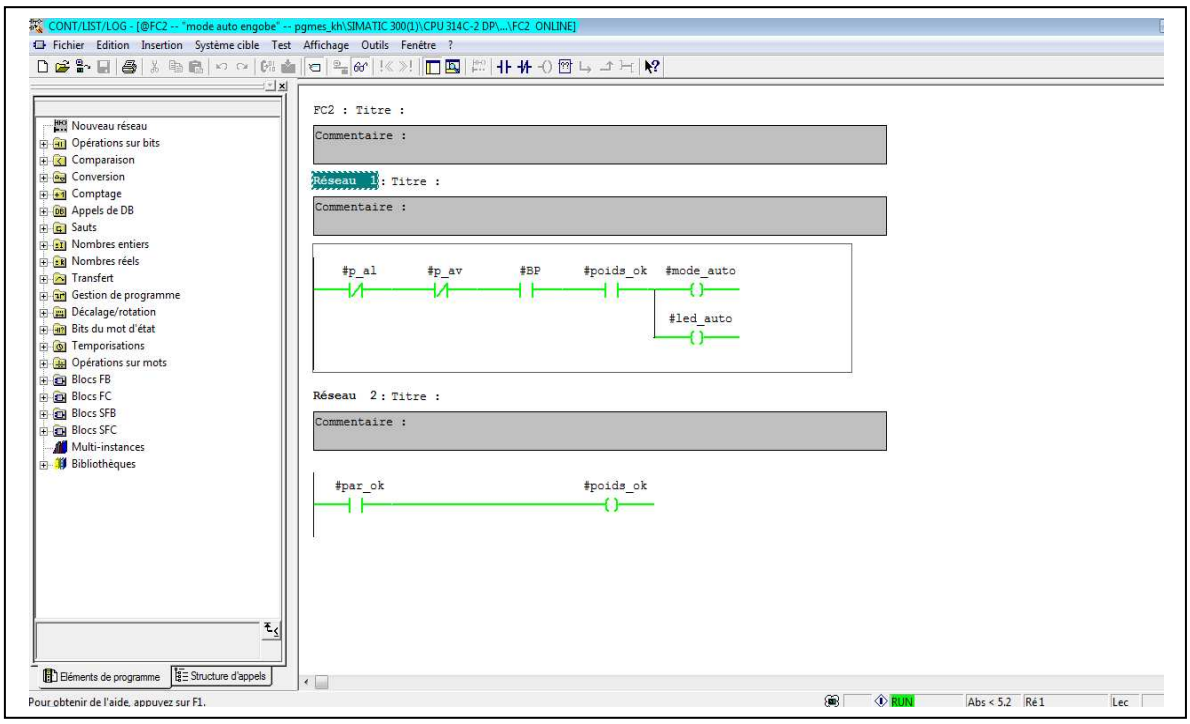


Figure VI.11 : *Simulation du bloc FC1*

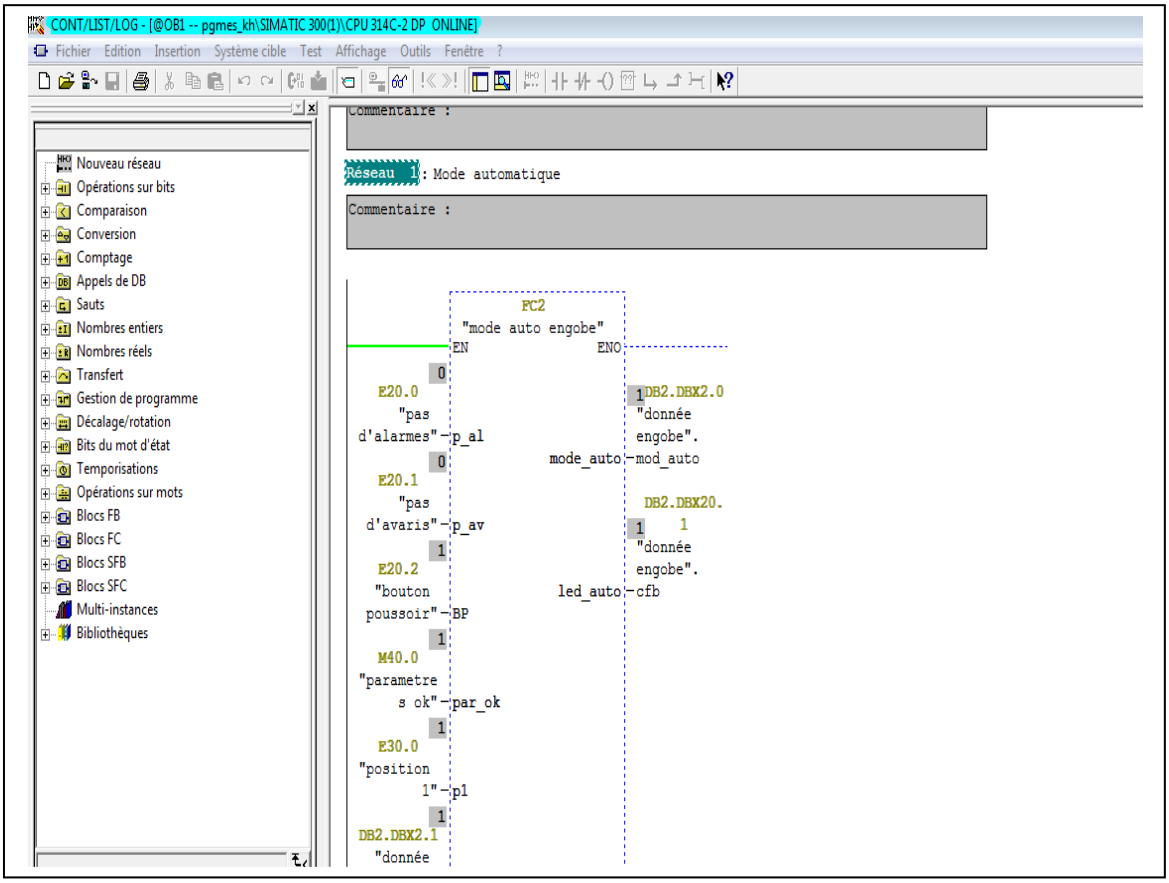


Figure VI.12 : *Simulation du bloc FC1 appelé dans OB1.*

II. Programmation de la plateforme de supervision

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

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

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

1. Constitution de notre système de supervision

Notre système de supervision se compose d'un moteur central (logiciel), auquel se rattachent des données provenant des équipements (automates).
Le logiciel de supervision assure l'affichage, le traitement des données, l'archivage et la communication avec d'autres périphériques.

Module de visualisation
Il permet d'obtenir et de mettre à la disposition des opérateurs des éléments d'évaluation du procédé par ces volumes de données instantanées. Il se compose des module suivant :

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

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

Module de communication

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

2. Logiciel de supervision WinCC

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

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

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

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

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

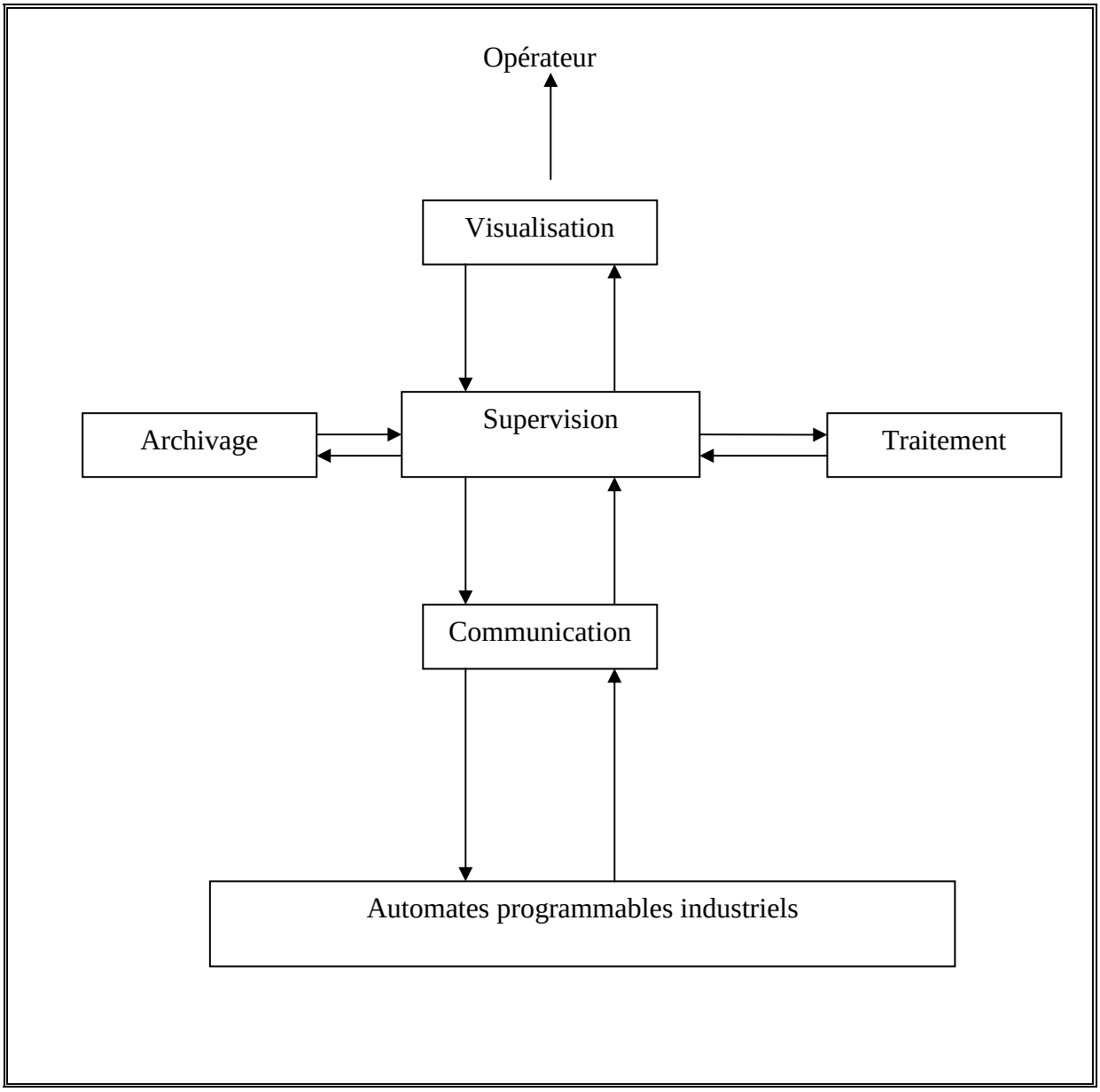


Figure VI.13 : *Déroulement de la supervision.*

3. Application disponible sous WinCC

WinCC se compose de plusieurs applications pour accomplir la fonction de supervision. Il dispose des éditeurs suivants [DOC 06] :

Graphics Designer

Graphics Designer est un programme graphique vectoriel servant à créer des vues de process. Les nombreux objets graphiques contenus dans la palette d'objets et la palette de styles permettent de créer des vues de process sophistiquées.
On peut dynamiser individuellement chaque objet graphique par la programmation d'actions. Les assistants génèrent automatiquement les dynamisations fréquemment utilisées et les affectent aux objets. Vous pouvez également conserver vos propres objets graphiques dans une bibliothèque.

Alarm Logging

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

Tag Logging

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

Report Designer

Report Designer est un système de journalisation intégré à pilotage temporel ou événementiel pour les alarmes, les manipulations, les archives et les données, courantes ou archivées, sous forme de journaux personnalisés ou de documentations de projet avec un modèle de ligne ou de page à paramétrer. Il offre une interface utilisateur confortable avec palette graphique et palette d'outils, et supporte différents types de journaux. Plusieurs systèmes de modèles de mise en page et d'impression sont proposés par défaut.

Global Script

Global Scripts est le terme générique désignant les actions et fonctions C qui, suivant leur type, peuvent être utilisées soit dans le projet courant, soit dans tous les projets. Les scripts

sont utilisés pour configurer des actions et des objets. Ils sont traités par un interpréteur C interne au système. On utilisera des actions de Global Scripts au runtime pendant le process. Leur exécution est initiée par un déclencheur.

Text Library

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

User Administrator

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

4. Communication avec la plateforme de supervision

La communication avec d'autres applications, telles que Microsoft Excel ou SIMATIC ProTool s'effectue sur la base de la norme OPC (OLE for Process Control). Grâce au serveur OPC intégré, WinCC met toutes les données de process à la disposition des autres applications. Le client OPC également intégré permet à WinCC de recevoir les données issues d'autres serveurs OPC.

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

4.1 Communication avec les automates programmables

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

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

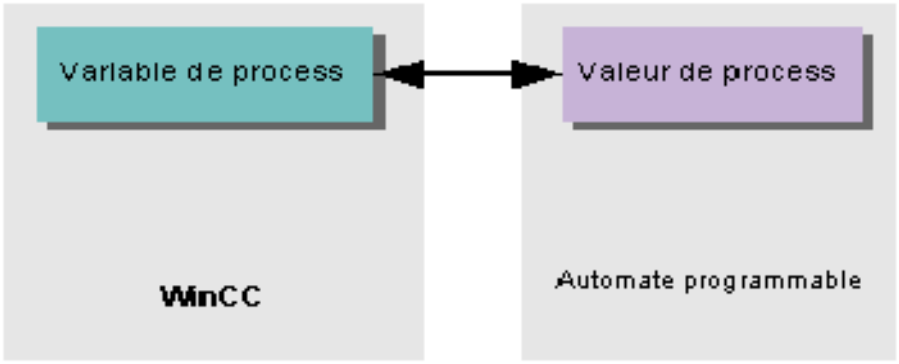


Figure VI.15 : *Communication de WinCC avec les API.*

4.2 Unités de canal, liaisons logiques, variables de process

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

5. Déroulement de la communication au runtime

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

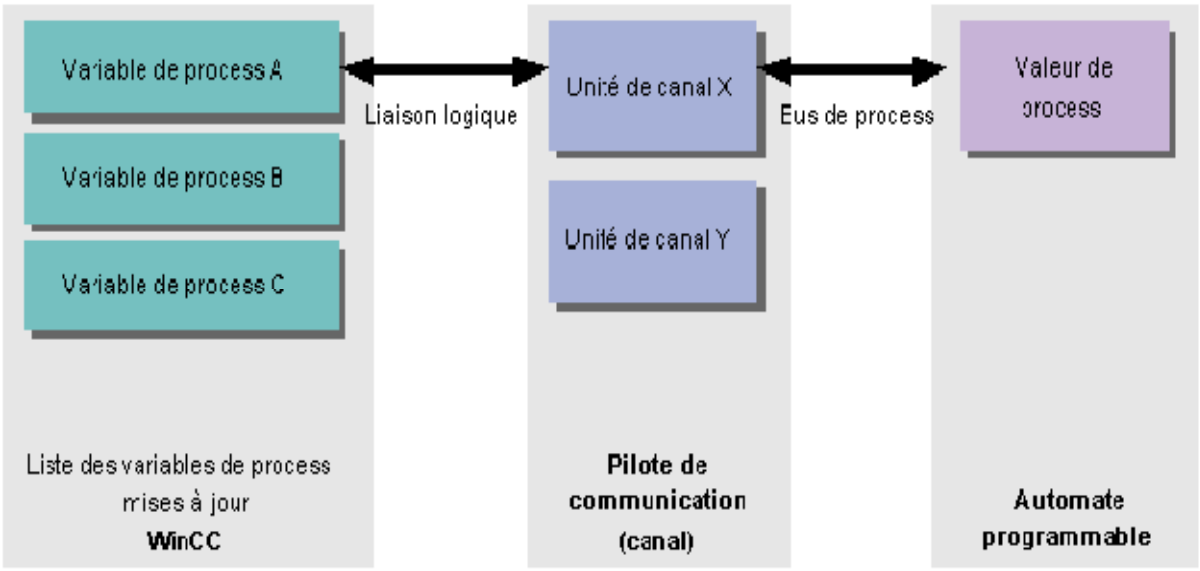


Figure VI.16: *Déroulement de la communication de WinCC avec l'API au runtime.*

6. Schéma de fonctionnement de notre application

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

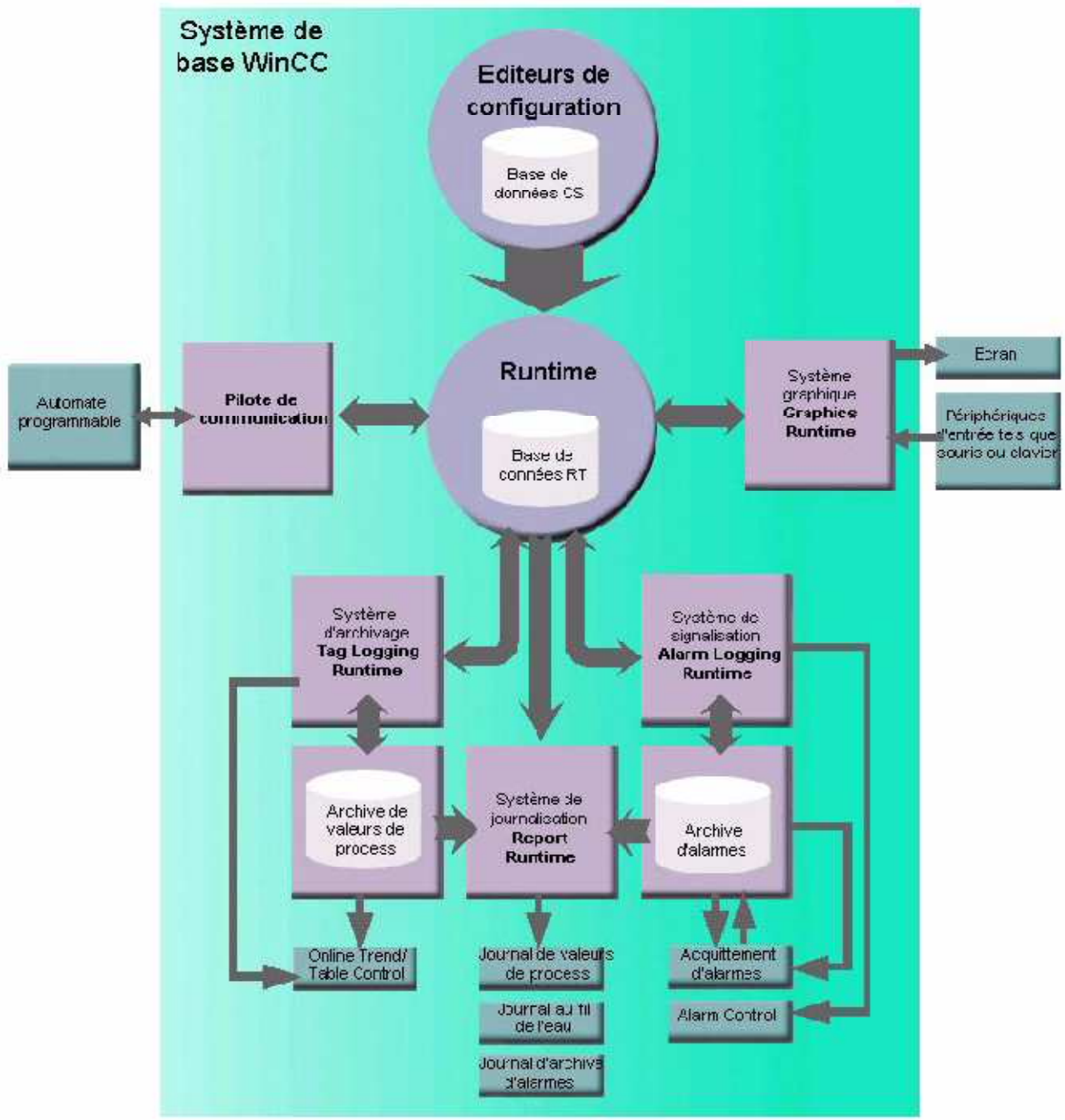


Figure VI.17 : *Schéma de fonctionnement de notre application.*

7. Supervision de l'usine d'engobes et émaux développée sous WinCC

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

Méthodologie de programmation

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

1. créer un projet ;
2. sélectionner et installer l'API ;
3. définir les variables dans l'éditeur de variables ;
4. créer et éditer les vues dans l'éditeur Graphics Designer ;
5. paramétrer les propriétés de WinCC runtime ;
6. activer les vues dans le WinCC runtime ;
7. utiliser le simulateur pour tester les vues du processus.

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

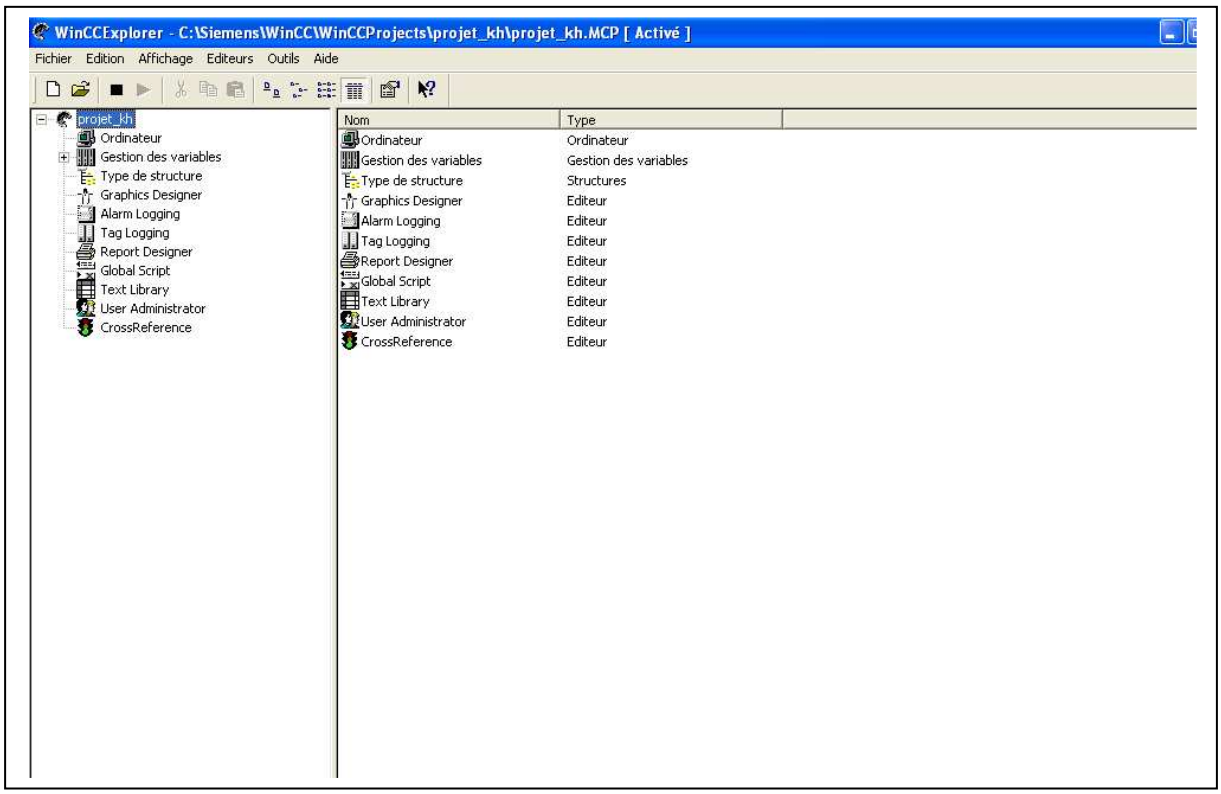


Figure IV.18 : *création de projet.*

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

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

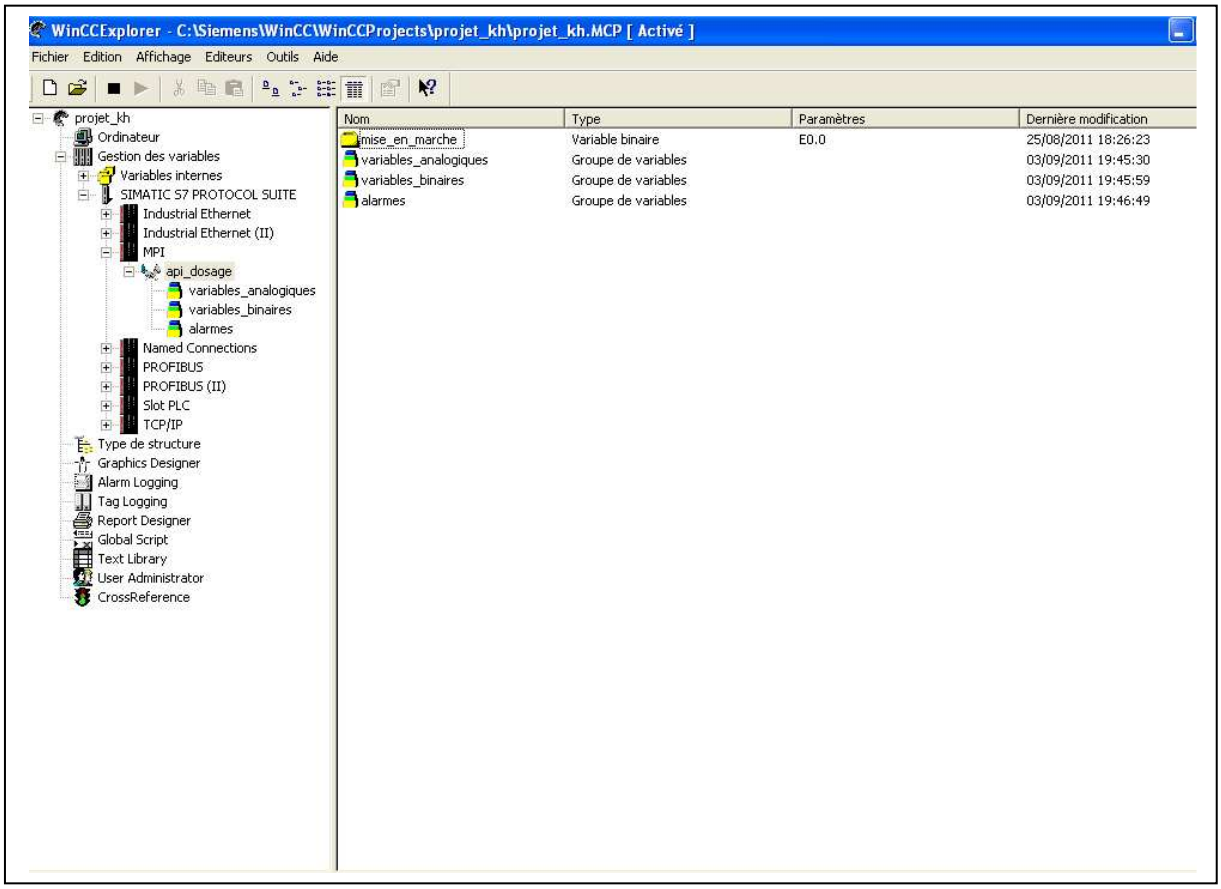


Figure IV.19 : *configuration des paramètres*

L'étape qui suit est la plus importante car elle consiste à créer des vues et de les dynamiser, dans l'éditeur « Graphic designer » qui nous permet d'insérer les différents types d'objets dont on a besoin grâce à la palette d'objet et la bibliothèque interne du WinCC. Pour la plate forme de supervision que nous avons développé pour l'usine d'engobes et d'émaux, nous avons crée vingt (20) vues :

-Une vue d'accueil afin de présenter notre travail ;

-Un centre de contrôle d'où on a accès à toutes les informations sur l'état de nos équipements, et grâce à des boutons on accède à toutes les vues pour un meilleur contrôle ;

-Dix huit (18) vues représentant l'ensemble des équipements qui constituent l'usine d'engobes et d'émaux d'où on accède aux informations sur l'état précis de nos équipements et aux alarmes dues au disfonctionnement de ceux-ci.

Après avoir créé la vue d'accueil nous ferrons de même pour les autres vues, ensuite nous devons configurer les boutons de navigations qui serviront à naviguer sur toutes les vues, et dynamiser les vues en affectant à chaque objet la variable à laquelle il correspond.

Figure IV.20 : *vue d'accueil.*

Ecran de control

C'est la vue principale, c'est à partir de celle-ci que l'on accède à l'ensemble des autres vues elle nous renseigne sur l'état des équipements et nous permet de naviguer sur toutes les vues et d'y accéder pour changer des paramètres ou d'intervenir en cas de défaillance ou d'apparition d'alarmes.

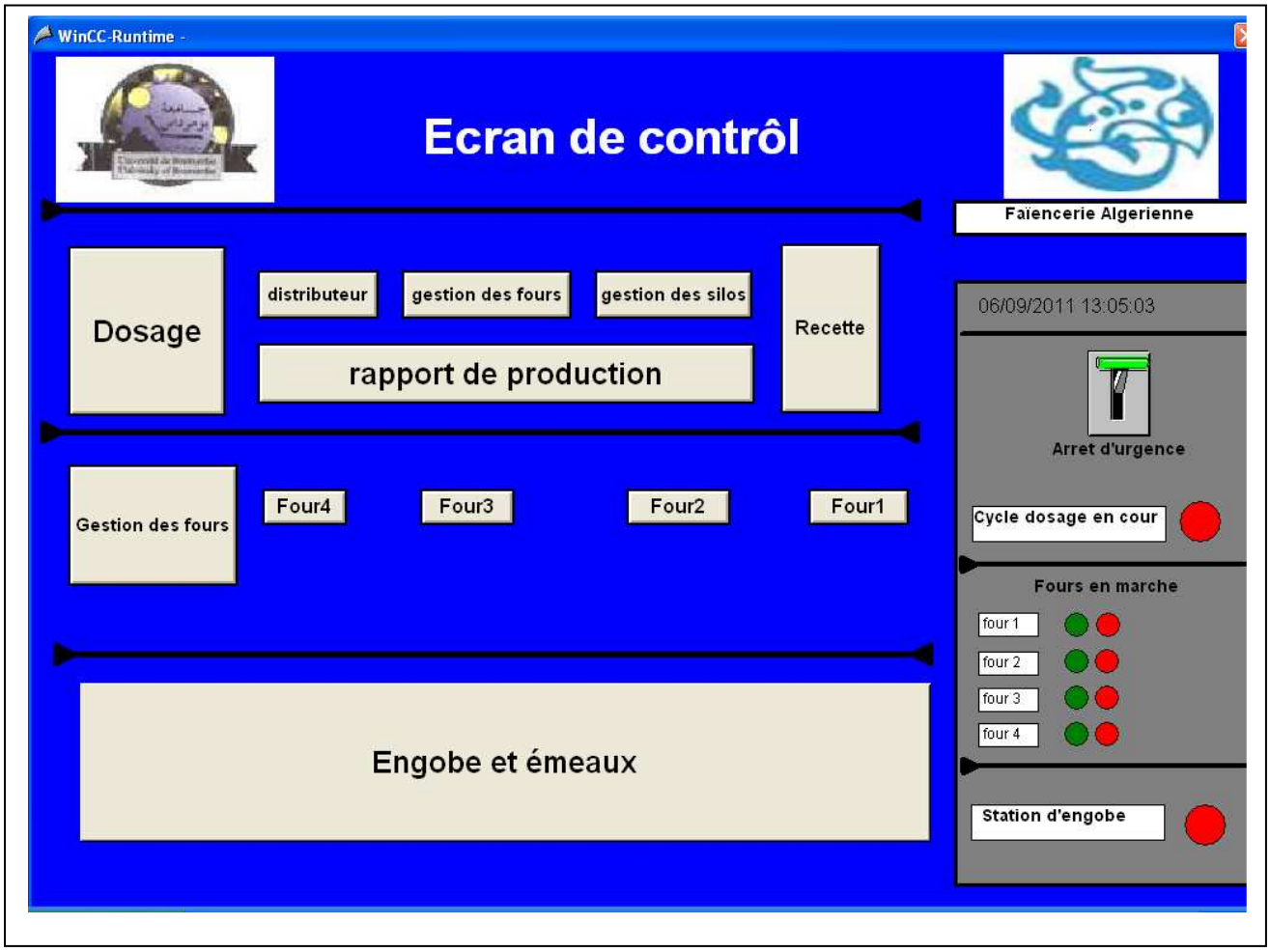


Figure IV.21 : *écran de contrôle*.

Afin d'avoir un meilleur contrôle de l'usine et d'anticiper tous dysfonctionnement nous avons créé d'autres vues ; Ces vues représentent l'ensemble des équipements constituant l'usine.

La figure suivante est une représentation des équipements composant la station de dosage, à partir de cette vue on peut connaitre le niveau des silos, le code de la recette actuelle, le nombre d'envois et l'état du distributeur.

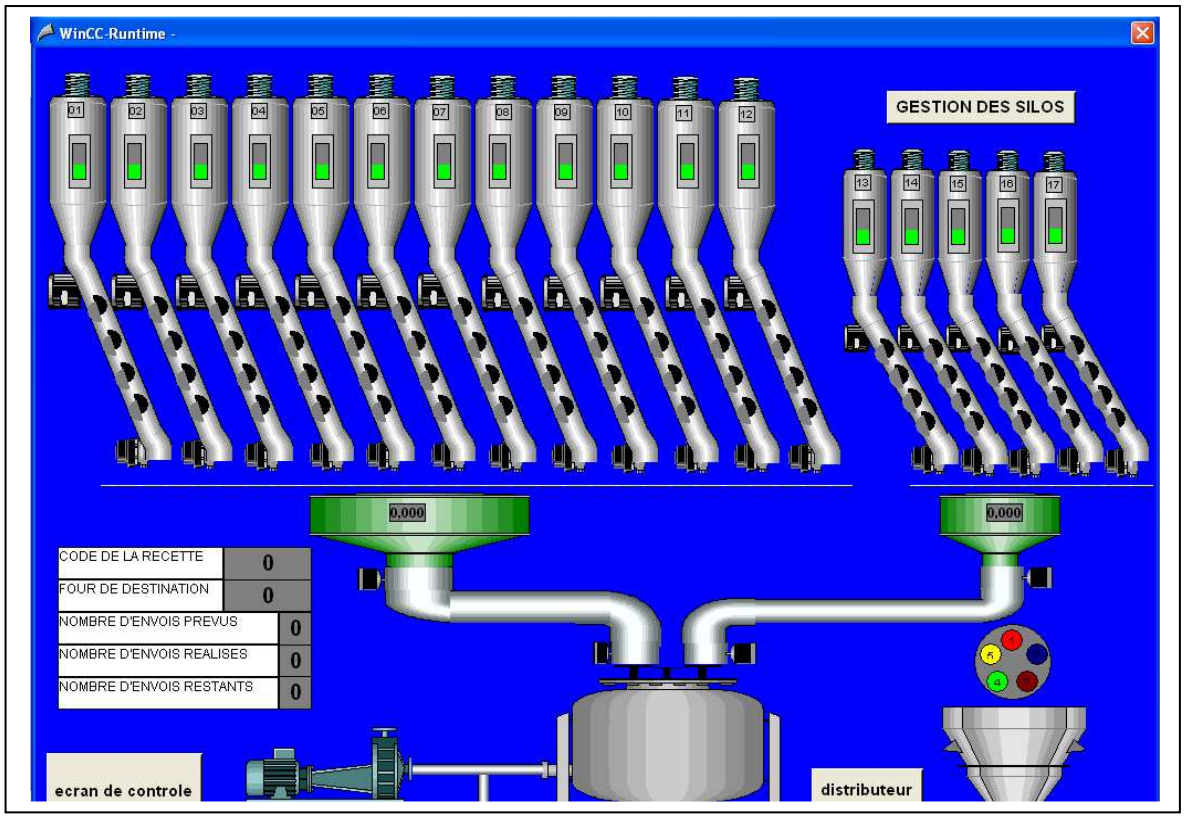


Figure IV.22 : *Station de dosage.*

Cette vue nous permet d'avoir un aperçu sur l'ensemble des fours et nous permet d'y accéder.

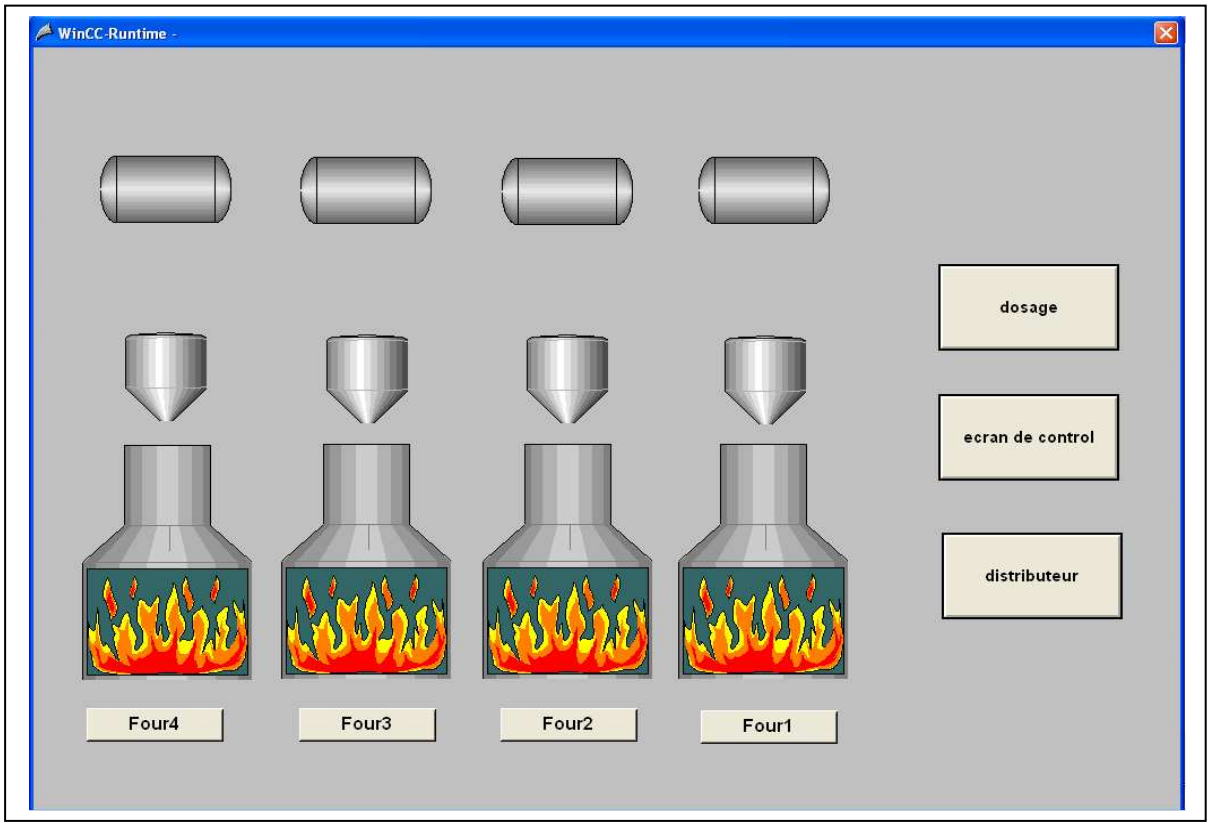


Figure IV.23 : *Gestion des fours.*

Cette vue représente le four 1, il en existe pour chaque four, à partir de celle-ci on configure les paramètres adéquat pour chaque recette

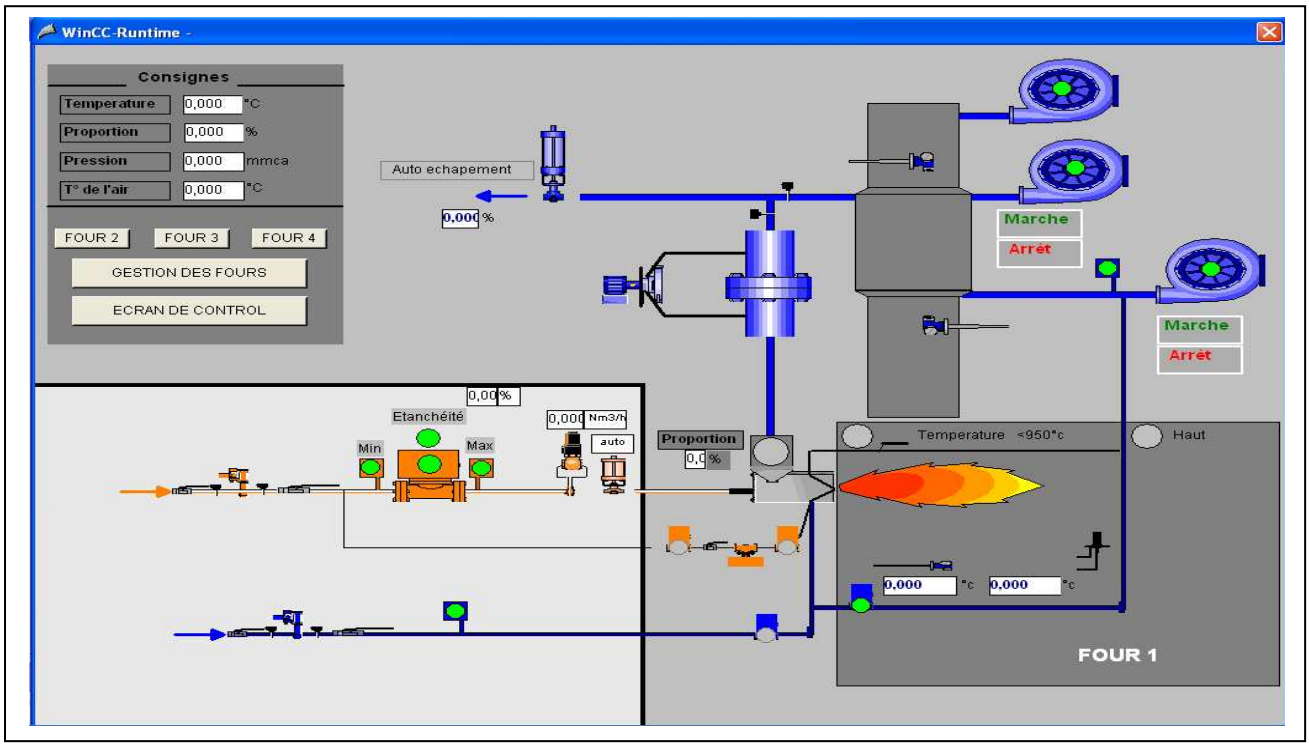


Figure VI.24 *: Le four 1.*

Sur cette vue on peut connaitre l'état exact du distributeur et choisir une nouvelle position

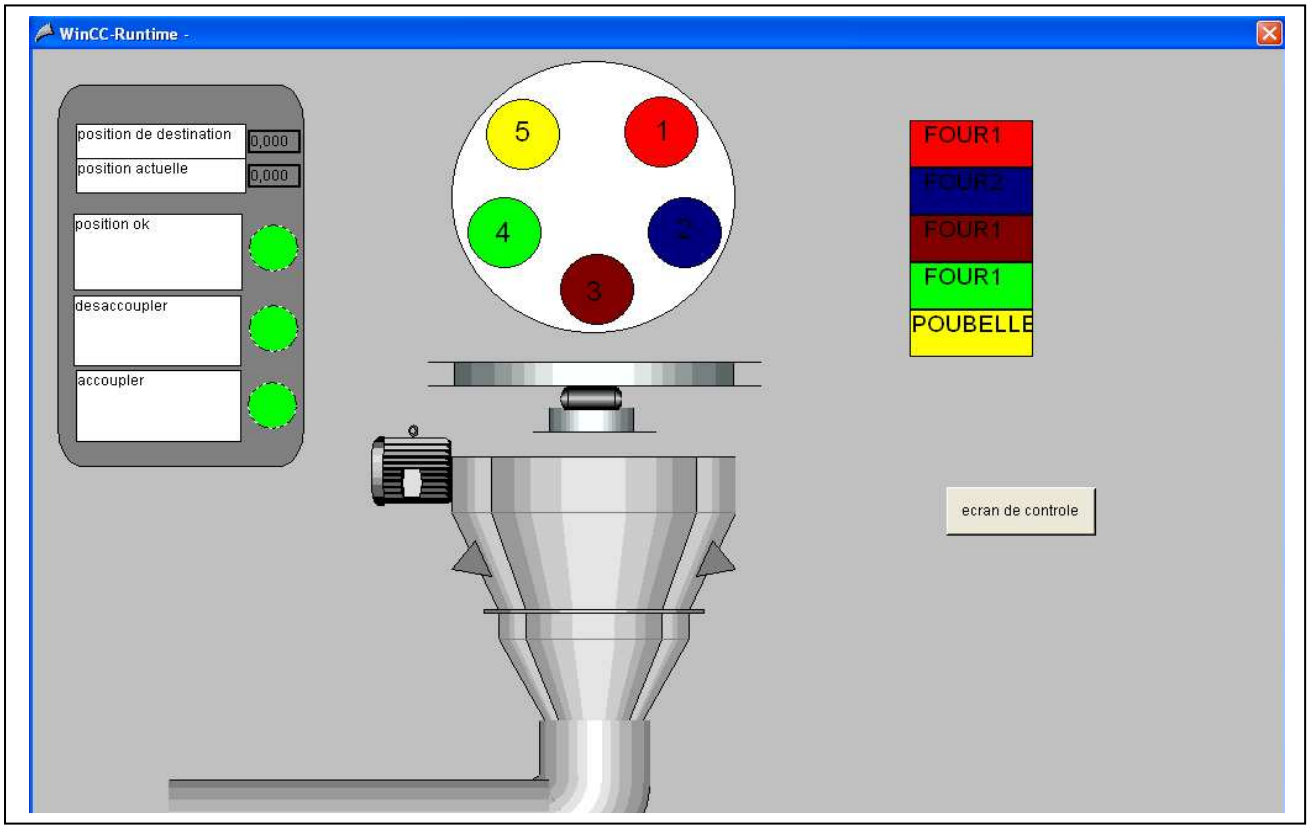


Figure IV.25 : *Le distributeur.*

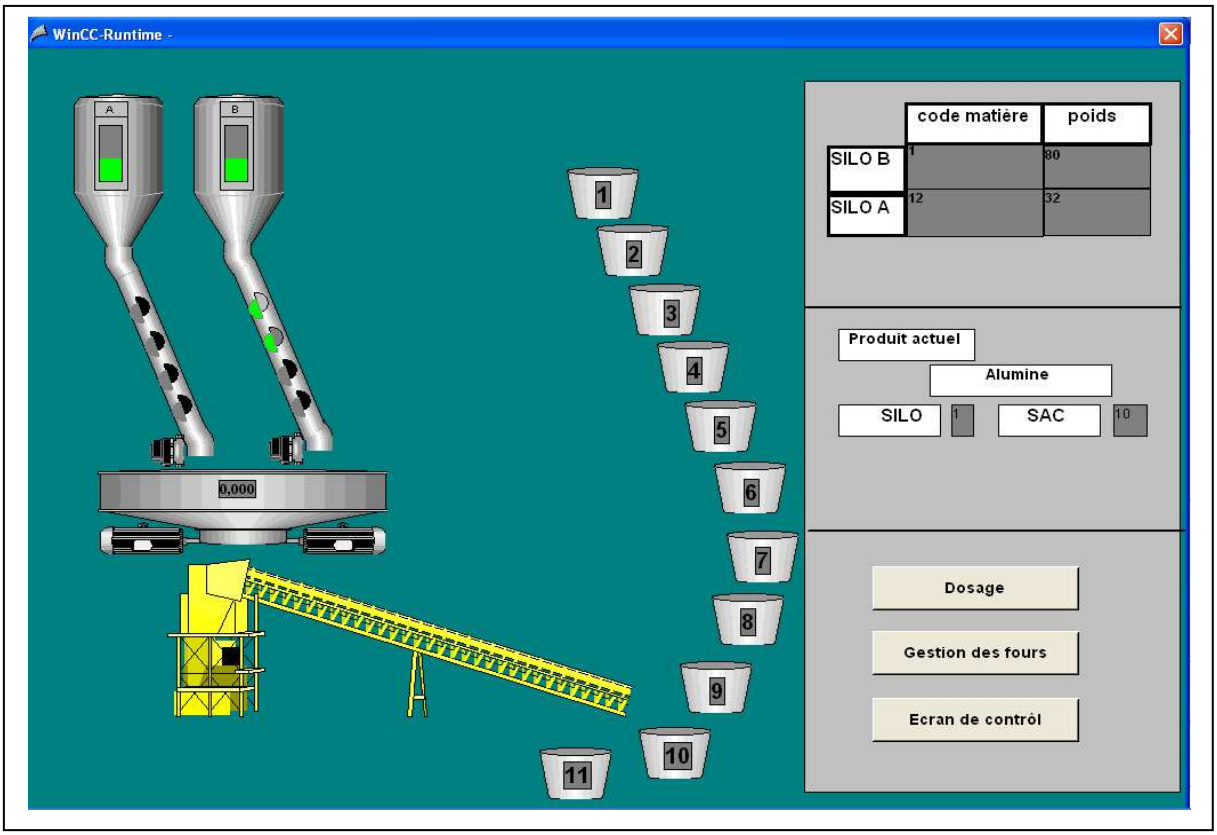


Figure IV.26 : *Station d'engobe.*

11. Les alarmes

Les alarmes sont des symptômes de comportement anormal souvent utilisées pour faciliter la surveillance et la supervision, elles informent l'opérateur des états de fonctionnement ou pannes du process. Elles assurent la détection précoce de situations critiques et permettent d'éviter des immobilisations.

Lors de la configuration, on définit les événements de notre process qui doivent déclencher des alarmes. Par exemple la mise à 1 d'un bit défini dans l'automate programmable ou le dépassement d'un seuil défini par une valeur de process.

Composants du système de signalisation

Le système de signalisation comprend des composants de configuration et des composants de runtime :

· Le composant de configuration du système de signalisation s'appelle Alarm Logging.

On utilise Alarm Logging pour définir les alarmes et leur contenu. Pour l'affichage des alarmes,on utilise le contrôle WinCC Alarm Control.

· Le composant runtime du système d'alarmes s'appelle Alarm Logging Runtime.

Alarm Logging Runtime se charge au runtime d'exécuter les surveillances définies, de piloter l'émission des alarmes et de gérer leur acquittement.

Les alarmes sont affichées sous forme de tableau dans WinCC Alarm Control.

WinCC distingue trois états de base des alarmes :

· Une alarme est "arrivée" tant que l'événement déclenchant et donc la cause de l'alarme n'a pas disparu.

· Dès que la cause a disparu, l'alarme est "partie".

· On peut configurer une alarme de sorte à obliger l'opérateur à l'acquitter. L'alarme se trouve alors à l'état "acquittée".

L'état actuel d'une alarme, à savoir "arrivée", "partie" ou "acquittée" est repéré dans l'affichage des alarmes par différentes couleurs.

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté une vue d'ensemble de l'automate programmable industriel que nous avons adopté pour le pilotage de nos stations le S7-300 ainsi que son logiciel de programmation SIMATIC STEP7, nous avons aussi, décrit la supervision en précisant sa place dans l'industrie

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

Nous avons développé une plateforme de supervision qui permet de suivre l'évolution du procédé en fonction du temps et qui simplifie la tache de contrôle pour l'opérateur de conduite.
Cette plateforme est développée sous le logiciel WIN CC, elle est composée de vues qui permettent une visualisation dynamique des entrées/sorties, afin de contrôler le bon fonctionnement de l'usine et de détecter d'éventuelle anomalies.

Conclusion générale

Conclusion générale

Les travaux présentés dans ce mémoire ont tenté d'apporter une contribution à la problématique générale de la supervision des systèmes industriels sous réseau. Ces systèmes induisent un nombre important de variables, émanant des divers équipements. Il conviendra, alors de les regrouper afin de mieux les gérer par un système de supervision.

A cette fin, nos travaux de recherche ont abouti à la création d'une plateforme de supervision SCADA, comportant un ensemble de stations reliées par un réseau local. Ce dernier a une configuration « Maitre – esclave intelligent » où les esclaves sont des CPU indépendantes capable d'exécuter des tâches d'automatisation de niveau supérieur.

Ces travaux sont construits en quatre chapitres dont les deux premiers sont consacrés à la partie bibliographique tandis que les deux derniers portent sur l'application de la partie théorique à l'usine de fritte, engobes et émaux de Khemi Khechna.

- Le premier chapitre a porté sur l'architecture des systèmes industriels automatisés, les concepts généraux de la supervision et des systèmes SCADA ainsi que la nécessité de leur mise en réseau.
- Le second chapitre à dressé l'état de l'art des réseaux locaux qui m'a permis de faire porter mon choix sur le PROFIBUS DP que nous avons présenté en détail.
- Le troisième chapitre présente l'état descriptif des trois (03) ateliers de production, l'élaboration des modèles de conduites de ces ateliers, par l'outil de modélisation GRAFCET.
- Le quatrième chapitre, enfin, consiste en le développement de la plateforme de supervision SCADA prenant en charge tous les ateliers reliés par un réseau local PROFIBUS DP configuré en « maitre - esclave intelligent », dans ce cadre, nous avons :

  -Créé des programmes d'automatisation prenant en charge le réseau PROFIBUS DP pour l'ensemble des ateliers avec le logiciel STEP7 en repérant les variables les plus pertinentes.

  -Réaliser a l'aide du logiciel, WIN CC, des vues graphique des installations permettant la visualisation dynamique des entrées/sorties et le paramétrage des installations.

-Enfin, nous avons configuré des alarmes pour attirer l'attention sur un éventuel comportement anormal des installations, et faciliter, ainsi, la mission de surveillance et de supervision.

• ***Perspectives***

Le travail que nous avons présenté est arrivé à sa première phase de maturité, mais il loin d'être achevé, en effet il y a plusieurs perspectives qui sont ouvertes qui peuvent être résumées en trois points suivants :

- Le premier point consiste à créer une application qui permet de prédire une éventuelle défaillance à partir de la base de données des alarmes.
- Le deuxième point consiste à introduire notre application à un réseau internet sécurisé qui nous permettra de connaitre l'état des installations à partir de n'importe quel emplacement.
- Développement d'une interface dédié au service commerciale, qui leur permettra d'ajuster la production et de répondre rapidement à la demande.

.

Bibliographie.

BIBLIOGRAPHIE

[ABE 08] Amine ABERKANE « ***Développement d'une solution programmable de supervision automatisée et d'aide à la décision du système purge/vidange de la centrale électrique de Cap Djinet »,*** département d'automatique 2008, univérsité de Tizi Ouzou.

[AND 96] : **David Andreu**, **« *commande et supervision des procédés discontinus : une approche hybride***», thèse doctorat, université Paul Sabastier de Toulouse, 96.

[BAI 03]:David Bailey, Edwin Wright, « Practical SCADA for Industry » Elsevier, pages 47-55, 2003.

[BAJ 01] BAJIC (E.) et BOUARD (B.) « *Réseau Profibus* ». Traité Informatique industrielle (2001).technique de l'ingénieur.

[BED 06] : **Nadia Bedjaoui « *Supervision dynamique d'un canal d'irrigation* »,** thèse doctorat, Institut National Polytechnique De Grenoble, 2006.

[BEL 04] : **Carlos Daniel GARCIA-BELTRAN « *outils pour l'aide à la supervision de procédés dans une architecture multi agent* »,** *thèse doctorat,* Laboratoire d'Automatique de Grenoble, 2004.

[BEJ 09] Cristina Anita Bejan, Mihai Iacob and Gheorghe-Daniel Andreescu: "SCADA Automation System Laboratory, Elements and Applications", from IEEE Xplore, 978-1-4244-5349-8/09/2009 IEEE

[BRU 90] :**A G Bruce**, **« *reliability analysis of electric utility SCADA systems"*** IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 13, No. 3, August 1998.

[BUR 01] E.S.BURNS « advanced controle engineering » edited by integra software Services Pvt. Ltd, India, 2001, ISBN 0 750651008

[DAN 99] A. Daneels, W.Salter: "WHAT IS SCADA?" International Conference on Accelerator and Large Experimental Physics Control Systems, 1999.

[DAL 04] DALE Barr, PETER M. Fonash "Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) Systems" Office of the Manager National Communications System October 2004

[DAR 08] Khalid W. Darwish, A.R. A1 Ali, Rached Dhaouadi:"Virtual SCADA Simulation System for Power Substation", from IEEE Xplore, 978-1-4244-1841-1/08/C 2008 IEEE

[DAV 89] David R., Alla H., "Du Grafcet aux réseaux de Petri". Hermès, 1989.

[DEV 00] Devaux S., Rachline M., "Introduction à l'automatisme: Schneider Electric", Encyclopédie économie 3000, série haute technologie. ISBN 2-7191-0551-1, 2000.

[DOC 06] Documentation technique SIEMENS 2006.

[DON 09] Dong nanping; su wei; zhou guanling ;"Application of s7-400 and win cc in dense phase system", 2009 Third International Symposium on Intelligent Information Technology Application Workshops.

[IEC 02] International Electrotechnical Commission, "GRAFCET specification language for sequential function charts", IEC 60848, 2002.

[IKH 09] IKHELEF Boualam : **« Contribution à l'Etude de la Supervision Industrielle Automatique dans un Environnement SCADA »,** mémoire de magister, université de Boumerdes, 2009

[JOS 95] Jean-François Josserand « Cellules floues : contribution à la commande floue distribuée », thèse de doctorat, L'UNIVERSITE DE SAVOIE, 1995.

[KEM 04] Tatiana KEMPOWSKI : « Surveillance des procédé à base de méthode de classification », thèse de doctorat, Laboratoire d'analyse et d'architecture des systèmes du CNRS, 2004.

[NIC 05] B.Nicol, G. Wild, H.Luo, ***Siemens "Win-TDC* The State-of-the-Art Control and Protection System for HVDC Applications"*** *2005 IEEE/PES Transmission and Distribution Conference & Exhibition: Asia and Pacific*
Dalian, China

[PAR 03] E.A.Parr « programmable controllers an engineer's guide industriels », Third edition, edited by HACHETTE technique, london, 2003, ISBN 2-01166675-9.

[PEN 93]Jean Michel Penalva, Laurent Coudouneau, Lydie Leyval, and Jacky Montmain:" A supervision support system for industrial process" French Atomic Energy Commission 1**993.**

[PER 04] Perrin J., Binet F., Dumery J.J., Merlaud C., Trichard J.P., "Automatique et Informatique industrielle : Bases théoriques, méthodologiques et techniques", Nathan Technique, ISBN 2-09-179452-X, novembre 2004.

[PHI 06] Alexandre PHILIPPOT : « contribution au diagnostic decentralise des systemes a evenements discrets : application aux systemes manufacturiers. » these de doctorat universite de reims champagne ardenne, 2006.

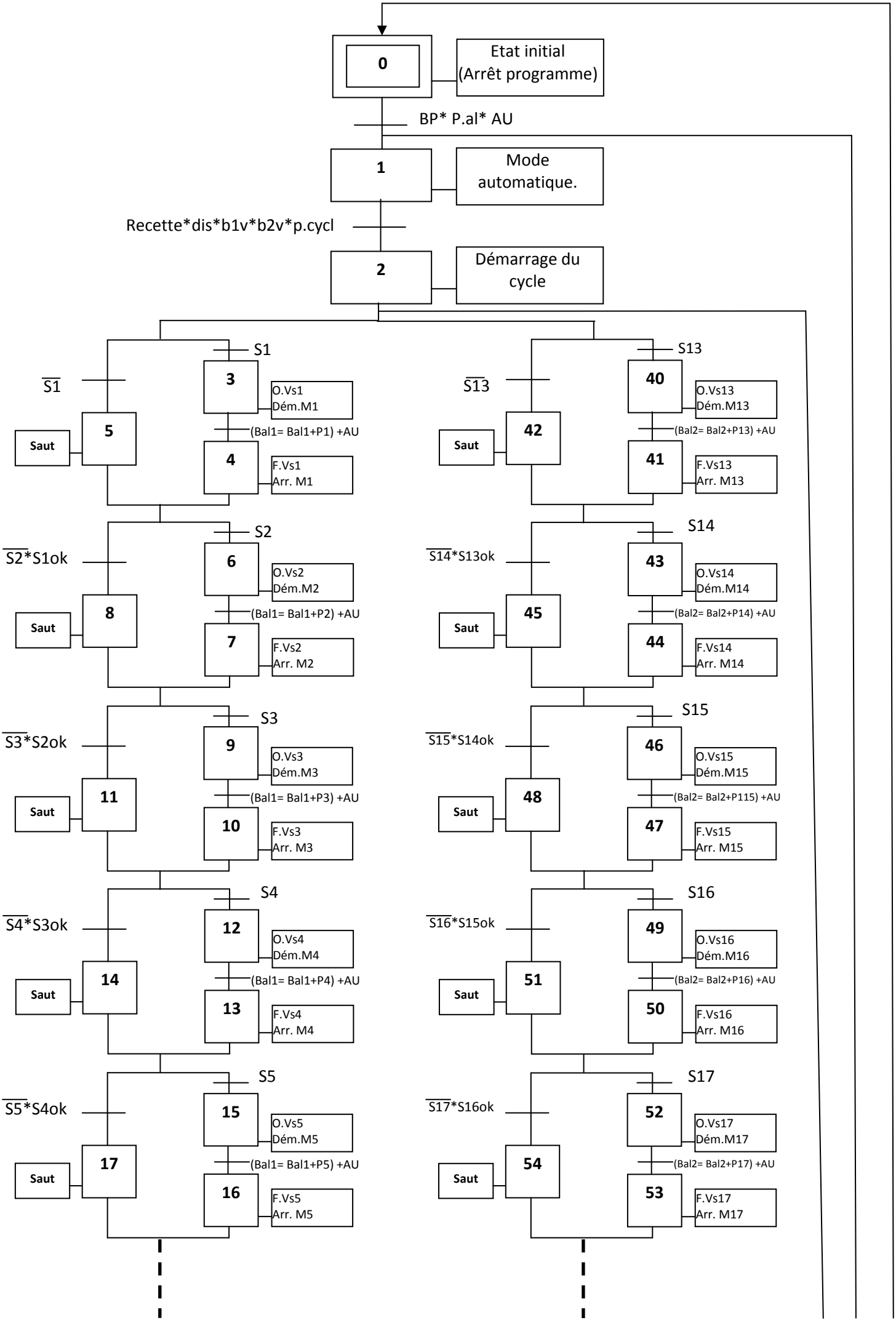
[THO 05]Jean-Pierre THOMESSE « Réseaux locaux industriels Concepts, typologie, caractéristiques. » Traité Informatique industrielle (2001).technique de l'ingénieur.

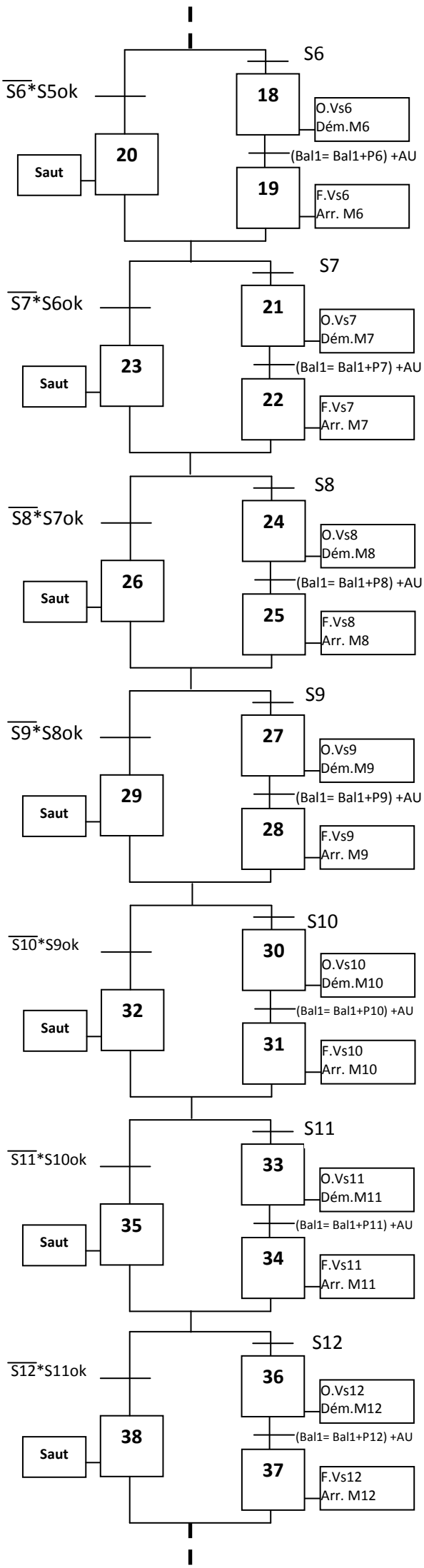
[XIA 10]Xiaoqiang Wu, Hongjie Zhou, Yunzhan Huang, Yongjie Zhao:« Pu-Er Tea Automated fermentation System Based on PLC and WINCC", from IEEE Xplore, 978-1-4244-5586-7/10/©2010 IEEE

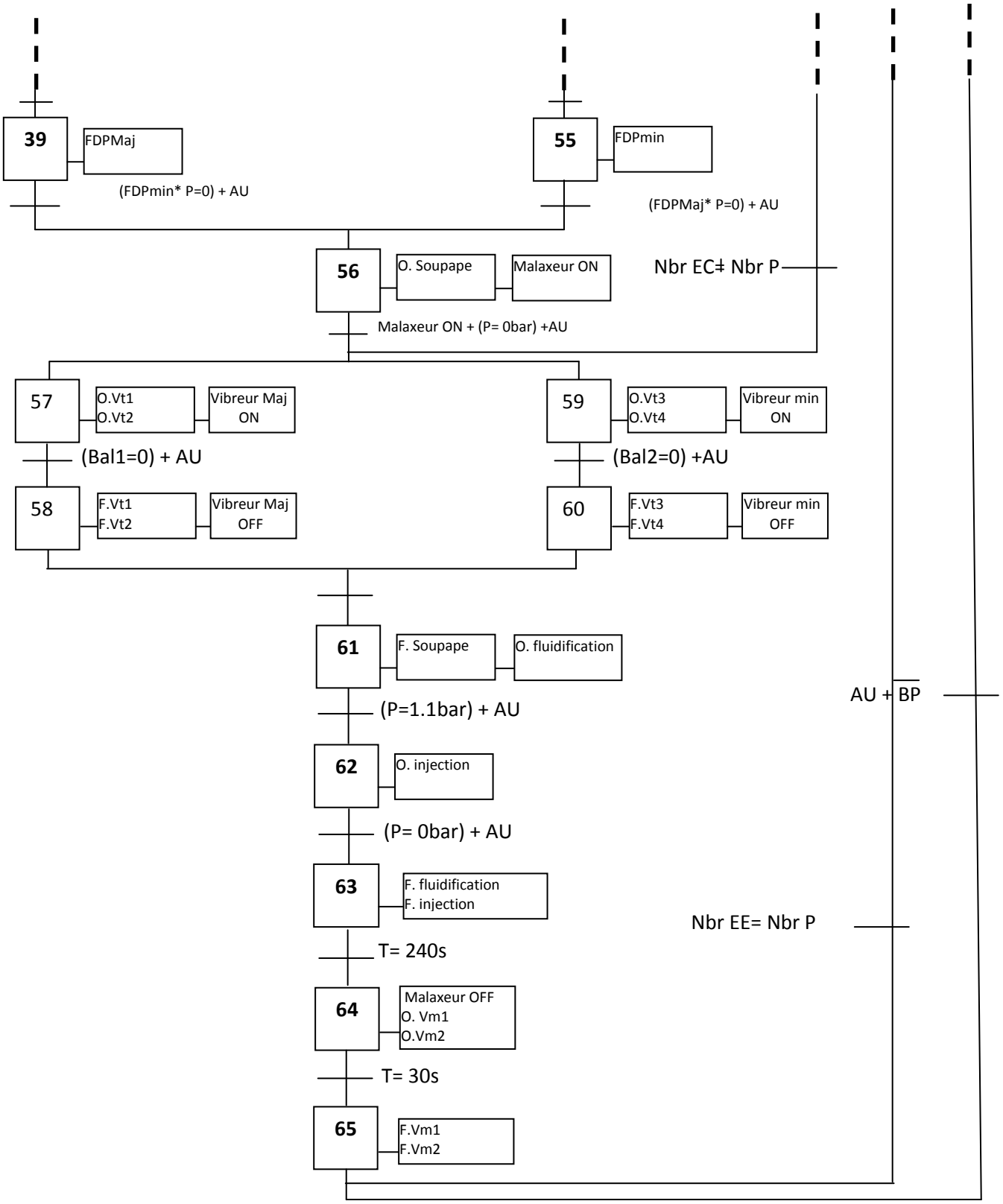
[ZAY 96] Janan Zaytoon "Specification and design of logic controllers for automated manufacturing systems" Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, Volume 12, Issue 4, December 1996, Pages 353-366.

Annexe

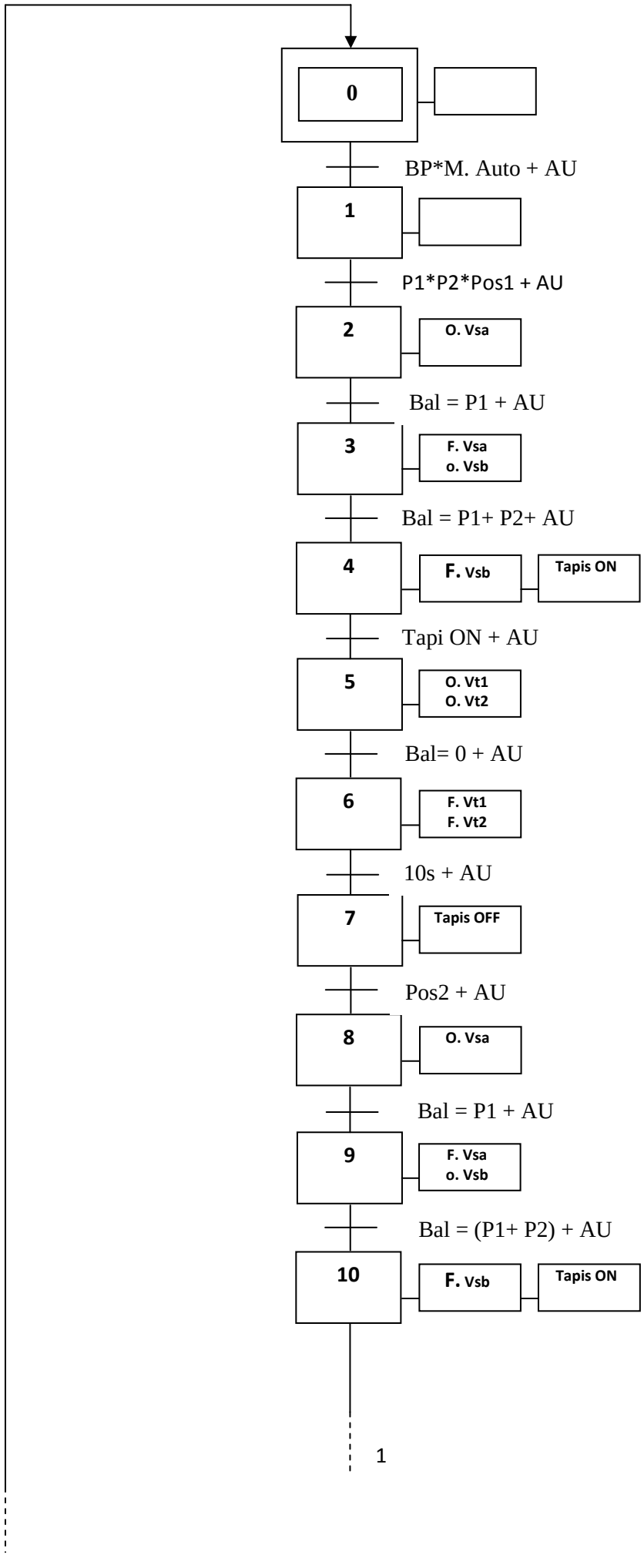
Modèle de la station de dosage.

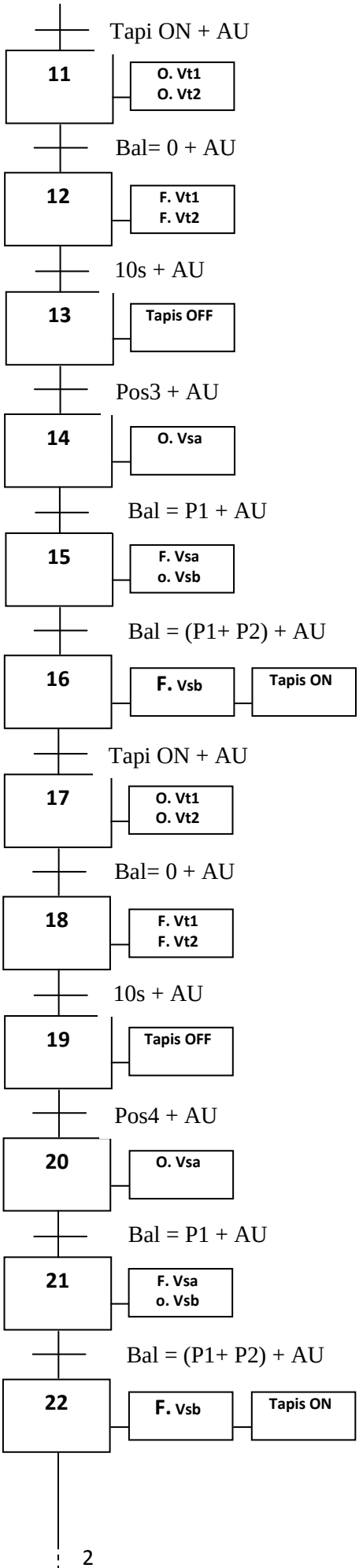

0
Etat initial
(Arrêt programme)
BP* P.al* AU
1
Mode
automatique.
Recette*dis*b1v*b2v*p.cycl
2
Démarrage du
cycle
S1
$\overline{S1}$
3
O.Vs1
Dém.M1
(Bal1= Bal1+P1) +AU
4
F.Vs1
Arr. M1
Saut
5
S2
$\overline{S2}$*S1ok
6
O.Vs2
Dém.M2
(Bal1= Bal1+P2) +AU
7
F.Vs2
Arr. M2
Saut
8
S3
$\overline{S3}$*S2ok
9
O.Vs3
Dém.M3
(Bal1= Bal1+P3) +AU
10
F.Vs3
Arr. M3
Saut
11
S4
$\overline{S4}$*S3ok
12
O.Vs4
Dém.M4
(Bal1= Bal1+P4) +AU
13
F.Vs4
Arr. M4
Saut
14
S5
$\overline{S5}$*S4ok
15
O.Vs5
Dém.M5
(Bal1= Bal1+P5) +AU
16
F.Vs5
Arr. M5
Saut
17
S13
$\overline{S13}$
40
O.Vs13
Dém.M13
(Bal2= Bal2+P13) +AU
41
F.Vs13
Arr. M13
Saut
42
S14
$\overline{S14}$*S13ok
43
O.Vs14
Dém.M14
(Bal2= Bal2+P14) +AU
44
F.Vs14
Arr. M14
Saut
45
S15
$\overline{S15}$*S14ok
46
O.Vs15
Dém.M15
(Bal2= Bal2+P115) +AU
47
F.Vs15
Arr. M15
Saut
48
S16
$\overline{S16}$*S15ok
49
O.Vs16
Dém.M16
(Bal2= Bal2+P16) +AU
50
F.Vs16
Arr. M16
Saut
51
S17
$\overline{S17}$*S16ok
52
O.Vs17
Dém.M17
(Bal2= Bal2+P17) +AU
53
F.Vs17
Arr. M17
Saut
54

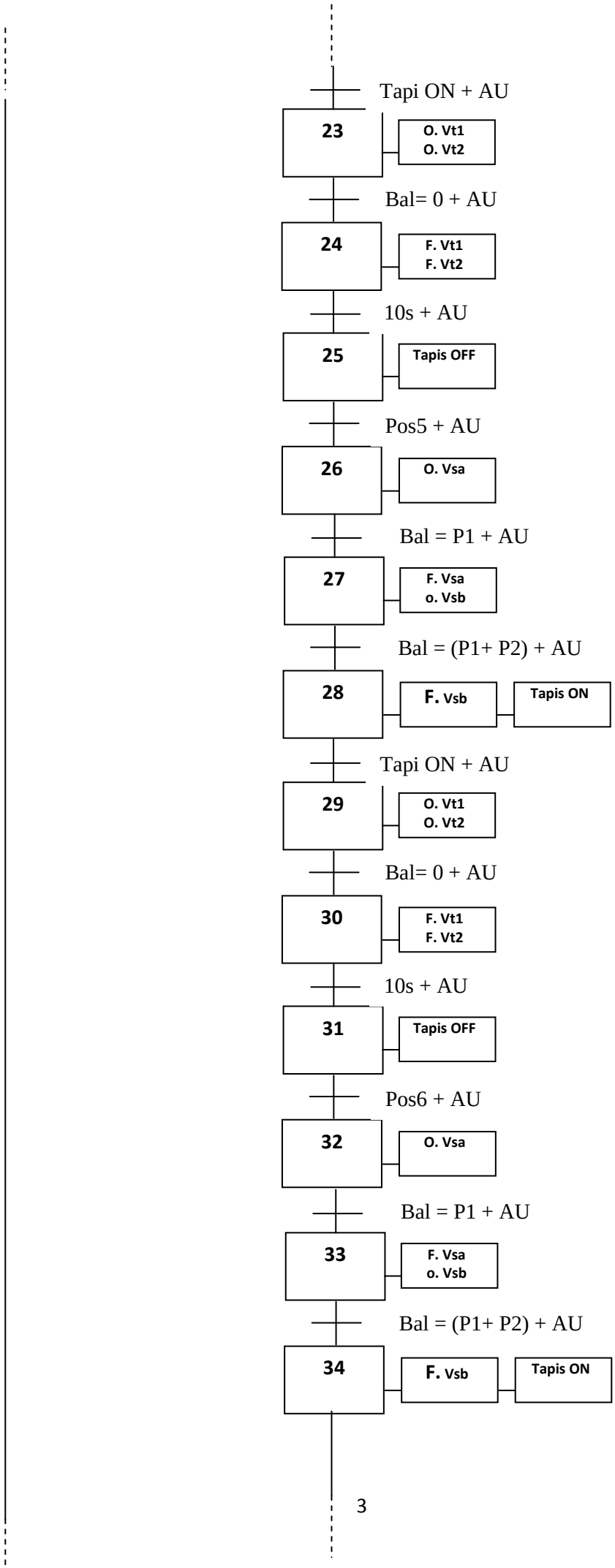

S6
$\overline{S6}$*S5ok
18
O.Vs6
Dém.M6
20
Saut
(Bal1= Bal1+P6) +AU
19
F.Vs6
Arr. M6
S7
$\overline{S7}$*S6ok
21
O.Vs7
Dém.M7
23
Saut
(Bal1= Bal1+P7) +AU
22
F.Vs7
Arr. M7
S8
$\overline{S8}$*S7ok
24
O.Vs8
Dém.M8
26
Saut
(Bal1= Bal1+P8) +AU
25
F.Vs8
Arr. M8
S9
$\overline{S9}$*S8ok
27
O.Vs9
Dém.M9
29
Saut
(Bal1= Bal1+P9) +AU
28
F.Vs9
Arr. M9
S10
$\overline{S10}$*S9ok
30
O.Vs10
Dém.M10
32
Saut
(Bal1= Bal1+P10) +AU
31
F.Vs10
Arr. M10
S11
$\overline{S11}$*S10ok
33
O.Vs11
Dém.M11
35
Saut
(Bal1= Bal1+P11) +AU
34
F.Vs11
Arr. M11
S12
$\overline{S12}$*S11ok
36
O.Vs12
Dém.M12
38
Saut
(Bal1= Bal1+P12) +AU
37
F.Vs12
Arr. M12

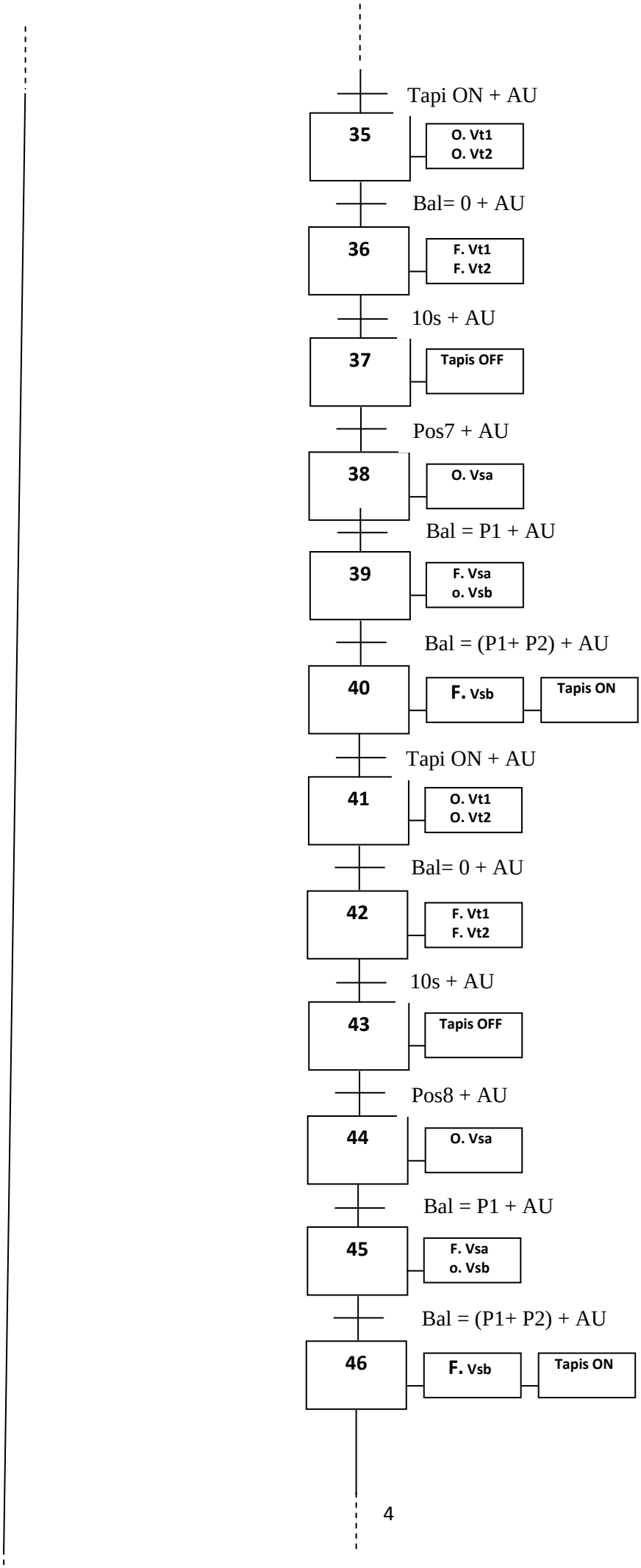

39
FDPMaj
(FDPmin* P=0) + AU
55
FDPmin
(FDPMaj* P=0) + AU
56
O. Soupape
Malaxeur ON
Malaxeur ON + (P= 0bar) +AU
Nbr EC≠ Nbr P
57
O.Vt1
O.Vt2
Vibreur Maj ON
(Bal1=0) + AU
58
F.Vt1
F.Vt2
Vibreur Maj OFF
59
O.Vt3
O.Vt4
Vibreur min ON
(Bal2=0) +AU
60
F.Vt3
F.Vt4
Vibreur min OFF
61
F. Soupape
O. fluidification
(P=1.1bar) + AU
62
O. injection
(P= 0bar) + AU
63
F. fluidification
F. injection
T= 240s
64
Malaxeur OFF
O. Vm1
O.Vm2
T= 30s
65
F.Vm1
F.Vm2
AU + BP
Nbr EE= Nbr P

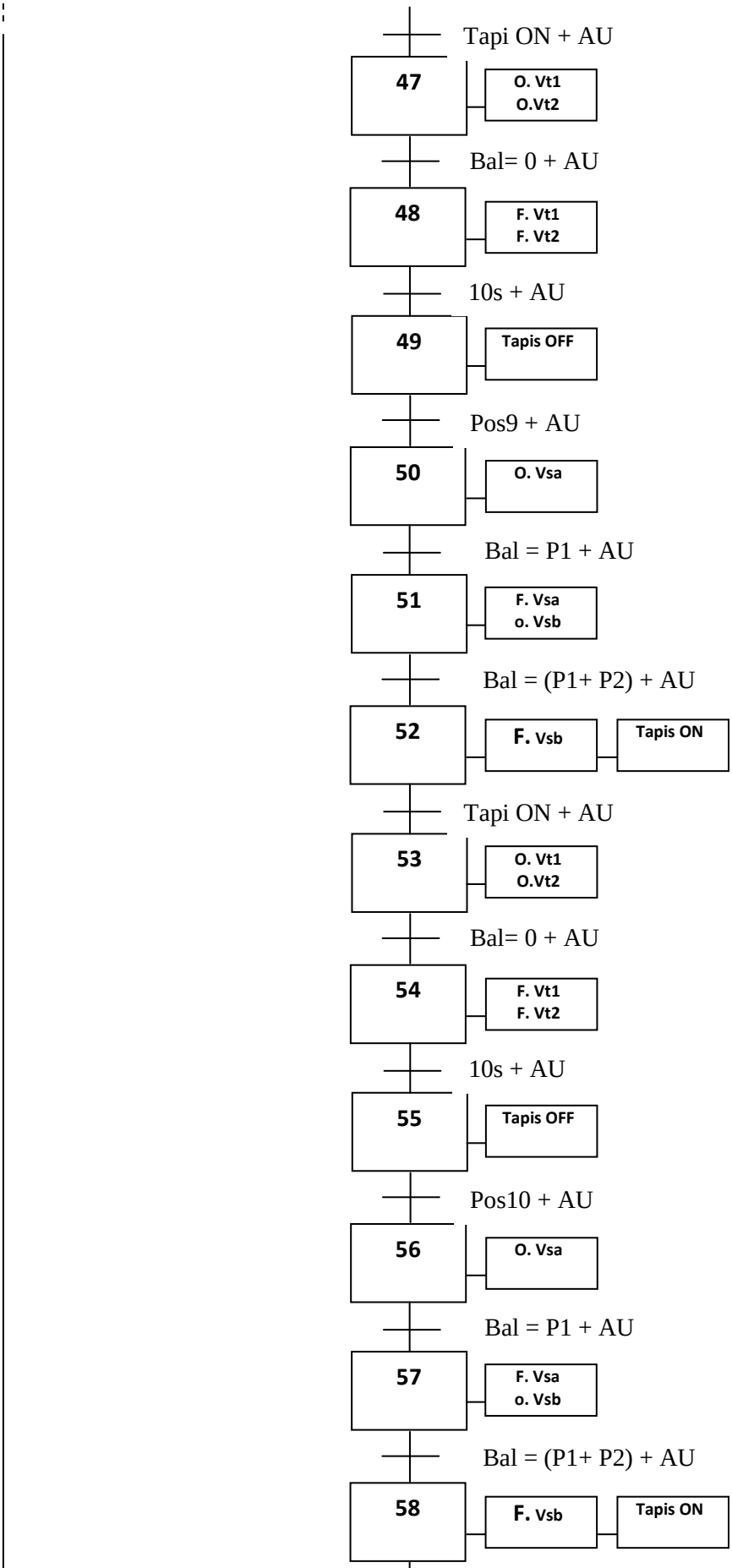
Modèle de la station des engobes.

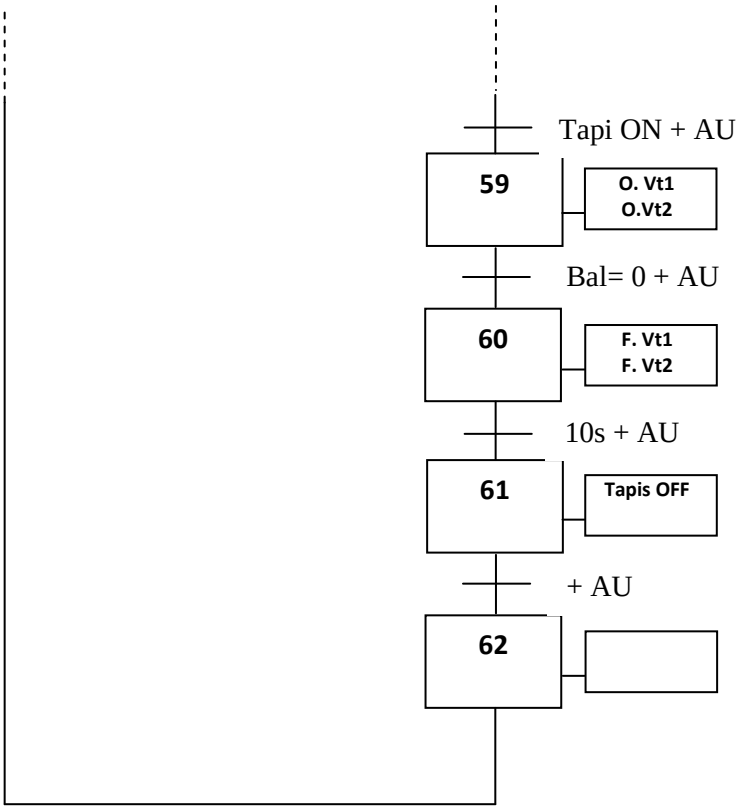

0
BP*M. Auto + AU
1
P1*P2*Pos1 + AU
2
O. Vsa
Bal = P1 + AU
3
F. Vsa
o. Vsb
Bal = P1+ P2+ AU
4
F. Vsb
Tapis ON
Tapi ON + AU
5
O. Vt1
O. Vt2
Bal= 0 + AU
6
F. Vt1
F. Vt2
10s + AU
7
Tapis OFF
Pos2 + AU
8
O. Vsa
Bal = P1 + AU
9
F. Vsa
o. Vsb
Bal = (P1+ P2) + AU
10
F. Vsb
Tapis ON
1


Tapi ON + AU
11
O. Vt1
O. Vt2
Bal= 0 + AU
12
F. Vt1
F. Vt2
10s + AU
13
Tapis OFF
Pos3 + AU
14
O. Vsa
Bal = P1 + AU
15
F. Vsa
o. Vsb
Bal = (P1+ P2) + AU
16
F. Vsb
Tapis ON
Tapi ON + AU
17
O. Vt1
O. Vt2
Bal= 0 + AU
18
F. Vt1
F. Vt2
10s + AU
19
Tapis OFF
Pos4 + AU
20
O. Vsa
Bal = P1 + AU
21
F. Vsa
o. Vsb
Bal = (P1+ P2) + AU
22
F. Vsb
Tapis ON


Tapi ON + AU
23
O. Vt1
O. Vt2
Bal= 0 + AU
24
F. Vt1
F. Vt2
10s + AU
25
Tapis OFF
Pos5 + AU
26
O. Vsa
Bal = P1 + AU
27
F. Vsa
o. Vsb
Bal = (P1+ P2) + AU
28
F. Vsb
Tapis ON
Tapi ON + AU
29
O. Vt1
O. Vt2
Bal= 0 + AU
30
F. Vt1
F. Vt2
10s + AU
31
Tapis OFF
Pos6 + AU
32
O. Vsa
Bal = P1 + AU
33
F. Vsa
o. Vsb
Bal = (P1+ P2) + AU
34
F. Vsb
Tapis ON


Tapi ON + AU
35
O. Vt1
O. Vt2
Bal= 0 + AU
36
F. Vt1
F. Vt2
10s + AU
37
Tapis OFF
Pos7 + AU
38
O. Vsa
Bal = P1 + AU
39
F. Vsa
o. Vsb
Bal = (P1+ P2) + AU
40
F. Vsb
Tapis ON
Tapi ON + AU
41
O. Vt1
O. Vt2
Bal= 0 + AU
42
F. Vt1
F. Vt2
10s + AU
43
Tapis OFF
Pos8 + AU
44
O. Vsa
Bal = P1 + AU
45
F. Vsa
o. Vsb
Bal = (P1+ P2) + AU
46
F. Vsb
Tapis ON


Tapi ON + AU
47
O. Vt1
O.Vt2
Bal= 0 + AU
48
F. Vt1
F. Vt2
10s + AU
49
Tapis OFF
Pos9 + AU
50
O. Vsa
Bal = P1 + AU
51
F. Vsa
o. Vsb
Bal = (P1+ P2) + AU
52
F. Vsb
Tapis ON
Tapi ON + AU
53
O. Vt1
O.Vt2
Bal= 0 + AU
54
F. Vt1
F. Vt2
10s + AU
55
Tapis OFF
Pos10 + AU
56
O. Vsa
Bal = P1 + AU
57
F. Vsa
o. Vsb
Bal = (P1+ P2) + AU
58
F. Vsb
Tapis ON


Tapi ON + AU
59
O. Vt1
O.Vt2
Bal= 0 + AU
60
F. Vt1
F. Vt2
10s + AU
61
Tapis OFF
+ AU
62