



Université Mohamed Khider de Biskra
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de génie électrique

MÉMOIRE DE MASTER

Sciences et Technologies
Automatique
Automatique et informatique industrielle

Réf. : Entrez la référence du document

Présenté et soutenu par :
SAKEUR ABDERRAHIM & TOUANE ABDERRAHMANE

Le : Mardi 03 juin 2025

Automatisation et Supervision d'un Ascenseur SCHMD1AE256MR par l'Automate programmable Industrielle Modicon M340

Jury :

Dr	REZIG MOHAMED	M.C.A	Université de Biskra	Président
Dr	GUETAL LEMYA	M.C.B	Université de Biskra	Examineur
Dr	MECHGOUG RAIHANE	Prof	Université de Biskra	Rapporteur

Année universitaire : 2024/2025

Dédicaces :

Je dédie ce modeste travail :

**À mes parents, pour leur amour inconditionnel et
leur soutien indéfectible,**

**À ma sœur, mon frère, et l'ensemble de ma
famille, chacun par son nom,**

**À mes proches, pour leur présence et leurs
encouragements,**

**À tous mes amis, qui m'ont aidé de près ou de
loin à mener à bien ce travail.**

S.Abderrahim

Dédicaces :

Je dédie ce modeste travail

A Mes parents

**Mes sœurs, Mes frères et Mes proches A tous
ma famille chacun par son nom A tous mes
amis qui m'ont aidé de près ou de loin pour
mener à bien ce travail.**

T.Abderrahmane

Remerciements

Louange à Allah, le Très-Haut, l'Unique, qui nous a accordé la force et la volonté nécessaires pour achever nos études et réaliser ce travail.

Avant de présenter le contenu de ce projet, nous souhaitons saisir cette occasion pour exprimer notre profonde gratitude à toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce projet de fin d'études.

Nous adressons nos remerciements les plus sincères à Madame Mechgoug Raihane, pour avoir accepté de diriger ce travail, pour ses conseils précieux, ses remarques pertinentes, ainsi que pour la confiance et la liberté qu'elle nous a accordées tout au long de la réalisation de ce projet. Son soutien et ses encouragements ont été d'une grande valeur dans l'aboutissement de ce travail.

Sakeur & Touane

Résumé

Ce mémoire porte sur la mise en place d'un système de supervision pour un ascenseur de type SCHMD1AE256MR, à l'aide de l'automate programmable Modicon M340. Après une présentation des bases de la supervision industrielle et du système SCADA, l'étude s'est focalisée sur les caractéristiques techniques de l'ascenseur et sur son intégration dans une architecture automatisée. Le développement du programme a été réalisé via Unity Pro, permettant le suivi en temps réel et le contrôle des paramètres. Ce travail vise à améliorer la fiabilité, la sécurité et l'efficacité du système supervisé.

Mots clés : Automatisation, supervision, ; SCADA ; M340, API, Ascenseur.

ملخص

، باستخدام المتحكم SCHMD1AE256MR لمصعد من نوع (Supervision) تتناول هذه المذكرة إعداد نظام إشراف ، ركزت SCADA بعد عرض المبادئ الأساسية للإشراف الصناعي ونظام Modicon M340 المنطقي القابل للبرمجة ، مما يسمح Unity Pro الدراسة على الخصائص التقنية للمصعد وعلى دمجها ضمن بنية آلية. تم تطوير البرنامج عبر بيئة ، بالمراقبة اللحظية والتحكم في المعلمات التشغيلية. يهدف هذا العمل إلى تحسين موثوقية النظام وأمانه وكفاءته.

الكلمات المفتاحية: التحكم، الإشراف، المتحكم المنطقي الآلي، المبرمج الآلي الصناعي، المصعد

Abstract

This thesis focuses on the implementation of a supervision system for an elevator of type SCHMD1AE256MR, using the Modicon M340 programmable logic controller (PLC). After introducing the fundamentals of industrial supervision and the SCADA system, the study highlights the technical features of the elevator and its integration into an automated architecture. The control program was developed using Unity Pro, enabling real-time monitoring and parameter control. This work aims to enhance the reliability, safety, and efficiency of the supervised system.

Keywords: Automatization, supervision, SCADA; M340, Unity pro; elevator.

Contents :

Dédicaces :	1
Dédicaces :	2
Remerciements	3
Résumé	4
Introduction Générale :	14
Chapitre I. Supervision Industrielle	16
I.1. Introduction.....	17
I.2. Supervision	17
I.3 Les composants principaux d'un système SCADA :	17
I.3.1 MTU (Master Terminal Unit) Unité centrale ou maître :	18
I.3.2 RTU (Remote Terminal Unit) Unité terminale distante :	18
I.3.3 HMI (Human-Machine Interface):.....	18
I.3.4 PLC (Programmable Logic Controller) Automate programmable :	18
I.3.5 Système de communication :	19
I.3.6 Base de données / Historian :	19
I.4 Relation entre SCADA, MTU et RTU	19
I.5 Structure d'un système industriel supervisé :	19
I.6 Rôle d'un système de supervision :	20
I.7 Domaines d'application :	21
I.8 Fonctions de la Supervision	22
I.9 Un système SCADA comprend 2 sous-ensembles fonctionnels :	22
I.10 Réseaux et communication	24
I.10.1 Interfaçage entre les Logiciels et automates :	24
I.10.2 les Protocoles de communication :	24

1) Protocole MODBUS :	24
2) Bus de terrain CAN open:	25
3) Réseau Ethernet :	26
4) Réseau Profinet :	27
I.10.3 Topologies des réseaux :	28
I.11 Conclusion :	29
Chapitre II.	30
Système Automatisé et l'Automate Programmable Modicon M340	30
II.1 Introduction	31
II.2 Présentation des systèmes automatisés :	31
II.2.1 Définition :	31
II.2.2 Objectif de l'automatisation des chaines de production	32
II.2. 3 Structure d'un système automatisé	32
II.3 Description des Automates Programmables Industriels :	34
II.3.1 Comportement des Automates Programmables Industriels :	35
II.3.2 Choix d'un automate programmable industriel :	36
II.3.3 Architecture d'un API :	37
II.3.4.Principaux fabricants d'automates programmables industriels :	38
II.3.5. Les différents types d'automates Schneider	39
II.4. Automate MODICON M340 :	42
II.5 Unity Pro :	43
II.5.1 Langages de programmation pris en compte par Unity Pro :	44
II.6 Définition de quelque block :	46
II.7 Conclusion :	52
Chapitre III.	53

Généralités sur l'Ascenseur SCHMD1AE256MR.....	53
III.1 Introduction	54
III.2. Définition de l'ascenseur.....	54
III.3. Historique de l'ascenseur	54
III.4. Les différents types d'ascenseur :	55
III.4.2. Ascenseur hydraulique :	55
III.4.3. Ascenseur pneumatique :	55
III.5 Présentation de l'Ascenseur SCHMD1AE256MR :	55
III.5.1 La partie commande :	56
III.5.2 La partie opérative :	57
III.6 Les conditions d'utilisation.....	57
III.6.1. Caractéristiques mécaniques :	58
III.6.2. Caractéristiques électriques.....	59
III.6.3 Raccordement.....	59
III.7. Entrée/Sorties	60
III.7.1 Entrées	60
III.7.2. Sorties Actionneurs – Afficheurs :	64
III.8. Fonctionnement.....	65
III.8.1 Utilisation	65
III.8.2 L'ordre vient d'un palier.....	65
III.8.3 L'ordre vient de la cabine	66
III.9. Conclusion.....	66
Chapitre IV. Automatisation et Supervision d'un Ascenseur SCHMD1AE256MR	67
IV.1 Introduction	68
IV.2. Cahier de charge	68

IV.3. Modélisation par BPMN.....	70
IV.3.1 Définition :.....	70
IV.3.2 Objectifs et avantages.....	71
IV.3.3 Symbole.....	71
IV.3.3 Les graphes.....	77
IV.4. Programme	81
IV.4.1 interfaces d'utilisateur	81
IV.4.2 Tableau des variables.....	82
IV.4.3. Program (LD, SFC)	85
IV.5 Le Grafcet d'automatisation de l'ascenseur :	89
IV.6. Fenêtre HMI	108
IV.6.1. Connexion des capteurs, des boutons et des Actionneurs avec l'IHM	108
IV.6.2 Les composants d'HMI	110
IV.6.3 le travail pratique.....	117
IV.7. Conclusion.....	120
V. Conclusion Générale :.....	121
Bibliography.....	122

Liste des fuguer :

Figure I.1 Relation entre SCADA, MTU et RTU	19
Figure I.2 Système industriel supervisé.	20
Figure I.3 Principe de la maquette	21
Figure I.4 Architecture matérielle du système de supervision	24
Figure I.5 Protocol MODBUS	25
Figure I.6 Bus de terrain CAN open	26
Figure I.7 Réseau Ethernet	27
Figure. II.1 Situation de l'automate dans un système automatisé de production.	33
Figure II.2 Structure de la partie commande.....	34
Figure II.3 Structure de la partie opérative	34
Figure II.4 Automate programmable industriel.....	35
Figure II.5 Un cycle de la tâche maître.	36
Figure II.6 API Compact	37
Figure II.7 API Modulaire.....	37
Figure II.8 Automate Zelio.....	40
Figure II.9 Automate Modicon M100	40
Figure II.10 Automate Modicon M241	41
Figure II.11 Automate Modicon M580	41
Figure II.12 Automate MODICON M340.	43
Figure II.13 Langage à contacts (LD)	44
Figure II.14 Langage FBD	44
Figure II.15 Langage SFC.....	45
Figure II.16 Langage IL	45
Figure II.17 Langage ST	46
Figure II.18 TON.....	46
Figure II.19 Timing Diagram TON	47
Figure II.20 TOF	48
Figure II.21 Timing Diagram TOF	49
Figure II.22 TP	49
Figure II.23 Timing diagram TP	50

Figure II.24 MOVE_***_***: Array.....	51
Figure III.1 Ascenseur SCHMD1AE256MR	56
Figure III.2 La partie commande	56
Figure III.3 Partie Opérative	57
Figure III.4 Fusible.....	58
Tableau III.1 Caractéristiques mécaniques.....	58
Figure III.5 Caractéristiques de l'ascenseur et l'automate M340	59
Figure III.6 Raccordement de la partie opérative avec la partie commande.....	59
Figure III.7 Raccordement secteur	60
Figure III.8 Entrées - Capteurs.....	61
Figure III.9 Commandes manuelles	63
Figure III.10 Run/Stop	63
Figure III.11. Actionneurs et afficheurs	65
Figure IV.1. BPMN Main system.....	77
Figure IV.2. BPMN Mouvement system.....	78
Figure IV.3. BPMN Stop system.....	79
Figure IV.4. BPMN Alarmes system.....	80
Figure IV.5. Interface D'utilisateur	81
Figure IV.6: Entrées/Sorties	82
Figure IV.7. Mémoires	83
Figure IV.8. Mémoires 2	84
Figure IV.9: détecteur étage 1	85
Figure IV.10. Détecteur 2,3,4,5	85
Figure IV.11. Demande étage 1	86
Figure IV.12. Demande ,2,3,4,5	86
Figure IV.13. Appel 1,2,3	87
Figure IV.14. Appel 4,5	88
Figure IV.15. Porte 1	88
Figure IV.16. Porte 2,3,4,5	89
Figure IV.17: Grafcet d'automatisation de l'ascenseur	90
Figure IV.18. Transition Up.....	91

Figure IV.19. Transition DW	92
Figure IV.20. Transition A.....	93
Figure IV.21. Transition A2.....	94
Figure IV.22. Transition A3.....	95
Figure IV.23: Transition BT	95
Figure IV.24. Mémoire B	96
Figure IV.25. TON 1 (T1)	96
Figure IV.26. Mémoire PF.....	96
Figure IV.27. Transition TD	96
Figure IV.28. TON 2 (T2)	97
Figure IV.29. Demande voyante.....	97
Figure IV.30. Appels voyants	97
Figure IV.31. Afficheur	98
Figure IV.32. Mémoire de l’Afficheur d’HMI	99
Figure IV.33. Les actionneur Montée, Descente	99
Figure IV.34: Mémoire ALS.....	100
Figure IV.35. Alarme de monte, descente	100
Figure IV.36. Temporisateur d’Alarme de monte, descente	101
Figure IV.37. Temporisateur d’Alarme des portes	101
Figure IV.38. Mémoire AP	101
Figure IV.39. Mémoire AP2	102
Figure IV.40. Mémoire de mode simulation	102
Figure IV.41. Temporisateur U/D de mode simulation	102
Figure IV.42. Activation et désactivation P 1,2,3,4,5 de mode simulation	103
Figure IV.43. Mémoire pour indiquer la position de la cabine entre les étage 1 et 2.....	104
Figure IV.44. Mémoire pour indiquer la position de la cabine entre les etage 2 et 3.....	104
Figure IV.45. Mémoire pour indiquer la position de la cabine entre les etage 3 et 4.....	105
Figure IV.46. Mémoire pour indiquer la position de la cabine entre les etage 4 et 5.....	105
Figure IV.47. Temporisateur de porte 1 dans la simulation.....	105
Figure IV.48. Temporisateur de porte 2 dans la simulation.....	106
Figure IV.49. Temporisateur de porte 3 dans la simulation.....	106

Figure IV.50. Temporisateur de porte 4 dans la simulation.....	106
Figure IV.51. Temporisateur de porte 5 dans la simulation.....	107
Figure IV.52. Ajoute d'une fenêtre HMI	108
Figure IV.53. Les capteurs et actionneurs	109
Figure IV.54. Les boutons	110
Figure IV.55. L'afficheur d'étage	110
Figure IV.56. Mode de simulation.....	111
Figure IV.57. Les appels.....	111
Figure IV.58. Les alarmes	111
Figure IV.59. Les demandes	112
Figure IV.60. Les commandes manuelles.....	112
Figure IV.61. Les boutons des demandes et d'appels de l'HMI	113
Figure IV.62. Les détecteurs des étages et Les ports.....	113
Figure IV.63. Les actions de montes et descentes	114
Figure IV.64. La position de la cabine entre les étages	114
Figure IV.65. Fenêtre global HMI de l'ascenseur	115
Figure IV.66. Activation de l'alarme de niveau bas	117
Figure IV.67. Demande de Monte au 5 ^{ème} étage	118
Figure IV.68. Activation de l'alarme de porte ouverte	119
Figure IV.69. Deux demandes de monte au même temps (5 ^{ème} et 2 ^{ème} étage).....	119
Figure IV.70. Deux demandes de descente au même temps (2 ^{ème} et 1 ^{ier} étage)	120

Liste des tableaux :

Tableau I.1 Topologies des réseaux.....	28
Tableau II.1 paramètres d'entrée TON	47
Tableau II.2 paramètres de sortie TON	47
Tableau II.3 paramètres d'entrée TOF	48
Tableau II.4 paramètres de sortie TOF	48
Tableau II.5 paramètres d'entrée TP	50
Tableau II.6 paramètres de sortie TP	50
Tableau II.7 paramètres d'entrée MOVE.....	51
Tableau II.8 paramètres de sortie MOVE.....	51
Tableau III.2 Entrées (Capteurs)	60
Tableau III.3 Entrées - Commandes manuelles.....	62
Tableau III.4. Les Sorties	64
Tableau IV.1. Événements de début	72
Tableau IV.2. Événements intermédiaires.....	73
Tableau IV.3. Types de Taches	74
Tableau IV.4. Branchements.....	75
Tableau IV.5. Objets de données et artefacts.....	75
Tableau IV.6. Objets de connexion.....	76

Introduction Générale :

L'automatisme est un domaine scientifique et technologique essentiel qui cherche à accomplir et à gérer des Tâches techniques grâce à des systèmes capables de fonctionner sans nécessiter d'intervention humaine, ou avec une intervention minimale (Surveillance et maintenance). Il s'est établi de façon progressive dans presque tous les domaines industriels et de services, avec l'objectif d'augmenter la productivité, d'améliorer la qualité des produits, diminuant le charge du travail humain.

Dans cette démarche d'amélioration des processus, les systèmes SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) jouent un rôle important. Ces environnements comprennent une variété d'outils de supervision, y compris des programmes spécialisés qui permettent la conception d'interfaces graphiques interactives. Ces interfaces permettent aux opérateurs de suivre en direct l'évolution des variables d'un processus, d'ajuster certains réglages de l'équipement et d'assurer ainsi une maîtrise précise et performante.

L'objectif principal de ce mémoire est l'automatisation et la supervision de l'ascenseur **SCHMD1AE256MR** à l'aide d'un automate programmable industriel (API) de la série **Modicon M340**, en utilisant les langages de programmation compatibles avec l'environnement **Unity Pro**.

Ce travail vise à développer un système de contrôle efficace et fiable permettant de surveiller en temps réel le fonctionnement de l'ascenseur, d'assurer la sécurité des opérations, et de faciliter la maintenance via une interface de supervision adaptée. Notre mémoire est organisé autour de quatre chapitre :

- ✚ D'abord dans le premier chapitre, on va commencer avec le système **SCADA**, en détaillant ses composants fondamentaux et les diverses méthodes de connexion entre les différents systèmes.
- ✚ Le second chapitre est présente une vue d'ensemble sur les différents types d'automates programmables industriels (API), en mettant particulièrement l'accent sur l'automate Modicon M340. Ce chapitre détaille ses principaux composants, ses caractéristiques techniques, ainsi que ses avantages dans le cadre des systèmes d'automatisation.
- ✚ Le troisième chapitre est consacré aux généralités sur l'ascenseur SCHMD1AE256MR. Il présente tout d'abord une classification des différents types d'ascenseurs, avant de se concentrer sur le modèle étudié. Le chapitre décrit en détail ses caractéristiques

mécaniques (structure, système de traction, capacité de charge, etc.) ainsi que ses caractéristiques électriques (tension d'alimentation, circuits de commande, sécurité électrique).

- ✚ Le quatrième chapitre est consacré à la présentation du travail pratique réalisé dans le cadre de ce projet. Il décrit les différentes étapes de mise en œuvre de la supervision de l'ascenseur SCHMD1AE256MR, en passant par le raccordement de l'automate Modicon M340, la configuration du matériel, ainsi que le développement du programme de commande.

Enfin, Nous Allons Terminer Notre Travail Par Une Conclusion Générale

Chapitre I.

Supervision

Industrielle

I.1. Introduction

Même avec l'avancée de l'automatisation, l'homme reste un acteur essentiel au sein des salles de supervision et de contrôle des procédés. Surveiller un système complexe fait appel à un large éventail de disciplines : cela commence par l'automatique et l'informatique, englobe aussi bien l'ergonomie que la psychologie cognitive, et touche même à des aspects sociologiques.

La supervision, et par conséquent la conduite, sont centrées sur l'homme, celui-ci étant amené à gérer des informations transformées et abstraites, visuelles et/ou sonores. Ainsi, une connaissance des caractéristiques de l'homme constitue une étape importante dans l'analyse de ses activités de supervision et de contrôle

I.2. Supervision

Le **SCADA** ou Supervisory Control And Data Acquisition en Anglais est un système de contrôle et d'acquisition de données. Il permet la télégestion et la télésurveillance en temps réel de site industriel via des capteurs. Les premiers systèmes **SCADA** sont apparus dans les années **1960**. Pour la première fois, il devenait possible d'actionner une commande de terrain (une vanne par exemple) depuis un centre de contrôle à distance, plutôt que par une intervention manuelle sur site [1].

Aujourd'hui, les dispositifs **SCADA** ont intégré de nombreuses avancées technologiques (réseaux, électronique, informatique...) et sont devenus omniprésents sur les installations à caractère industriel. De ce fait, leur fiabilité et leur protection sont également devenues des enjeux importants. Les systèmes **SCADA** correspondent aux interfaces homme-machine, aux automates programmables pour le pilotage et aux infrastructures réseaux permettant de relayer l'information entre deux sites distants. On retrouve aussi les logiciels de **SCADA** qui permettent de surveiller et de commander des machines à distance.

I.3 Les composants principaux d'un système SCADA :

Un système SCADA se compose de plusieurs éléments interconnectés qui assurent la **supervision**, le **contrôle** et l'**acquisition de données** à distance.

I.3.1 MTU (Master Terminal Unit) Unité centrale ou maître :

➤ **Définition :** La principale unité terminale maîtresse ou maître (MTU) agit en tant que centre de contrôle au sein du système SCADA. Il s'agit généralement d'un serveur ou d'une collection de serveurs.

➤ **Rôle :**

- Échange avec les opérateurs par le biais de l'interface SCADA.
- Transmet des ordres aux unités éloignées (RTUs ou PLCs).
- Récupère les informations du terrain (par l'intermédiaire de la RTU ou du PLC)
- S'occupe des échanges de données (fréquemment via des protocoles tels que Modbus, DNP3...) [2]

I.3.2 RTU (Remote Terminal Unit) Unité terminale distante :

➤ **Définition :** Un dispositif électronique positionné sur le terrain (par exemple, sur un puits, un compresseur, une station de pompage...) est ce qu'on appelle une unité terminale distante (RTU).

➤ **Rôle :**

- Mesure des données physiques (pression, température, débit...)
- Commande de dispositifs (vannes, moteurs...)
- Transmet les données vers le MTU
- Exécute les ordres reçus du MTU [3]

I.3.3 HMI (Human-Machine Interface):

- **Rôle :** Permet à l'opérateur de consulter les données en direct, de contrôler les dispositifs à distance et de bénéficier d'alertes.
- **Exemples :** Schémas de processus, diagrammes, alertes, tendances historiques.

I.3.4 PLC (Programmable Logic Controller) Automate programmable :

- **Rôle :** Comparable aux RTU, mais mieux ajusté aux missions de contrôle locales et instantanées.
- Utilisé pour l'automatisation sur site (par exemple : mise en marche de la pompe selon un seuil déterminé).

- Spécificité : Rapide, solide, configurable en fonction de la logique de l'utilisateur. [4]

I.3.5 Système de communication :

- **Rôle** : Assure la transmission des données entre les différents composants (MTU ↔ RTU/PLC).
- **Supports** :
 - Radio, fibre optique, satellite, ligne téléphonique, réseau Ethernet ou 4G/5G.
 - Protocoles courants : **Modbus, DNP3, IEC 60870-5-104**. [3]

I.3.6 Base de données / Historian :

- **Rôle** : Stocke les données historiques recueillies par le système SCADA pour analyse, reportant ou traçabilité.
- **Utilité** : Très utile pour le suivi de performance, le diagnostic de pannes ou les audits. [5]

I.4 Relation entre SCADA, MTU et RTU

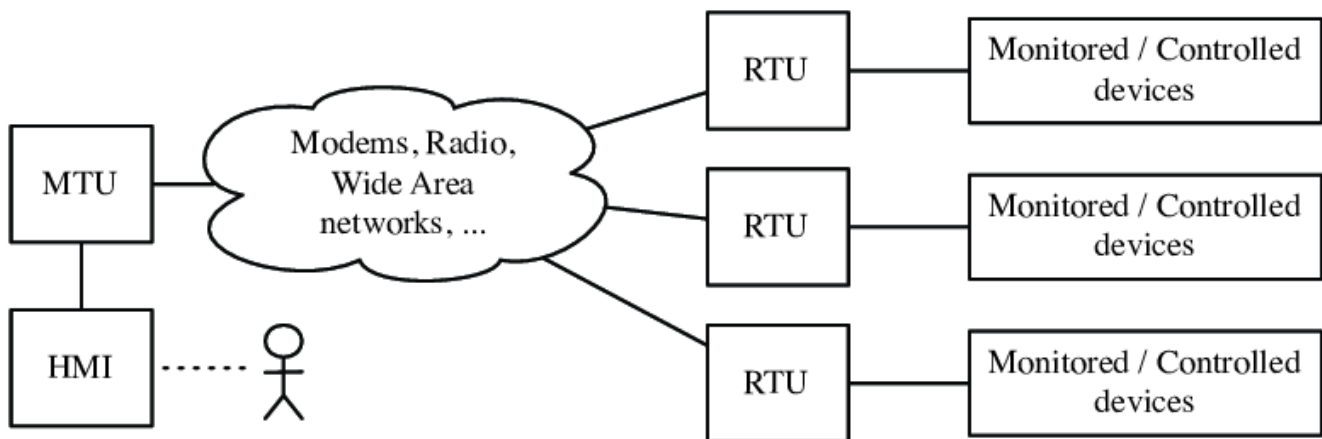


Figure I.1 Relation entre SCADA, MTU et RTU

I.5 Structure d'un système industriel supervisé :

Un système industriel superviser se composer de trois parties [6] :

- ✚ **Système de supervision** : c'est au niveau de ce système que la commande est traitée suivant le besoin et l'état du système.

- ✚ **Système de commande** : la partie qui établit la communication entre la partie supervision et actionneur qui fait le calcul nécessaire pour concevoir une commande aux actionneurs dans le but de les faire fonctionner suivant la consigne désirée.
- ✚ **Partie actionneur** : la partie opérative ou production composée de machine vérins ...etc. qui reçoit le signal de commande final.

Pour que ses trois sous-systèmes fonctionnent en interaction, il faut faire appel à deux types de grandeurs :

Grandeurs observables : Connue aussi comme flux montant variables caractérisant l'état du procédé que l'on peut mesurer qui peuvent être obtenue soit par :

- ✚ **Mesures directes** : mesures en ligne via des capteurs,
- ✚ **Mesures indirectes** : calculées à partir de plusieurs grandeurs mesurées.
- ✚ **Grandeurs commandables** : grandeurs que l'on peut modifier pendant l'exécution d'un processus.
- ✚ **Modifications directes** : états logiques des actionneurs (ouvrir/fermer vanne, rentrer/sortir vérin).
- ✚ **Modifications indirectes** : effet physique produit par la modification d'état d'un ou plusieurs actionneurs (modification d'un débit, d'une température ...etc.

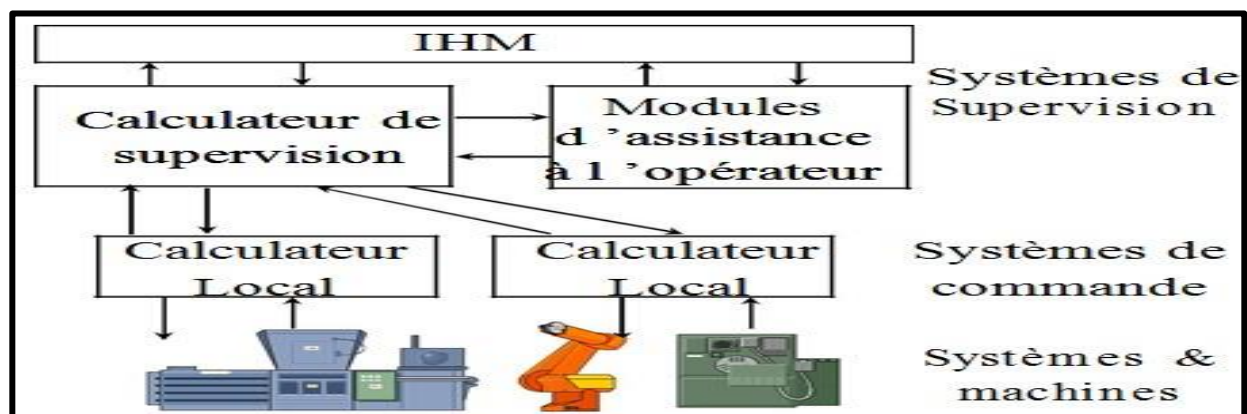


Figure I.2 Système industriel supervisé.

Dans la supervision, on peut distinguer plusieurs rôles dont le système de supervision peut l'effectuer. On cite entre autres les points suivants :

- ✚ Un module d'acquisition-traitement des signaux physiques du procédé.

✚ Un module de commande temps-réel qui élabore les commandes en fonction des consignes, des signaux et des modèles de commande prédéfinis.

✚ Un module de contrôle qui permet de surveiller la commande, l'évolution du procédé, de déclencher des procédures de sécurité ou de prévenir l'opérateur d'une situation anormale.

Un module de visualisation-stockage permettant d'obtenir et de mettre à la disposition des

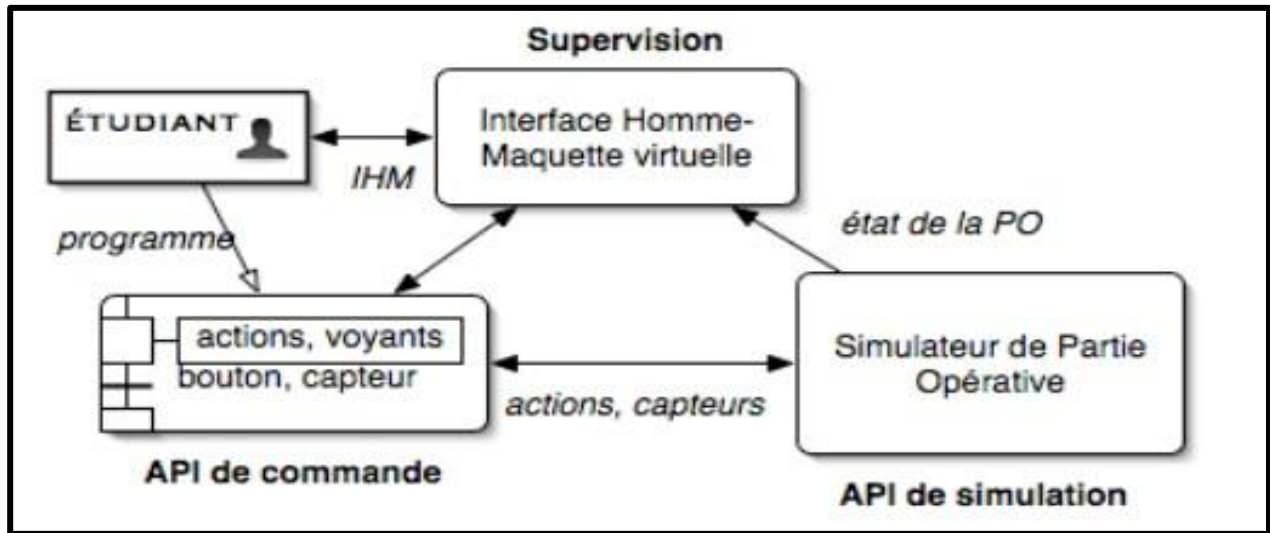


Figure I.3 Principe de la maquette

opérateurs des éléments d'évaluation du procédé par ses valeurs instantanées et historiques

I.7 Domaines d'application :

- ✚ Le pilotage de grandes installations industrielles automatisées :
 - Métallurgie (laminoir) production pétrolière (distillation),
 - Production et stockage agroalimentaire (lait, céréales...),
 - Production manufacturière (automobile, biens de consommation...),
- ✚ Le pilotage d'installations réparties :
 - Alimentation en eau potable,
 - Gestion de tunnels (ventilation, sécurité).
 - Traitement des eaux usées,
 - Gestion des flux hydrauliques (canaux, rivières, barrages...) [7]

I.8 Fonctions de la Supervision

Les logiciels de supervision sont une classe de programmes applicatifs dédiés à la production dont les buts sont [8]:

- ✚ L'assistance de l'opérateur dans ses actions de commande du processus de production (interface IHM dynamique...),
- ✚ La visualisation de l'état et de l'évolution d'une installation automatisée de contrôle de processus, avec une mise en évidence des anomalies (alarmes),
- ✚ La collecte d'informations en temps réel sur des processus depuis des sites distants
 - (Machines, ateliers, usines...) et leur archivage,
- ✚ L'aide à l'opérateur dans son travail (séquence d'actions/batch, recette/recèpe) et dans ses décisions (propositions de paramètres, signalisation de valeurs en défaut, aide à la résolution d'un problème ...),
- ✚ Fournir des données pour l'atteinte d'objectifs de production (quantité, qualité, traçabilité, sécurité...).

I.9 Un système SCADA comprend 2 sous-ensembles fonctionnels :

- ✚ La commande
- ✚ La surveillance

Les fonctions de commande en marche normale sont :

- L'envoi de consignes vers le procédé dans le but de provoquer son évolution.
- L'acquisition de mesures ou de compte-rendu permettant de vérifier que les consignes envoyées vers le procédé produisent exactement les effets escomptés.
- L'acquisition de mesures ou d'informations permettant de reconstituer l'état réel du procédé et/ou du produit.
- L'envoi vers le procédé d'ordres prioritaires permettant de déclencher des procédures de sécurité (arrêts d'urgence par exemple).

La partie surveillance d'un superviseur a pour objectifs :

- La recherche des causes et conséquences d'un fonctionnement non prévu ou non contrôlé,
- La détection d'un fonctionnement ne correspondant plus à ce qui est attendu.

- L'élaboration de solutions permettant de pallier le fonctionnement non prévu,
- La modification des modèles utilisés pendant le fonctionnement prévu pour revenir à ce fonctionnement : changement de la commande, réinitialisations, etc.,
- La collaboration avec les opérateurs humains pour les prises de décision critiques, pour le recueil d'informations non accessibles directement et pour l'explication de la solution curative envisagée ou appliquée.

Le choix d'un système de supervision :

- Capacité d'analyse et de restitution,
- Offre et variété des dispositifs d'alerte,
- Notoriété, pérennité,
- Souplesse de configuration et de déploiement,
- Nombre et type de "sondes" existant,
- Protocoles utilisés / supportés,
- Possibilité / complexité d'extensions,
- Architecture générale (multi-site, limites de capacités),
- Look and feel,
- Impact local/distant,
- Capacité à collaborer avec d'autres moyens de supervision /monitoring [9].

I.10 Réseaux et communication

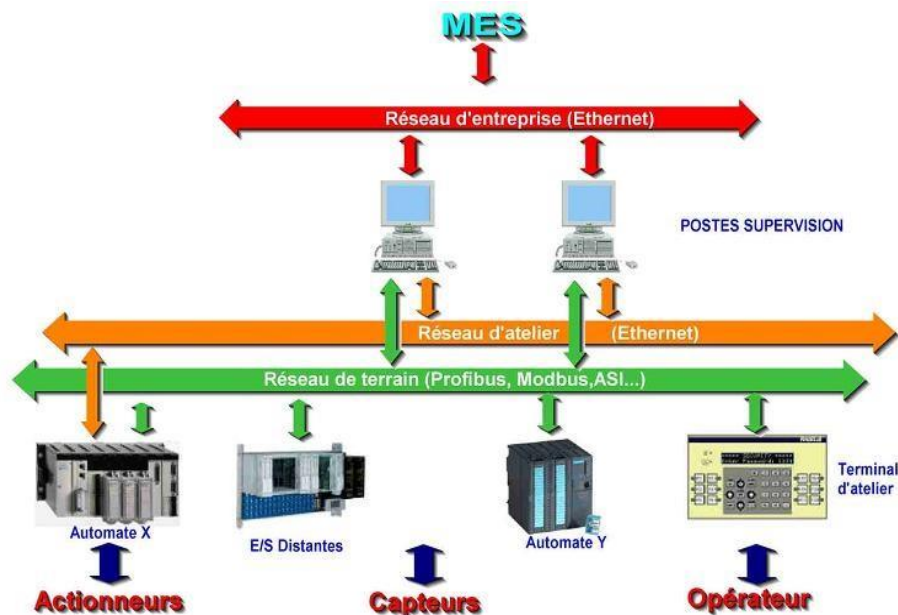


Figure I.4 Architecture matérielle du système de supervision

I.10.1 Interfaçage entre les Logiciels et automates :

La fonction Web Gâte permet de se connecter à distance sur une application par l'intermédiaire d'un navigateur Web. L'afficheur agit donc en tant que serveur Web. Si la fonction Web Gâte est activée sur une cible, un utilisateur peut s'y connecter à distance à partir d'un PC et d'un navigateur Internet. Selon la configuration Web Gâte, il est possible de lire et/ou d'écrire des données sur la machine cible à partir du PC distant. [10]

- Accéder aux informations (lecture et écriture) des unités de traitement (automates, régulateurs, chaînes d'acquisition, cartes E/S, systèmes d'identification, terminaux...) en temps réel.

- Ces périphériques sont généralement hétérogènes

I.10.2 les Protocoles de communication :

1) Protocole MODBUS :

Le protocole MODBUS est un protocole créant une structure hiérarchisée (un maître et plusieurs esclaves). Le maître gère l'ensemble des échanges selon deux types de dialogues :

- Le maître échange avec l'esclave et attend la réponse
- Le maître échange avec l'ensemble des esclaves sans attendre de réponse (diffusion générale).

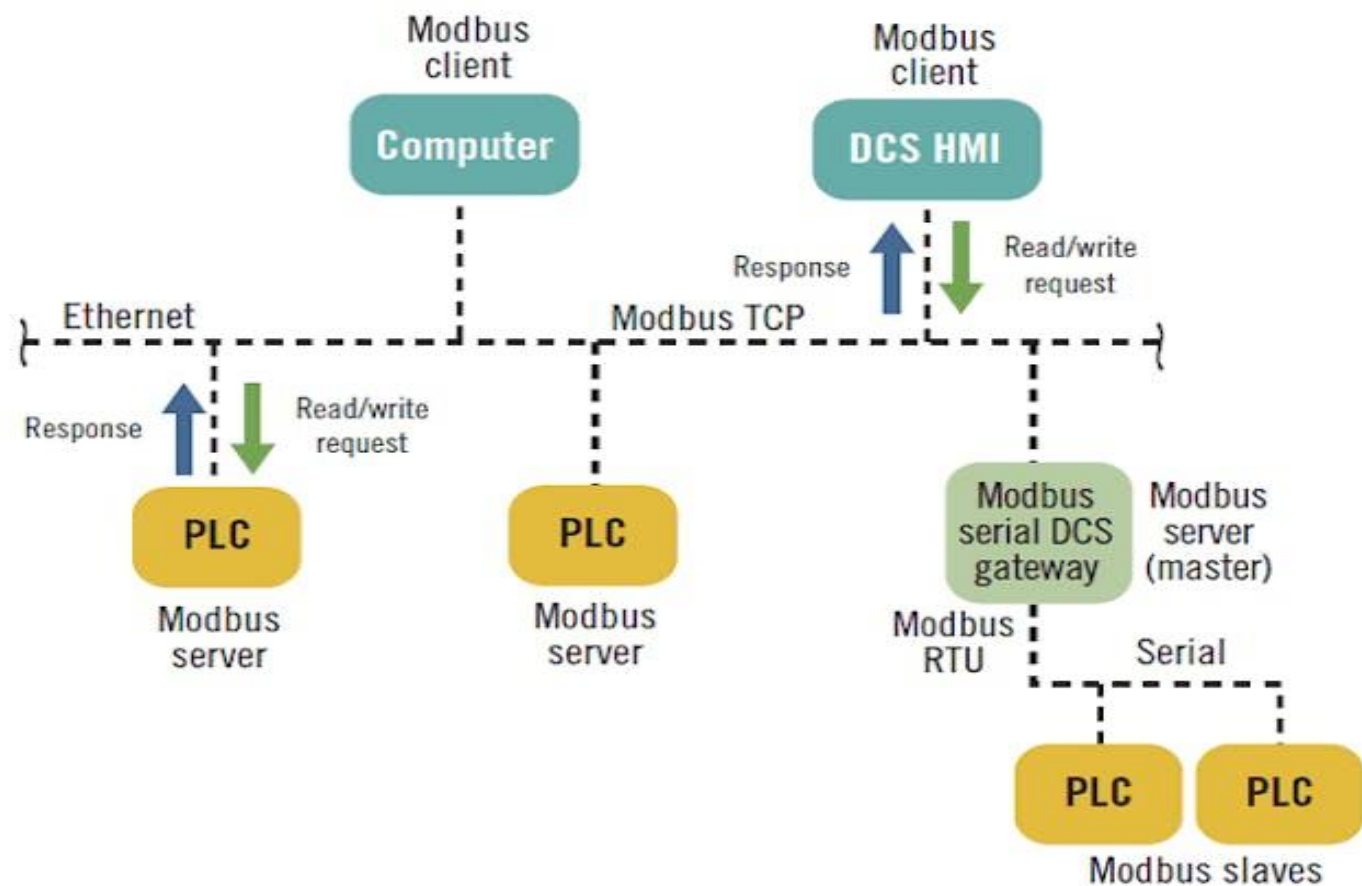


Figure I.5 Protocol MODBUS

2) Bus de terrain CAN open:

Une architecture CAN open comprend :

- Un maître du bus.
- Des équipements esclaves appelés aussi nœuds.

Le bus fonctionne selon un mode d'échange point à point. À tout moment, chaque équipement peut envoyer une requête sur le bus et les équipements concernés répondent. La priorité des requêtes circulant sur le bus est déterminée par un identifiant au niveau de chaque message [11]

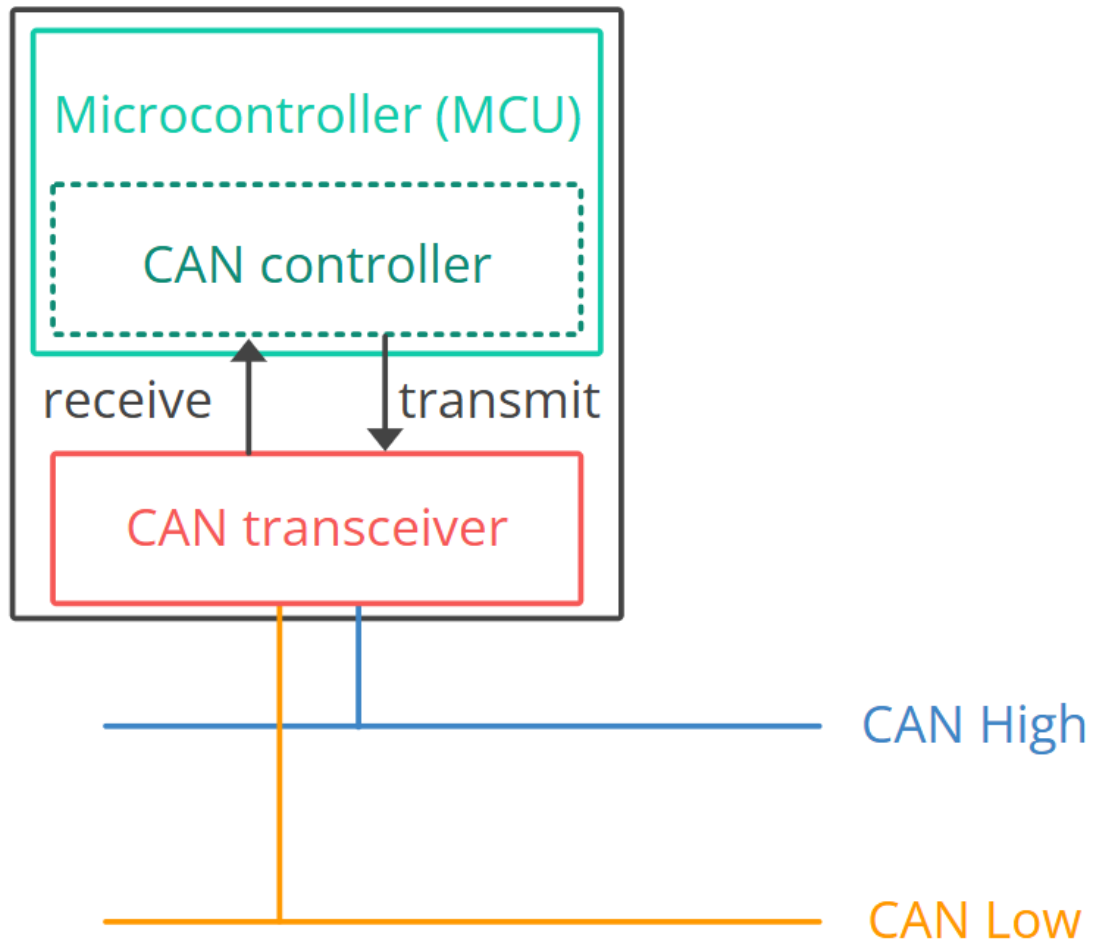


Figure I.6 Bus de terrain CAN open

3) Réseau Ethernet :

La communication Ethernet vise essentiellement les applications de :

- Coordination entre automates programmables,
- Supervision locale ou centralisée,
- Communication avec l'informatique de gestion de production,
- Communication avec les entrées/sorties distantes.

La communication Ethernet supporte également, en fonction agent, la gestion du standard de supervision réseau SNMP [12]

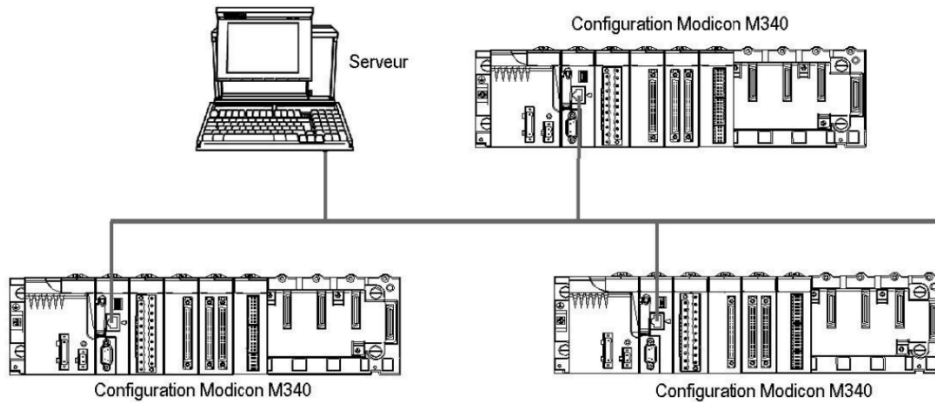


Figure I.7 Réseau Ethernet

4) Réseau Profinet :

Profinet (Process Field Net) est un protocole de communication industriel standardisé, basé sur Ethernet, développé pour les applications d'automatisation industrielle. Il est largement utilisé pour échanger des données entre les automates programmables industriels (API), les équipements de terrain (capteurs, actionneurs) et les systèmes de supervision (SCADA, DCS).

a) Caractéristiques principales :

- **Communication en temps réel (RT) et en temps réel isochrone (IRT)** : permet une transmission rapide et déterministe des données critiques pour les processus industriels.
- **Basé sur Ethernet standard** : utilise les infrastructures réseau classiques, ce qui facilite l'intégration avec les systèmes IT.
- **Interopérabilité** : Profinet permet l'intégration d'équipements provenant de différents fabricants.
- **Configuration centralisée** : les paramètres des appareils peuvent être configurés à distance via l'automate ou des logiciels spécialisés comme TIA Portal (Siemens).

b) Avantages :

- **Fiabilité et robustesse** : essentiel dans les environnements industriels sévères comme ceux du secteur pétrolier et gazier.
- **Flexibilité** : prend en charge différentes topologies réseau (ligne, anneau, étoile).
- **Maintenance facilitée** : grâce aux diagnostics en ligne et à la gestion centralisée des appareils. [13]

I.10.3 Topologies des réseaux :

La topologie d'un réseau est caractérisée par le système de câblage du réseau ; c'est la partie physique du réseau.

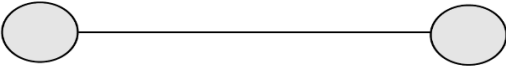
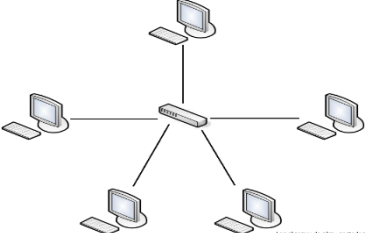
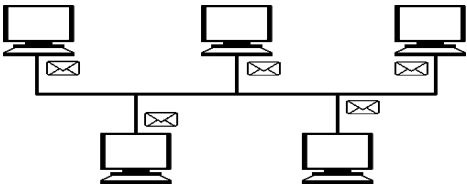
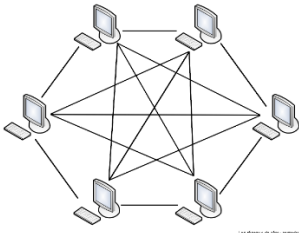
Point à point	 Topologie point-à-point
Etoile	
Bus	
Arbre	
Maille	
Anneau	

Tableau I.1 Topologies des réseaux

I.11 Conclusion :

En conclusion de ce chapitre, nous avons établi les bases théoriques nécessaires à la compréhension du système **SCADA**, l'un des systèmes les plus importants utilisés pour la supervision et le contrôle des processus industriels. Nous avons examiné ses composants principaux, ses fonctions essentielles, ainsi que son importance dans le bon déroulement des opérations avec efficacité et performance, en particulier dans des secteurs sensibles tels que le pétrole, le gaz et l'énergie. Nous avons également mis en lumière la manière dont ce système interagit avec les éléments sur le terrain afin de fournir des données précises contribuant à une prise de décision rapide et appropriée.

Chapitre II.

Système Automatisé

et l'Automate

Programmable

Modicon M340

II.1 Introduction

Au début des années 50, les ingénieurs étaient déjà confrontés à des problèmes d'automatismes. Les composants de base de l'époque étaient les relais électromagnétiques à un ou plusieurs contacts. Les circuits conçus comportaient des centaines voire des milliers de relais. Le transistor n'était connu que comme un composant d'avenir et les circuits intégrés étaient inconnus.

Vers 1960, les semi-conducteurs (transistors, diodes) sont apparus dans les automatismes sous forme de circuits digitaux. Ce n'est que quelques années plus tard, que l'apparition des circuits intégrés a amorcé une révolution dans la façon de concevoir les automatismes. Ceux-ci étaient très peu encombrants et leur consommation était des plus réduite. On pouvait alors concevoir des fonctions de plus en plus complexes à des coûts toujours décroissants.

C'est en 1969 que les constructeurs américains d'automobiles (General Motors en particulier) ont demandé aux firmes fournissant le matériel d'automatisme des systèmes plus évolués et plus souples pouvant être modifiés simplement sans coût exorbitants.

Les ingénieurs américains ont résolu le problème en créant un nouveau type de produit nommé automate programmable. Ces appareils n'étaient rentables que pour des installations d'une certaine complexité, mais la situation a très vite changé, ce qui a rendu les systèmes câblés obsolètes.

De nombreux modèles d'automates sont aujourd'hui disponibles, depuis les nano automates bien adaptés aux machines et aux installations simples avec un petit nombre d'entrées/sorties, jusqu'aux automates multifonctions capables de gérer plusieurs milliers d'entrées/sorties et destinés au pilotage de processus complexes

II.2 Présentation des systèmes automatisés :

II.2.1 Définition :

Un système automatisé ou automatique est un ensemble qui exécute de manière séquentielle et périodique ou cyclique des opérations.

L'intervention humaine se limite à la programmation et à l'ajustement du système. Les objectifs d'un système automatisé sont d'accomplir des missions complexes ou risquées pour l'être humain, de réaliser des tâches ardues ou répétitives et aussi d'améliorer l'efficacité et la précision [14].

II.2.2 Objectif de l'automatisation des chaines de production

Les objectifs d'une automatisation peuvent être assez variés. On peut citer quelques-uns :

- ✚ Accroître la productivité du système pour augmenter la quantité de produit.
- ✚ Améliorer la qualité du produit.
- ✚ Adaptation à des environnements hostiles pour l'homme.
- ✚ L'automatisation entraîne la maîtrise de la disponibilité des produits.

La compétitivité d'un produit final peut se définir comme sa faculté à se vendre efficacement. La compétitivité découle principalement des performances réalisées sur les éléments suivants : coût, qualité, innovation et disponibilité. L'automatisation des appareils de fabrication peut optimiser les coûts, la qualité et même la disponibilité des produits. Néanmoins, il est essentiel de s'assurer que le produit concerné par cette automatisation est bien optimisé et répond aux exigences du marché. L'expérience démontre qu'une automatisation tend fréquemment à remettre en question le processus de production et par conséquent, le produit. [14]

II.2. 3 Structure d'un système automatisé

Un système automatisé est toujours composé d'une partie commande (PC), et d'une partie opérative (PO). Pour faire fonctionner ce système, l'opérateur (personne qui va faire fonctionner le système) va donner des consignes à la partie (PC), celle-ci va traduire ces consignes en ordres qui vont être exécutés par la (PO). Sur la Figure II.1, on peut voir le schéma de principe. Une fois les ordres accomplis, la PO va le signaler à la PC (compte-rendu) qui va à son tour le signaler à l'opérateur (poste de contrôle), ce dernier pourra donc dire que le travail a bien été réalisé [15].

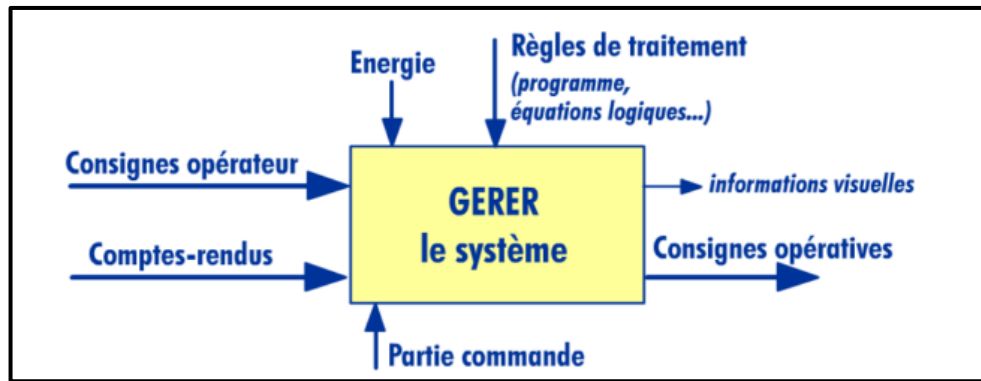


Figure II.2 Structure de la partie commande

2. **La partie opérative :** Elle exécute les tâches et les instructions de la section commande, qui comprend des éléments tels que les actionneurs, les pré-actionneurs, les effecteurs et les capteurs. La partie opérative se concentre sur le traitement du matériau de base en suivant les directives opérationnelles mises au point par la partie commande, et produit des rapports d'exécution destinés à cette dernière.



Figure II.3 Structure de la partie opérative

II.3 Description des Automates Programmables Industriels :

Un API (Programmable Logic Controller en anglais) est un ordinateur allégé : il reçoit des informations en entrée, celles-ci sont par la suite manipulées par un logiciel et les résultats obtenus constituent des sorties. Par exemple, une API peut gérer le niveau de l'eau dans un réservoir en maintenant ce niveau entre deux points spécifiés, en activant et désactivant des vannes électriques. Un dispositif plus sophistiqué pourrait inclure un équilibre placé sous le réservoir (en tant qu'entrée) et un régulateur de flux (en tant que sortie) qui autoriserait l'eau à s'écouler avec un débit

contrôlé. Un usage industriel courant pourrait impliquer la gestion de plusieurs cuves intégrées dans un procédé où chaque cuve doit répondre à une série de critères tels que : ne pas être trop remplie ni trop vide, avoir un pH dans une certaine plage, etc.

Un API est donc un outil de calcul et de contrôle qui est connecté physiquement à des capteurs via une interface d'entrée, et à des actionneurs grâce à une interface de sortie. (Figure II.3) Il intègre une unité centrale (CPU) qui supervise tout le processus, comprenant le processeur, la mémoire vive et la mémoire morte, avec une capacité minimale de 40 Koctets. Elle peut être configurée grâce à une connexion dédiée et un logiciel sur mesure. Un programme intègre alors des variables spécifiques pour illustrer les entrées et les sorties. Comme nous l'indiquerons dans la prochaine section, ces variables sont actualisées par l'API suivant une procédure spécifique. [17]

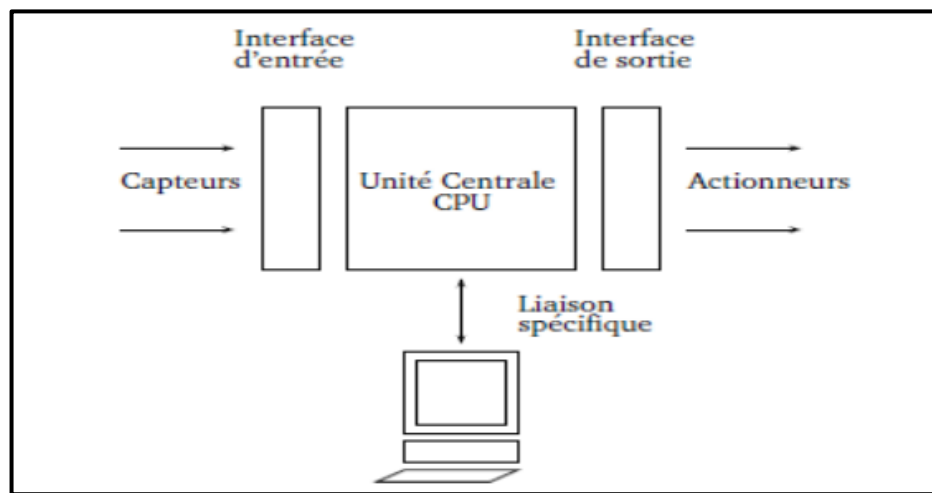


Figure II.4 Automate programmable industriel

II.3.1 Comportement des Automates Programmables Industriels :

L'exécuteur d'une API peut être constitué de divers sous-programmes dénommés tâches. Une tâche représente une série d'opérations programmées pour s'exécuter en séquence, puis se mettre en pause jusqu'à la prochaine exécution. Dans le cadre d'un automate programmable industriel, une tâche est :

- ✚ Ou bien cyclique : la tâche est immédiatement relancée après sa fin,
- ✚ Ou bien périodique : la tâche est relancée toutes les T unités de temps,
- ✚ Ou bien événementielle : la tâche est lancée à chaque fois qu'un événement prédéfini se produit.

- ✚ L'exécution d'une tâche est un cycle composé de trois phases (figure II.5) :
- ✚ L'acquisition des entrées : les variables d'entrées sont accessibles en lecture seule. Pendant cette première phase, leurs valeurs sont lues et ensuite stockées dans la mémoire de l'API.
- ✚ Le traitement interne : c'est une phase d'exécution du programme et de calcul des valeurs de sorties à partir des valeurs stockées en mémoire dans la phase précédente, les résultats des calculs sont ensuite à leur tour stockés en mémoire.
- ✚ L'affectation des sorties : les variables de sorties sont accessibles en écriture seule. Pendant cette phase, leurs valeurs sont mises à jour à partir des valeurs calculées dans la phase de traitement interne. [17]

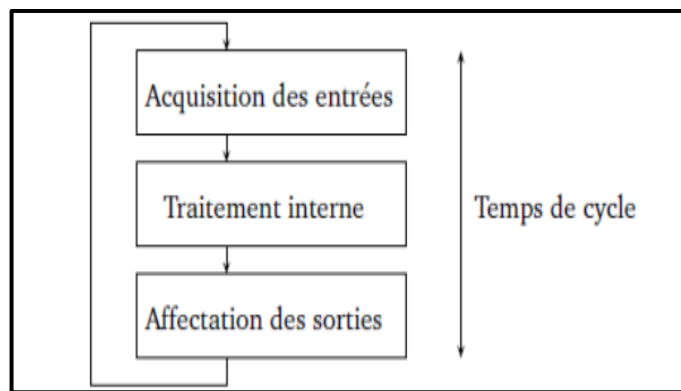


Figure II.5 Un cycle de la tâche maître.

II.3.2 Choix d'un automate programmable industriel :

Les critères de choix essentiels d'un automate programmable industriel sont :

- ✚ Les compétences/expériences de l'équipe d'automaticiens en mise en œuvre et en programmation de la gamme d'automate
- ✚ La qualité du service après-vente
- ✚ Les capacités de traitement du processeur (vitesse, données, opérations, temps réel...)
- ✚ Le type des entrées/sorties nécessaire
- ✚ Le nombre d'entrées/sorties nécessaire [18]

II.3.3 Architecture d'un API :

1. **Aspects extérieurs** : Les automates peuvent être soit de conception compacte, soit modulaire :

✚ **Compact** : Il regroupe le processeur, l'alimentation ainsi que les entrées et sorties. Il est capable d'exécuter certaines tâches additionnelles et peut bénéficier de mises à jour limitées. Il est habituellement utilisé pour le contrôle de petits automatismes.



Figure II.6 API Compact

✚ **Modulaire** : Dans ce modèle, le processeur, l'alimentation et les interfaces d'entrée/sortie sont des éléments distincts (modules). Ces automates sophistiqués dotés d'une puissante capacité de traitement



Figure II.7 API Modulaire

2. Structure interne :

- ✚ **Module d'alimentation** : assure la distribution d'énergie aux différents modules.
- ✚ **Unité centrale** : à base de microprocesseur, elle réalise toutes les arithmétiques et de traitement numérique (transfert, comptage, temporisation ...).
- ✚ **Mémoires** : permettent de stocker le système d'exploitation (ROM ou PROM), le programme (EEPROM) et les données système lors du fonctionnement (RAM).
- ✚ **Interfaces d'entrées / sorties** : éléments de signalisation du Système.

II.3.4.Principaux fabricants d'automates programmables industriels :

1. **Automate programmable SIEMENS** : Siemens est un groupe international d'origine allemande spécialisé dans les hautes technologies et présent dans les secteurs de l'industrie, de l'énergie et de la santé. Siemens a développé une large palette des automates programmables industriels. Cette expérience a été capitalisée dans la conception de la famille S7.
 - ✚ -Le S7-200, Le S7-300, Le S7-400
 - ✚ Le S7-1200 et S7-1500.
 - ✚ ET200S, ET200SP, ET 200MP, ET200 M, ET200 Isp
 - ✚ ET 200pro, ET200eco PN, ET 200eco
2. **Automate programmable ABB** : Est une entreprise suisse, elle est un acteur majeur des technologies de l'énergie et de l'automation. Les automates de la marque ABB sont programmés à l'aide de la suite logicielle Controlbuilder c'est un outil très puissant. Il supporte les langages normalisés comme le List, le ladder et le grafcet, il dispose d'un débogueur et d'un simulateur et peut être installé sur Win7 32 ou 64 bits
3. **Automate programmable Allen Bradley** : Les automates de la marque Allen Bradley sont programmés à l'aide de logicielle Rockwell Automation offre un retour sur investissement plus rapide grâce à des outils haut de gamme et à un contenu accéléré. Les automates de la marque Allen Bradley offrent des architectures modulaires et un éventail d'options d'E/S et de réseau. Des solutions de commande puissantes offre des fonctionnalités haut de gamme, des procédés jusqu'au mouvement, en passant par la sécurité. Conçus pour les applications de commande distribuée ou de supervision, ces automates offrent des performances et une fiabilité exceptionnelle.

- 4. Automate programmable Schneider :** Schneider Electric, est une entreprise française qui propose, sous les marques Telemecanique, Quantum et modicon ; Des automates programmables (par exemple gamme TSX Modicon Premium ou Quantum), d'architecture d'automatisme (entrées-sorties distribuées) des solutions de sécurité, mais aussi sur des logiciels pour l'automatisation, permettant le paramétrage, la programmation ou d'aide à l'exploitation (PL7, Concept, ProWORKX 32, Unity Pro, etc.), des réseaux de communication et bus de terrain (ModBus, ModBus Plus, Profibus, InterBus, DeviceNet, CANopen, ASi, LonWorks, FIPIO, FIPWAY, Uni-Telway, liaison séries RS232 et RS485...)

Fenêtre De dialogue opérateur (produits d'IHM) tels que voyants, terminaux graphiques, PC industriels, pupitres de commandes, boîtes à boutons, les logiciels de supervision (Vijeo Citect, Monitor Pro).

Schneider Electric propose un large éventail de solutions d'automatisation, destinées tant aux machines simples qu'aux équipements plus sophistiqués. Dans le domaine de la programmation d'automatisme Schneider, on emploie fréquemment les logiciels suivants : SoMachine et Unity Pro. Chaque solution logicielle possède ses propres caractéristiques et domaines d'application. [19]

II.3.5. Les différents types d'automates Schneider

- 1. Les automates de la gamme Zelio :** C'est la version la plus élémentaire des automates proposés par Schneider Electric. Il dispose de 20 entrées/sorties au maximum et contient des boutons intégrés sur le panneau de l'automate, ce qui permet une programmation locale. Il est également équipé d'un écran LCD qui présente 4 lignes de 18 caractères et une ligne d'icônes. Selon les versions, il peut être alimenté en courant continu de 12V, 24V, en courant alternatif de 24V ou encore en courant alternatif de 230V. Les automates Zelio sont programmables à la fois localement via l'écran d'affichage et aussi à distance via un ordinateur grâce au logiciel Zelio Soft. À cette fin, il doit être connecté au PC de programmation par l'intermédiaire d'un câble de liaison. Une fois connecté à l'ordinateur, on pourra programmer l'automate par exemple en langage Ladder ou bien en langage FBD (bloc de fonction). [20]



Figure II.8 Automate Zelio

2. **Les automates de la gamme Modicon M100** : Il s'agit de l'automate parfait pour les systèmes automatisés de petite taille, incluant jusqu'à 40 entrées/sorties. Il fonctionne à l'aide de courant alternatif et est aussi équipé d'un port série Modbus. Il est programmé à l'aide du logiciel Ecostruxure Machine Expert Basic et prend en charge les langages Ladder et List. Les entrées numériques sont à l'abri des surtensions et l'automate dispose d'une protection de niveau IP20 [20]



Figure II.9 Automate Modicon M100

3. **Les automates Modicon M241** : sont des dispositifs compacts parfaitement adaptés aux applications industrielles de grande envergure. Ils prennent en charge les interfaces de communication suivantes : Ethernet, CANopen, deux ports série et un port USB. Ils sont également dotés d'un serveur web et FTP, de connexions rapides, de fonctionnalités de sécurité, de liaison avec de\s moteurs à courant alternatif, etc. Le programme utilisé pour programmer les M241 est le logiciel Ecostruxure Machine Expert. [20]



Figure II.10 Automate Modicon M241

4. La gamme d'automates programmables Schneider Electric MODICON M580 : Les automates programmables Schneider Electric Modicon M580 ePAC intègrent par défaut des fonctionnalités de sécurité avancées afin de sauvegarder les processus critiques contre les cyberattaques.

- + Protection des accès :
- + Processeur, communication, mémoire, modes d'opération.
- + Renforcement de la sécurité du système :
- + Vérification de l'intégrité, gestion des services non utilisés.
- + Suivi des incidents de sécurité :
- + Détection des tentatives d'intrusion et de corruption, enregistrement des événements (Syslog)

Les automates programmables de nouvelle génération. Le Modicon M580 ePAC de Schneider Electric est conçu en suivant le processus de développement sécurisé (SDL), assurant ainsi la gestion de la cybersécurité durant toute la durée de vie du système. [19]



Figure II.11 Automate Modicon M580

II.4. Automate MODICON M340 :

Le processeur de la plate-forme Modicon M340 automatisés gère l'ensemble de la station automate, qui est composé de :

- + Modules E / S TOR
- + Modules E / S analogiques
- + Comptage
- + Modules de communication

Celles-ci sont réparties sur une ou plusieurs racks connectés sur le bus local. Chaque rack doit inclure un module d'alimentation, le châssis principal prend en charge la CPU [21].

Cet automate conçu pour fonctionner dans des conditions rigoureuses ou dans des gammes de température étendues allant de -25 °C à +70 °C. Les circuits imprimés bénéficient d'un revêtement de vernis pour améliorer l'isolation et la résistance à la condensation ainsi qu'aux atmosphères.

Poussiéreuses, à la corrosion chimique particulièrement lors d'une utilisation en milieu soufré ou en milieu halogène. Ce dispositif offre une utilisation au sein d'environnements chimiquement hostiles. [22]

L'automate M340 de Schneider est un dispositif modulaire qui se configure en rack, comportant des modules à insérer. Le M340 est capable de supporter jusqu'à 4 racks reliés via le bus X. La quantité maximale de racks est fonction du modèle de processeur utilisé. Il est possible d'avoir entre 4 et 12 emplacements sur un même rack.

Dans une configuration multirack, il faut noter que :

- + Le rack principal est le rack qui porte la CPU
- + Les autres racks sont appelés racks d'extension.

En général, les processeurs disposent d'un port de communication en fonction de leur type, ce qui autorise leur connexion aux réseaux Modbus Série, CanOpen, Ethernet I/P et Modbus TCP IP.

Une carte SD sert à conserver les informations. Il est important de noter que l'automate M340 n'est pas équipé d'une pile ou d'une batterie. On se connecte à la console de programmation (PC avec Unity Pro) via un câble USB. Bien qu'un câble USB standard disponible dans le commerce

puisse être employé, il est recommandé d'opter pour le câble proposé par Schneider Electric, qui est blindé et parfaitement adapté à l'application. [19]

La figure suivante montre un exemple de configuration de l'automate Modicon M340

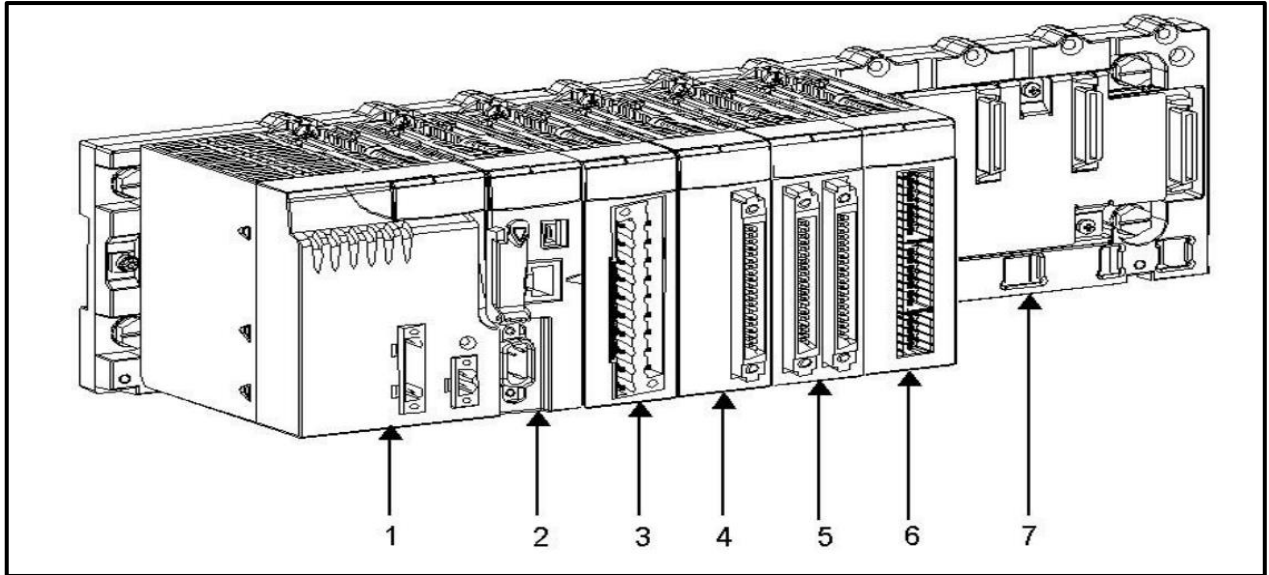


Figure II.12 Automate MODICON M340.

- (1) : Module d'alimentation.
- (2) : Processeur.
- (3) : Module d'entrées/sorties à bornier 20 points.
- (4) : Module de comptage.
- (5) : Module d'entrées/sorties à 2 connecteurs 40 points.
- (6) : Rack à 8 emplacements.
- (7) : Module d'entrées/sorties à 1 connecteur 40 points.

II.5 Unity Pro :

Unity Pro est un programme dédié à l'automatisation de systèmes allant du simple au complexe. On l'emploie pour la programmation des contrôleurs Modicon suivants : M580 (depuis la version V8 de Unity Pro), Premium, Quantum, Momentum et M340. Toutefois, tous les processeurs de catégorie Premium ne sont pas programmables via Unity Pro. Le logiciel PL7 Pro permet la programmation de certains processeurs plus anciens. Il existe également d'anciens

processeurs quantiques qui peuvent être programmés à l'aide du logiciel Concept. Quant à eux, les automates M340 et M580 ne peuvent être programmés qu'en utilisant Unity Pro. [19]

II.5.1 Langages de programmation pris en compte par Unity Pro :

Les 3 langages graphiques et Les 2 langages textuels sont :

- **Langage à contacts (LD)** : utilise des symboles électriques qui assemblés forment le programme.

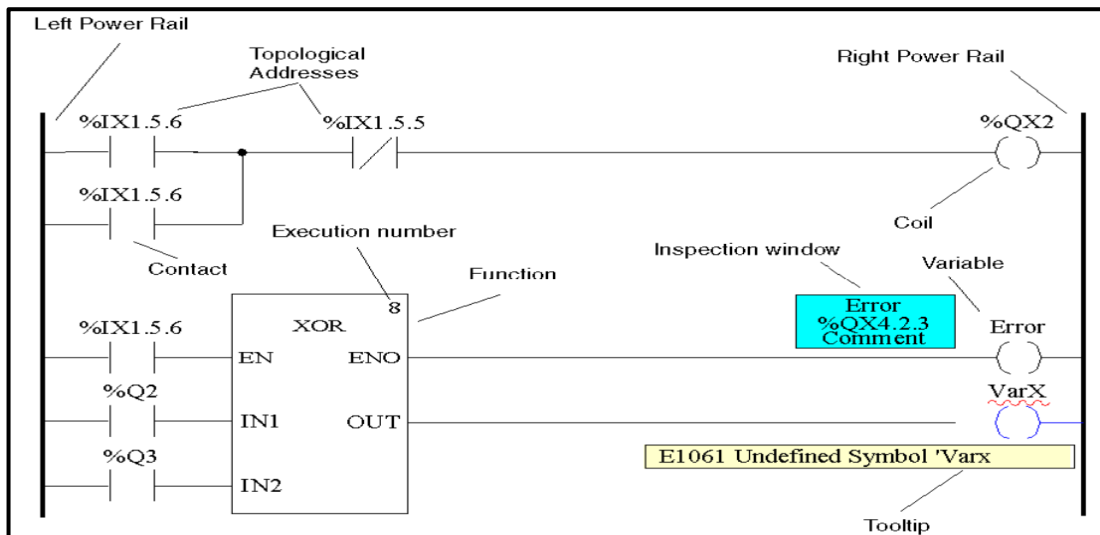


Figure II.13 Langage à contacts (LD) [23]

✚ **Langage blocs fonctionnels (FBD)** : se présente sous forme de diagramme qui est des suites de blocs réalisant des opérations simples et très sophistiquées.

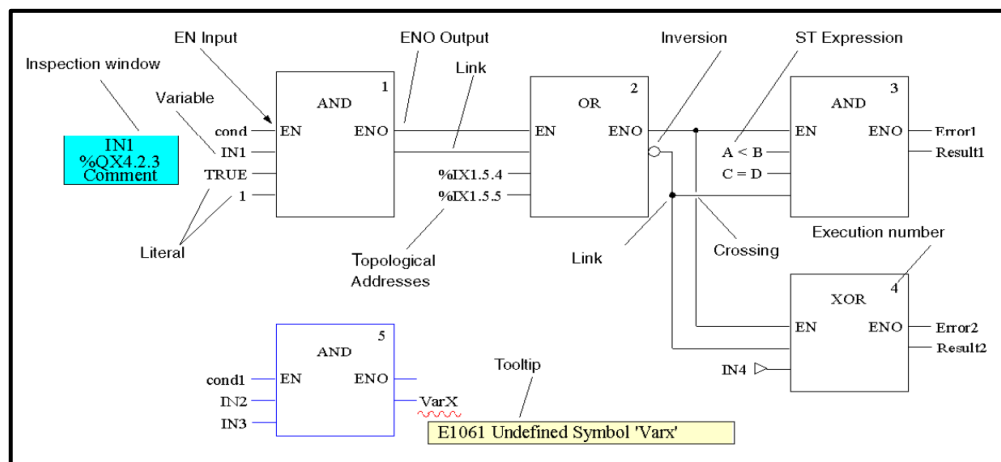


Figure II.14 Langage FBD [23]

✚ **Langage diagramme fonctionnel en séquence (SFC) ou Grafcet** : est un diagramme fonctionnel dont le but est de décrire graphiquement les différents comportements de l'évolution d'un automate séquentiel.

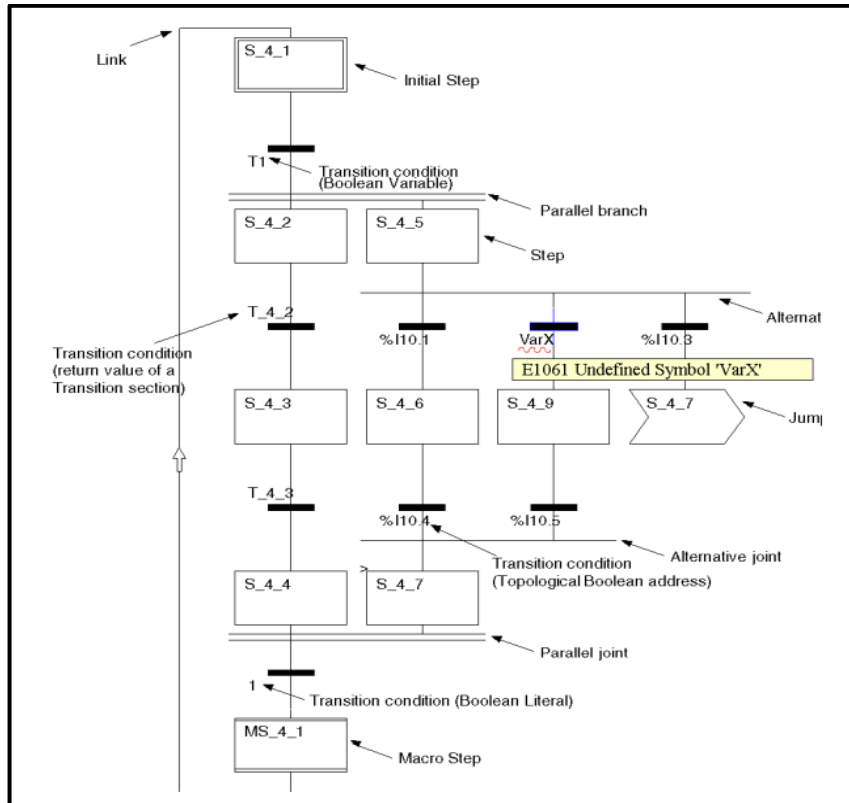


Figure II.15 Langage SFC [23]

• **Langage liste d'instructions (IL)** : c'est très proche du langage assembleur, cette programmation s'effectue directement sur le processeur

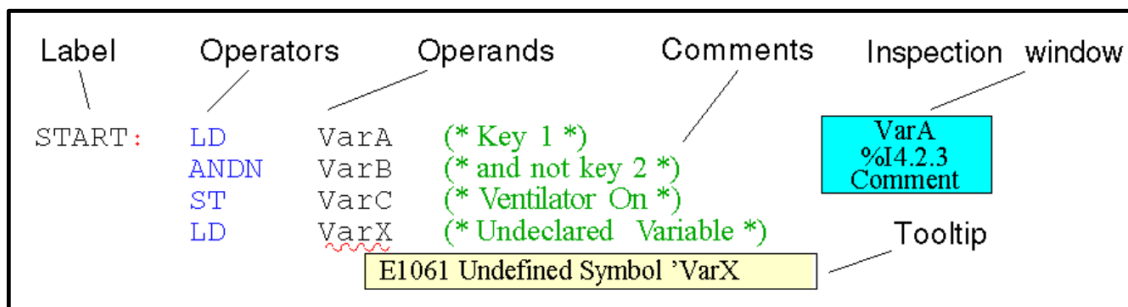


Figure II.16 Langage IL [23]

✚ **Langage littéral structuré (ST) :** ressemble au langage C utilisé pour les ordinateurs.

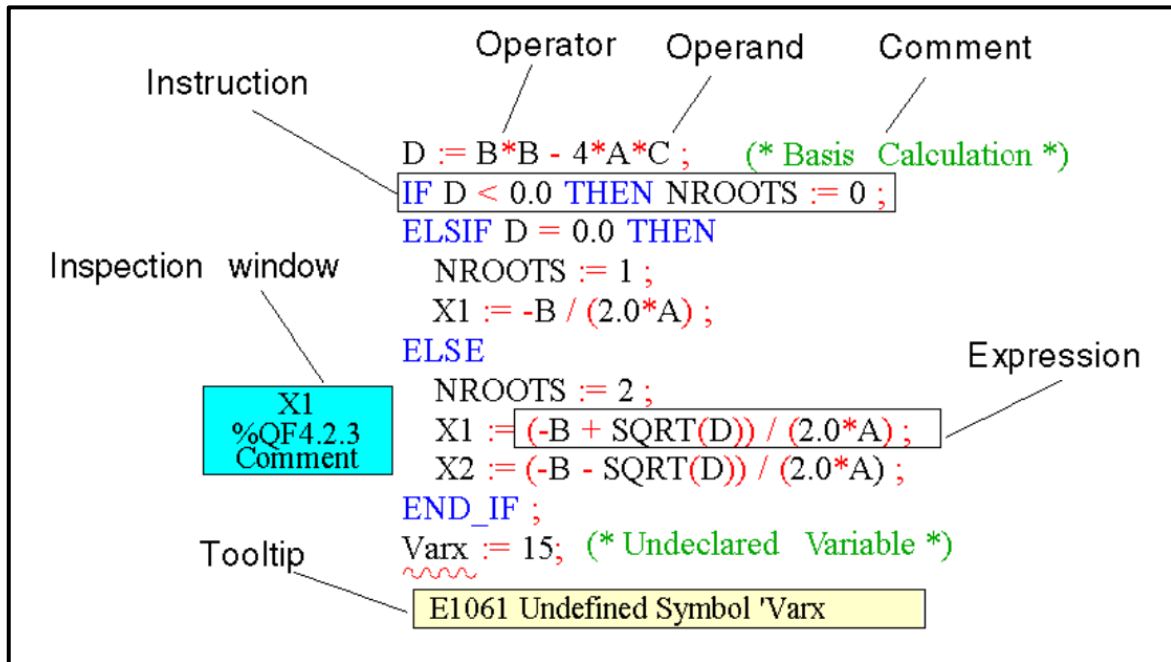


Figure II.17 Langage ST [23]

II.6 Définition de quelque block :

1 TON On delay :

Representation en LD

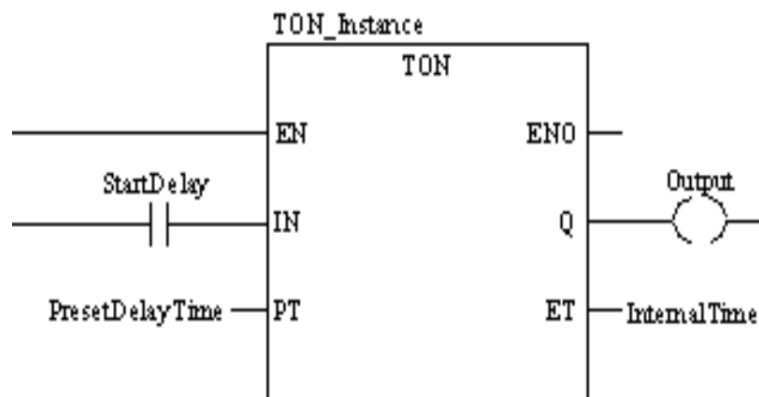


Figure II.18 TON

Description des paramètres d'entrée :

Parameter	Data type	Meaning
IN	BOOL	Start delay
PT	TIME	Preset delay time

Tableau II.1 paramètres d'entrée TON

Description du paramètre de sortie :

Parameter	Data type	Meaning
Q	BOOL	Output
ET	TIME	Internal time

Tableau II.2 paramètres de sortie TON

Timing Diagram

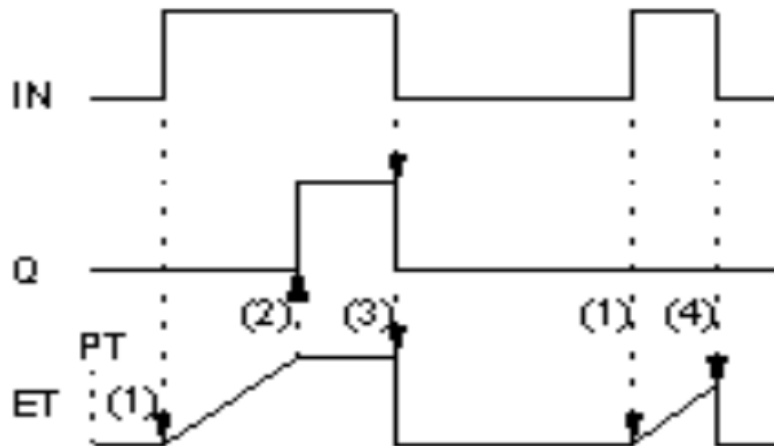


Figure II.19 Timing Diagram TON

- 1) Si IN devient « 1 », le temps interne (ET) démarre.
- 2) Si le temps interne atteint la valeur de PT, Q devient « 1 ».
- 3) Si IN devient « 0 », Q devient « 0 » et le temps interne est arrêtée/réinitialisée.
- 4) Si IN devient « 0 » avant que le temps interne n'atteigne la valeur de PT, le temps interne s'arrête/se réinitialise sans que Q passe à « 1 ».

2 TOF Off delay:

Representation in LD

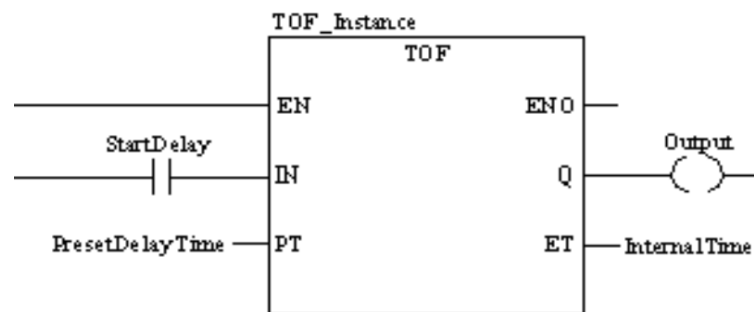


Figure II.20 TOF

Description of the input parameters:

Parameter	Data type	Meaning
IN	BOOL	Start delay
PT	TIME	Preset delay time

Tableau II.3 paramètres d'entrée TOF

Description of the output parameter:

Parameter	Data type	Meaning
Q	BOOL	Output
ET	TIME	Internal time

Tableau II.4 paramètres de sortie TOF

Timing Diagram

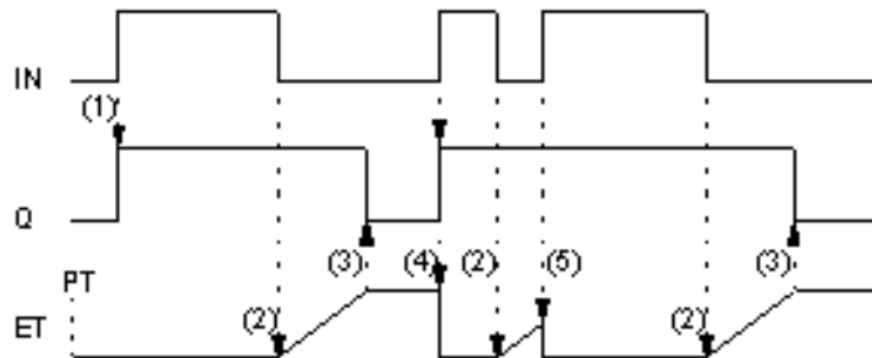


Figure II.21 Timing Diagram TOF

- 1) Si IN devient « 1 », Q devient « 1 ».
- 2) Si IN devient « 0 », le temps interne (ET) est démarré.
- 3) Si le temps interne atteint la valeur de PT, Q devient « 0 ».
- 4) Si IN devient « 1 », Q devient « 1 » et l'heure interne est arrêtée/réinitialisée.
- 5) Si IN devient « 1 » avant que le temps interne n'atteigne la valeur de PT, le temps interne est arrêté/réinitialisé sans que Q soit remis à « 0 ».

3 TP Pulse :

Representation en LD

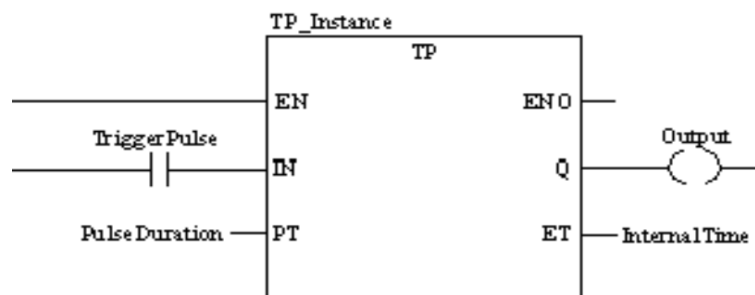


Figure II.22 TP

Description of the input parameters:

Parameter	Data type	Meaning
IN	BOOL	Trigger pulse
PT	TIME	Preset pulse duration

Tableau II.5 paramètres d'entrée TP

Description of the output parameter:

Parameter	Data type	Meaning
Q	BOOL	Output
ET	TIME	Internal time

Tableau II.6 paramètres de sortie TP

Timing Diagram

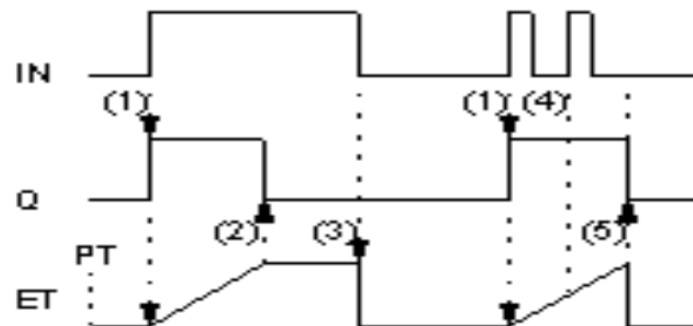


Figure II.23 Timing diagram TP

- (1) Si IN devient « 1 », Q devient « 1 » et le temps interne (ET) démarre.
- (2) Si le temps interne atteint la valeur de PT, Q devient « 0 » (indépendamment de IN).
- (3) Le temps interne s'arrête/est réinitialisée si IN devient « 0 ».

(4) Si le temps interne n'a pas encore atteint la valeur PT, elle n'est pas affectée par une horloge à IN.

(5) Si le temps interne atteint la valeur PT et que IN est à « 0 », le temps interne s'arrête/est réinitialisée et Q devient « 0 ».

4 MOVE_***_***: Array conversion

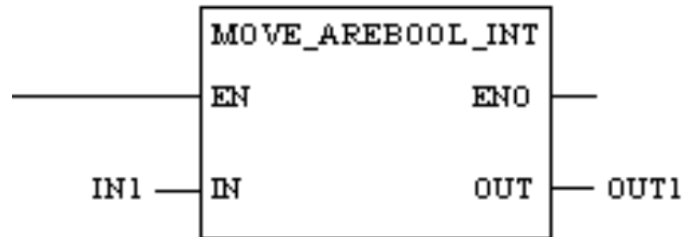


Figure II.24 MOVE_*_***: Array**

The following table describes the input parameters:

Parameter	Type	Comment
IN1	INT, DINT, ARRAY [n..m] OF EBOOL.	n and m are positive or negative integers or nil.

Tableau II.7 paramètres d'entrée MOVE

The following table describes the output parameters:

Parameter	Type	Comment
OUT1	INT, DINT, ARRAY [n..m] OF EBOOL.	When IN1 is an EBOOL array, OUT1 is an INT or DINT containing the elements of IN1. When IN1 is not an array, OUT1 is a single or double integer, converted from a Boolean array.

Tableau II.8 paramètres de sortie MOVE

II.7 Conclusion :

Ce chapitre nous a permis d'explorer en détail le fonctionnement des systèmes automatisés, en mettant l'accent sur le rôle fondamental des automates programmables dans la gestion des processus industriels. À travers l'exemple de l'automate **Modicon M340**, nous avons examiné sa structure, ses caractéristiques techniques, ainsi que ses capacités en matière de traitement et de communication. Il ressort clairement que ce type d'automate offre une solution fiable, flexible et évolutive, parfaitement adaptée aux exigences des installations modernes. La compréhension approfondie de cet outil constitue une base essentielle pour appréhender les logiques de commande automatisée et leur intégration dans un environnement industriel complexe.

Chapitre III.

Généralités sur

l'Ascenseur

SCHMD1AE256MR

III.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous allons effectuer une étude générale de l'ascenseur en commençant par sa définition. Nous exposons en premier lieu l'historique de l'ascenseur et son évolution technologique. Nous nous intéressons ensuite à l'ascenseur **SCHMD1AE256MR** nous allons mentionner les divers composants qui constituent l'intégralité de cet 'ascenseur, à savoir les principes de fonctionnement et les différents blocs.

III.2. Définition de l'ascenseur

L'ascenseur est un équipement technique qui peut être installée à l'intérieur ou à l'extérieur d'un bâtiment.

Il est utilisé pour transporter des personnes et des objets entre les différents étages.

La cabine est déplacée verticalement par un système d'entraînement mécanique dans la majorité des cas.

Les ascenseurs sont fréquemment utilisés pour aider les personnes âgées, handicapées ou à mobilité réduite.

Ces appareils peuvent également être utilisés comme des monte-charges, avec une utilisation professionnelle. C'est le moyen de transport le plus utilisé au monde. Il est très pratique et très sûr, car il peut transporter des personnes et des objets rapidement et en toute sécurité.

III.3. Historique de l'ascenseur

Les premiers monte-charge et ascenseurs entraînés par des machines ont vu le jour dans les années 1830, à l'époque des premières extractions minières industrielles. L'histoire de l'ascenseur remonte néanmoins à une époque beaucoup plus lointaine, comme en témoignent les recherches historiques de Michel Chalaux, ingénieur conseil en ascenseurs. Bien que l'architecte romain Vitruve attribue la découverte du treuil à Archimède, en 236 avant J.-C., il semble bien que les Pyramides de l'Égypte ancienne, qui datent d'environ 3000 ans avant J.-C., n'auraient pu être construites sans ce moyen de manutention qu'est le treuil à bras, explique-t-il. Cependant, ce sont les Romains qui ont trouvé la solution pour diminuer l'effort de traction, au moyen du palan.

III.4. Les différents types d'ascenseur :

Les ascenseurs font partie intégrante de notre quotidien et il existe plus de 3 types d'ascenseurs qui peuvent être installés dans un bâtiment. Certains ascenseurs sont conçus exclusivement pour le transport de personnes, tandis que d'autres peuvent également être utilisés pour transporter des marchandises.

III.4.1. Ascenseur électrique :

L'un des avantages de l'ascenseur électrique est sa vitesse. Ce type d'appareil vous permet d'atteindre des performances permettant de déplacer des charges lourdes dans un temps très court. C'est aujourd'hui le système le plus utilisé dans le monde.

III.4.2. Ascenseur hydraulique :

Les ascenseurs hydrauliques sont des appareils plus lents et limités techniquement. Mais leur technologie permet plus de stabilité pour le transport des charges lourdes et de personnes, mais aussi un prix plus contenus.

III.4.3. Ascenseur pneumatique :

Assez rare, les ascenseurs pneumatiques sont généralement réservés à une utilisation domestique. L'avantage principale reste leur faible encombrement, mais ils sont très limités techniquement pour leur permettre de desservir plusieurs étages.

III.5 Présentation de l'Ascenseur SCHMD1AE256MR :

Ascenseur électrique **SCHMD1AE256MR** est une maquette didactique à 4 niveaux, logique en 24V avec 32 entrées et 32 sorties. Elle est conçue pour être raccordée à un automate programmable, via des connecteurs IDC (34 et 26 broches) ou via des fiches de sécurité 4mm. Une alimentation 24V 1Amax est à disposition sur des fiches de sécurité 4mm.

Cet équipement se décompose en deux sous-ensembles qui se raccordent facilement entre eux par deux câbles limandes.

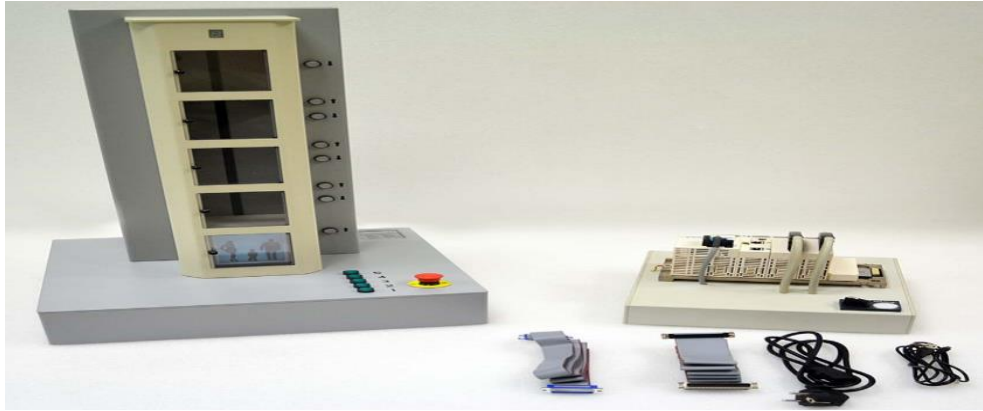


Figure III.1 Ascenseur SCHMD1AE256MR

III.5.1 La partie commande :

La partie commande se t compose de :

- ✚ Un cordon pour le raccordement au secteur
- ✚ Deux câbles en nappe 25 et 37 points
- ✚ Une alimentation 24v dc 4,2a suffisamment puissante pour alimenter les capteurs, les afficheurs et les actionneurs de l'équipement.
- ✚ Un cordon de liaison entre l'automate et le pc
- ✚ Un automate m340 comportant 32 entrées 24v dc ainsi que 32 sorties statiques tor, l'automate contient le programme final de fonctionnement de l'ensemble.
- ✚ Il est réalisé avec le logiciel unity pro en langages "grafcet" et "contact".

Il est monté sur un support équipé de connecteurs pour un raccordement facile.



Figure III.2 La partie commande

III.5.2 La partie opérative :

De la référence SCHMD1AE256MR qui représente un modèle d'ascenseur d'immeuble qui dessert cinq niveaux avec contacts de portes palières, détection de la cabine à chaque étage, boutons d'appel étages en cabine et sur chaque palier, ainsi qu'un afficheur numérique et intégrant les actionneurs, les capteurs et les éléments de dialogues (boutons et voyants) nécessaires à son fonctionnement.



Figure III.3 Partie Opérative

III.6 Les conditions d'utilisation

Les conditions d'utilisation et de stockage de l'équipement doivent respecter les règles suivantes :

Température

- Utilisation : 0°C (32°F) $< T < +55^{\circ}\text{C}$ (131°F)
- Stockage: 25°C (-13°F) $< T < +70^{\circ}\text{C}$ (158°F)

Hygrométrie

- Utilisation : Humidité relative $< 50\%$ pour $t = + 40^{\circ}\text{C}$
- Stockage : Humidité relative $< 90\%$ pour $t = + 20^{\circ}\text{C}$

Source d'alimentation

La source d'alimentation à laquelle les équipements sont raccordés doit présenter les caractéristiques suivantes :

- Tension : 230V monophasé +/- 10%
- Fréquence : 50Hz +/-5%
- Courant : 16A

Fusible

- Implantation : Alimentation 230 V 50 Hz Prise Europa
- Type : 2A TT 250V

Mise à la terre

La fiche d'alimentation 2P+T 16A ne doit être branchée que dans une prise munie d'un conducteur de protection. Un conducteur de protection est incorporé au câble d'alimentation muni d'une fiche 2P+T 16A.



Figure III.4 Fusible

III.6.1. Caractéristiques mécaniques :

Dimensions et poids

Partie opérative	Partie commande
Hauteur : 804 mm	Hauteur : 200 mm
Largeur : 440 mm	Largeur : 290 mm
Profondeur : 440 mm	Profondeur : 310 mm
Poids : 12,1 kg	Poids 3,8 kg

Tableau III.1 Caractéristiques mécaniques

III.6.2. Caractéristiques électriques

- + Tension d'alimentation : 230V ($\pm 10\%$)
- + Fréquence : 50/60Hz $\pm 5\%$
- + Puissance absorbée : 120VA
- + Tension d'alimentation des sorties : 24Vcc
- + Performance Level : "b"
- + Durée de vie en adéquation avec les fonctions de sécurités : 20 ans
- + Ces caractéristiques sont présentes sur les équipements

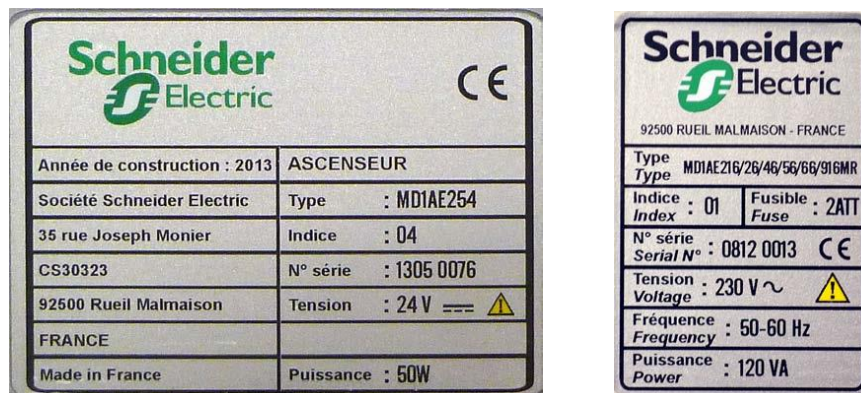


Figure III.5 Caractéristiques de l'ascenseur et l'automate M340

III.6.3 Raccordement

1. Raccordement de la partie opérative avec la partie commande

Raccorder avec les deux câbles limandes de 25 et 37 broches la partie opérative et la partie commande, bien enfoncer les connecteurs et les fixer en vissant les verrouillages.

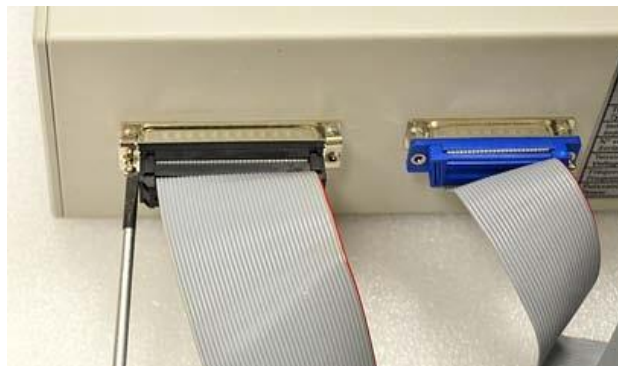


Figure III.6 Raccordement de la partie opérative avec la partie commande

2. Raccordement secteur

Avant branchement de l'équipement au réseau, s'assurer que le commutateur RUN/STOP est sur la position STOP.



Figure III.7 Raccordement secteur

III.7. Entrée/Sorties

III.7.1 Entrées

1. Capteurs

Désignation	Adresse	N°broche
FC1 - Fin de course haut	%I0.1.7	18
FC2 - Fin de course bas	%I0.1.1	12
D1 - Détecteur étage 1	%I0.1.2	17
D2 - Détecteur étage 2	%I0.1.3	16
D3 - Détecteur étage 3	%I0.1.4	15
D4 - Détecteur étage 4	%I0.1.5	14
D5 - Détecteur étage 5	%I0.1.6	13
D6 - Détecteur porte étage 1	%I0.1.14	35
D7 - Détecteur porte étage 2	%I0.1.15	34
D8 - Détecteur porte étage 3	%I0.1.20	33
D9 - Détecteur porte étage 4	%I0.1.21	32
D10 - Détecteur porte étage 5	%I0.1.22	31

Tableau III.2 Entrées (Capteurs)

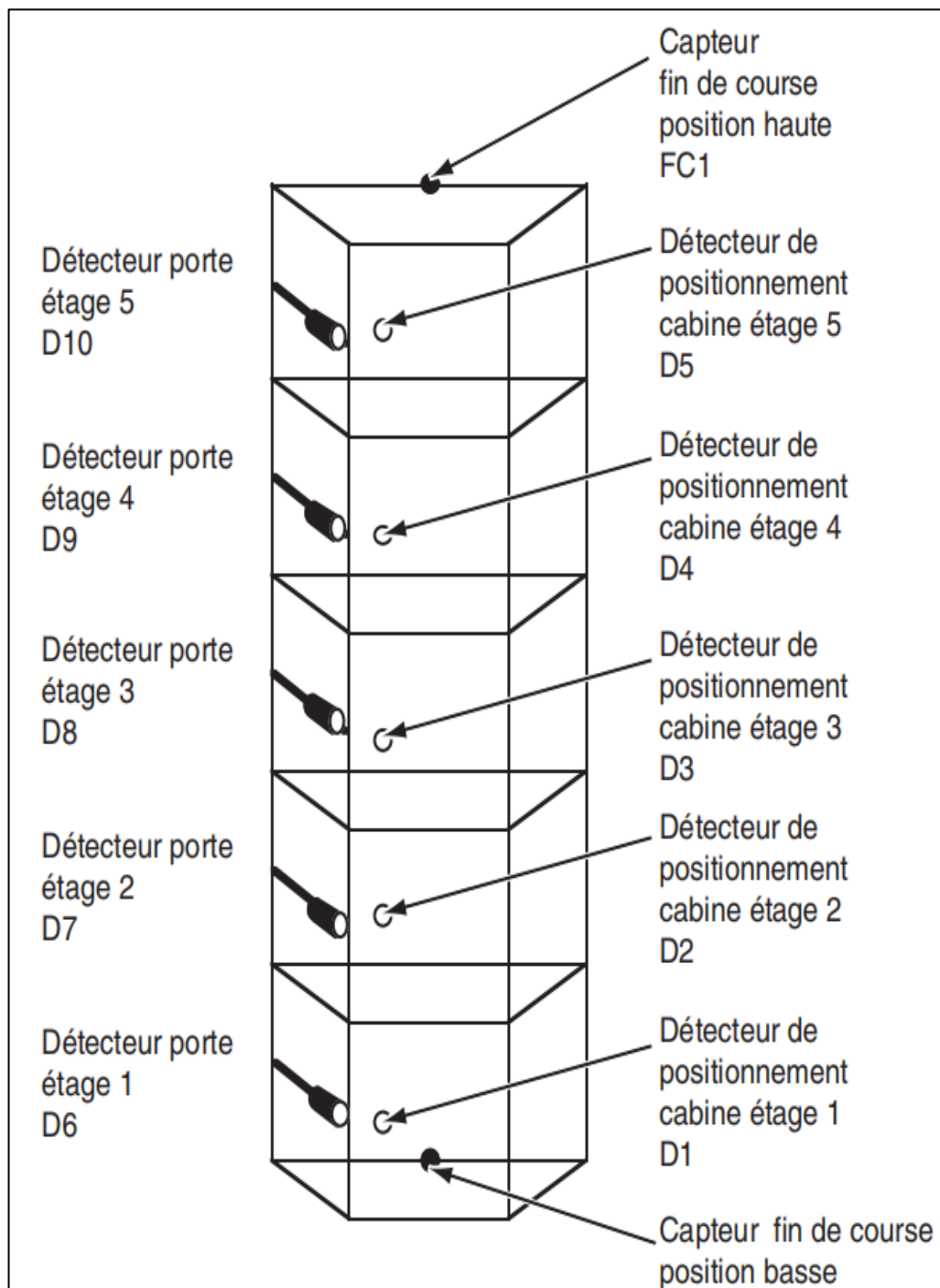


Figure III.8 Entrées - Capteurs

2. Commandes manuelles

Désignation	Adresse	N° broche SubD37
Run/Stop - Sélecteur sur Run	%I0.1.0	2 et 3 via inter
S1 - Demande étage 1 en cabine	%I0.1.17	6
S2 - Demande étage 2 en cabine	%I0.1.18	5
S3 - Demande étage 3 en cabine	%I0.1.19	4
S4 - Demande étage 4 en cabine	%I0.1.12	37
S5 - Demande étage 5 en cabine	%I0.1.13	36
S6 - Arrêt d'urgence	%I0.1.16	7
S7 - Appel étage 1 pour monter	%I0.1.23	30
S8 - Appel étage 2 pour monter	%I0.1.28	25
S9 - Appel étage 3 pour monter	%I0.1.29	24
S10 - Appel étage 4 pour monter	%I0.1.30	23
S11 - Appel étage 5 pour descendre	%I0.1.11	8
S12 - Appel étage 4 pour descendre	%I0.1.10	9
S13 - Appel étage 3 pour descendre	%I0.1.9	10
S14 - Appel étage 2 pour descendre	%I0.1.8	11

Tableau III.3 Entrées - Commandes manuelles

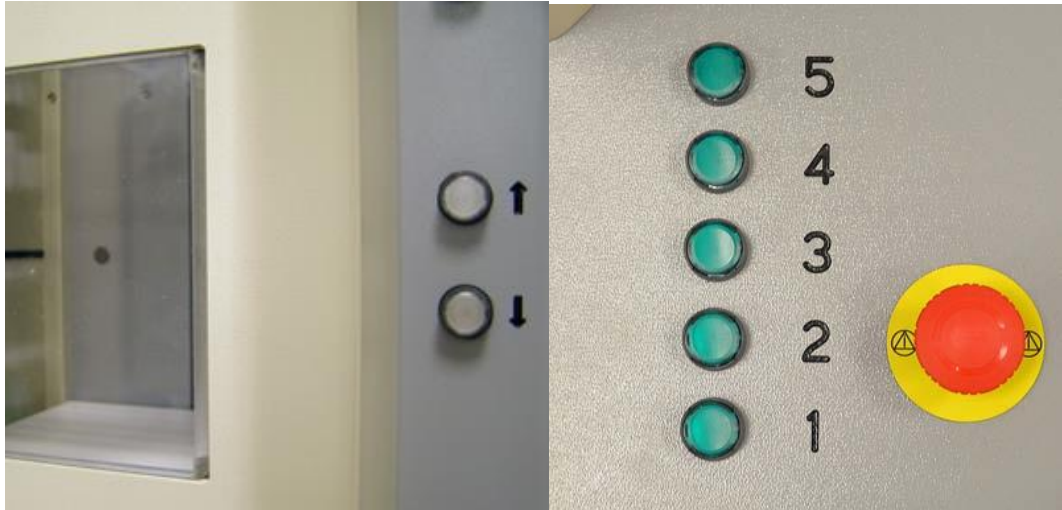


Figure III.9 Commandes manuelles



Figure III.10 Run/Stop

III.7.2. Sorties Actionneurs – Afficheurs :

Désignation	Adresse	N° broche SubD25
KM1 - Montée de la cabine	%Q0.2.0	13
KM2 - Descente de la cabine	%Q0.2.1	12
H1 - Voyant d'appel cabine étage 1	%Q0.2.2	11
H2 - Voyant d'appel cabine étage 2	%Q0.2.3	10
H3 - Voyant d'appel cabine étage 3	%Q0.2.4	9
H4 - Voyant d'appel cabine étage 4	%Q0.2.5	8
H5 - Voyant d'appel cabine étage 5	%Q0.2.10	7
H6 - Voyant d'appel montée étage 1	%Q0.2.6	25
H7 - Voyant d'appel montée étage 2	%Q0.2.7	24
H8 - Voyant d'appel montée étage 3	%Q0.2.8	23
H9 - Voyant d'appel montée étage 4	%Q0.2.9	22
H10 - Voyant d'appel descente étage 5	%Q0.2.11	6
H11 - Voyant d'appel descente étage 4	%Q0.2.20	15
H12 - Voyant d'appel descente étage 3	%Q0.4.19	16
H13 - Voyant d'appel descente étage 2	%Q0.4.18	17
Afficheur	%Q0.2.14 à %Q0.2.17	21 A 18

Tableau III.4. Les Sorties



Figure III.11. Actionneurs et afficheurs

III.8. Fonctionnement

Dès que les raccordements sont effectués :

- ✚ Le voyant blanc "sous tension" situé sur la partie commande s'allume,
- ✚ Le voyant "run / stop" de l'automate passe au vert clignotant. L'ensemble "ascenseur" est en mesure de fonctionner.

III.8.1 Utilisation

Après avoir positionné le commutateur "Stop / Run" sur "Run", le voyant vert de l'automate passe au vert fixe.

- ✚ Il est possible d'effectuer les différents exercices du manuel.
- ✚ L'accès au programme automate ou à la mémoire de donnée est possible en connectant un microordinateur équipé du logiciel UNITY-PRO sur la prise USB ou RJ 45 (Ethernet) du M340.
- ✚ Pour faire fonctionner l'ascenseur le bouton coup de poing arrêt d'urgence doit être en position déverrouillé et les portes palières fermées.
- ✚ L'ensemble fonctionne de façon identique à un ascenseur réel.

III.8.2 L'ordre vient d'un palier

L'appel vient d'un bouton pour monter (↑) ou pour descendre (↓) se trouvant sur l'un des paliers, l'ascenseur se déplacera en fonction de sa position pour rejoindre le lieu de l'appel.

Si plusieurs appels sont effectués, il les traitera de façon logique.

Pour rejoindre un appel venant d'un palier supérieur il s'arrêtera en montant à tous les paliers ayant envoyés un ordre pour monter. Il traitera les ordres de descente quand il retournera vers les niveaux inférieurs.

III.8.3 L'ordre vient de la cabine

Les boutons poussoirs repérés 1 à 5 représentent les boutons de la cabine de l'ascenseur, ils donnent le niveau de destination. L'ordre sur l'un de ces boutons est pris en mémoire, l'ascenseur démarre en montée ou en descente pour rejoindre le niveau désiré.

Pendant son déplacement il s'arrêtera, s'il se dirige vers un niveau supérieur aux étages qui auraient émis un ordre (↑) pour monter, ou s'il se dirige vers un niveau inférieur aux étages qui auraient émis un ordre (↓) pour descendre.

III.8.4 Sécurité

- ✚ Le dépassement des niveaux haut (5) et bas (1) est protégé par des capteurs de sécurité qui agissent directement sur les préactionneurs montée et descente de la cabine. Toutefois un dépassement haut n'interdit pas la descente, ainsi qu'un dépassement bas n'interdit pas la montée.
- ✚ Toute action sur le bouton coup de poing "arrêt d'urgence" à accrochage mécanique, déverrouillage par rotation horaire du bouton, et / ou l'ouverture d'une porte palière quand la cabine n'est pas présente au palier stoppe ou interdit le fonctionnement de l'ascenseur.
- ✚ Dans tous les cas d'arrêt décrit ci-dessus l'afficheur sera éteint.

Note : Pour remettre l'équipement en fonctionnement, il faut remédier au problème à l'origine de cet arrêt, déverrouiller l'arrêt d'urgence ou refermer la porte palière anormalement ouverte, ensuite il faudra appuyer sur le bouton poussoir " 1 ", la cabine de l'ascenseur viendra se positionner au niveau " 1 ". L'équipement est à nouveau opérationnel

III.9. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons tout d'abord fait une présentation générale des ascenseurs, l'historique et leurs différents types et, en même temps nous avons donné un aperçu général sur l'ascenseur **SCHMD1AE256MR** expliqué les différents organes. Nous concluons qu'il y a plusieurs solutions pour commander l'ascenseur parmi ces solutions nous utilisons la commande par l'automate programmable industriel qui sera le sujet du chapitre suivant.

Chapitre IV.

Automatisation et

Supervision d'un

Ascenseur

SCHMD1AE256MR

IV.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous allons présenter le cahier des charges du système d'ascenseur, en détaillant les spécifications techniques et fonctionnelles requises. Ensuite, nous allons modéliser et analyser le comportement du système à l'aide des diagrammes BPMN 2.0 (Business Process Model and Notation) afin d'illustrer le déroulement des processus de manière claire.

Nous passerons ensuite à la programmation du système d'ascenseur, en utilisant le langage SFC (Sequential Function Chart) pour représenter la séquence des étapes, ainsi que le langage LD (Ladder Diagram) pour représenter la logique électrique.

Enfin, nous présenterons l'interface Homme-Machine (IHM), qui permet l'interaction entre l'utilisateur et le système, en mettant en avant ses principales fonctionnalités et son design.

IV.2. Cahier de charge

Pour élaborer un programme de commande d'un quelconque système il est nécessaire de connaître son cahier, et en ce qui concerne notre ascenseur à 5 étages il est comme suit :

1. Fonctionnement détailler

- ✚ Lorsqu'un bouton d'appel pour monter ou descendre est pressé à un étage, la cabine se dirige vers cet étage, en montée ou en descente selon sa position actuelle. Il en va de même lorsqu'un bouton est pressé à l'intérieur de la cabine pour demander un étage.
- ✚ À l'arrivée de la cabine à sa destination, un délai T1 commence. Si la porte de l'étage s'ouvre avant la fin de T1, le délai T1 est annulé et on attend la fermeture de la porte pour commencer un délai T2 afin de déterminer la prochaine destination. Si la porte ne s'ouvre pas avant la fin de T1, le délai T2 commence immédiatement. À la fin de T2, la cabine se dirige vers la destination suivante si elle existe.
- ✚ En cas de plusieurs demandes simultanées, la cabine se dirige vers la première destination dans le sens actuel de déplacement, en tenant compte des autres demandes. Elle s'arrête si elle passe par un étage demandé depuis l'intérieur de la cabine, puis continue vers la première destination. Elle s'arrête également si elle passe par un étage où un appel externe a été enregistré dans le même sens de déplacement. Elle n'interrompt pas son trajet pour un appel dans le sens opposé.
- ✚ La prochaine destination est déterminée en fonction du sens précédent de déplacement. Si plusieurs demandes existent dans des directions opposées, la cabine se dirige d'abord vers

celles dans le même sens que précédemment. Si toutes les demandes sont dans l'autre sens, elle inverse alors sa direction.

2. **En cas d'alarme** : la cabine s'arrête immédiatement mais mémorise toutes les demandes pendant l'arrêt pour les prendre en compte dès que les alarmes sont levées. Les alarmes sont les suivantes :

- Arrêt d'urgence : activé par pression du bouton d'urgence.
- Alarme de porte : activée si une porte s'ouvre à un étage sans présence de la cabine, ou si elle reste ouverte plus de T_3 à l'étage où la cabine se trouve.
- Alarme de montée : si le temps de déplacement vers l'étage supérieur dépasse T_4 .
- Alarme de descente : si le temps de déplacement vers l'étage inférieur dépasse T_4 .
- Alarme de dépassement supérieur : déclenchée si la cabine dépasse le 5^e étage et atteint le capteur de niveau supérieur.
- Alarme de dépassement inférieur : déclenchée si la cabine descend au-delà du rez-de-chaussée.

3. **Le mode simulation** : est activé sous deux conditions : lorsque la partie contrôle est ****isolée**** de la partie exécution, et lorsque le mode simulation est activé via l'interface utilisateur. Ce mode permet de simuler le fonctionnement de l'ascenseur sur l'interface sans que des commandes ne soient réellement envoyées depuis la partie contrôle, ce qui signifie qu'il n'a aucun effet sur l'ascenseur réel.

4. **Système de gestion d'un ascenseur (Résumé)** : L'ascenseur dessert 5 étages. Il répond aux appels :

- Externes (bouton d'appel pour monter ou descendre).
- Internes (bouton pour un étage spécifique dans la cabine).

Comportement général : L'ascenseur se déplace immédiatement vers l'étage demandé.

- À l'arrivée : Un délai T_1 commence.
- Si une porte s'ouvre avant la fin de T_1 , T_1 est ignoré et un délai T_2 commence après la fermeture.
- Sinon, T_2 commence directement à la fin de T_1 .
- Après T_2 , l'ascenseur choisit la prochaine destination.

Gestion des priorités : En présence de plusieurs demandes

- Il se dirige vers la première dans le même sens que son mouvement.
- Il s'arrête aux étages traversés si :
 - Une demande interne existe.
 - Un appel externe dans le même sens existe.
- Il ignore les appels dans le sens opposé.

Changement de direction : Après sa destination actuelle

- Il continue dans le même sens si des demandes existent.
- Sinon, il inverse le sens.

Alarmes (Arrêt immédiat) :

- Alerte d'urgence (bouton d'arrêt).
- Alerte porte :
 - ✓ Porte ouverte à un étage sans cabine.
 - ✓ Ou dépassement du temps T3 après ouverture.
- Alerte montée : si le temps dépasse T4 en montée.
- Alerte descente : si le temps dépasse T4 en descente.
- Dépassement niveau supérieur : dépassement du 5^e étage
- Dépassement niveau inférieur : descente sous le rez-de-chaussée.

Toutes les demandes sont mémorisées pendant les alarmes et prises en compte dès la reprise normale.

IV.3. Modélisation par BPMN

IV.3.1 Définition :

BPMN (Business Process Management and Notation) est l'ensemble de conventions graphiques permettant de représenter les processus métiers sous forme d'un modèle, on peut dire aussi c'est la norme de notation qui encadre la modélisation des processus et l'automatisation des workflows dans une organisation [24]. La norme BPMN a été créée en 2004 par BPMI (Business Process Management initiative [25], elle est une méthode d'organigramme qui modélise les étapes

d'un processus métier et aussi permet de présenter visuellement une séquence détaillée des activités commerciales et des flux d'informations nécessaires à la réalisation d'un processus.

IV.3.2 Objectifs et avantages

Le modèle graphique pourra être transformé facilement en une application permettant d'exécuter le processus.

En général le BPMN est destinée aux personnes qui mettront en œuvre les processus métiers car il donne les détails nécessaires pour réaliser son application [26]. Et aussi on peut dire que c'est une notation visuelle et claire qui permet le passage de la phase de conception et de modélisation des processus à la phase de mise en œuvre pour en faciliter l'exécution. Comme résultats, nous trouvons que les schémas sont plus faciles à comprendre qu'un texte.

Les avantages de la norme BPMN 2.0 :

- La notation est claire.
- Un format commun automatisable
- Documentation des processus
- Automatisation des processus

IV.3.3 Symbole

1. Événements de début les plus courants

Symbole	Type d'événement de début	Description	Cas d'utilisation typique
	Événement de début simple	Utilisez un événement de début générique lorsque le processus est initié manuellement ou lorsqu'il n'est pas nécessaire de représenter un déclencheur spécifique.	Le client soumet une demande.

Symbole	Type d'événement de début	Description	Cas d'utilisation typique
	Événement de début par minuteur	Le processus commence à un moment ou un cycle spécifique.	Processus par lot quotidien à minuit.
	Événement de début par signal	Déclenché par un signal diffusé.	Une alerte à l'échelle du système initie une réponse.
	Événement de début par message	Le processus commence lorsqu'un message est reçu.	Le client envoie une demande.
	Événement de début multiple	Plusieurs déclencheurs sont possibles.	Un événement de message ou de minuteur déclenche le processus.
	Événement de début parallèle	Plusieurs événements doivent se produire pour démarrer le processus.	Un événement de message et de minuteur déclenche le processus.

Tableau IV.1. Événements de début

2. Événements intermédiaires les plus courants

Symbole	Type d'événement intermédiaire	Description	Cas d'utilisation typique
	Événement intermédiaire générique (None)	Un événement de remplacement sans déclencheur ou résultat spécifique. Utilisé pour les diagrammes de brouillon ou les flux conceptuels.	Représente un événement sans comportement défini — utile dans les premières étapes de modélisation.
	Message	Attendre ou envoyer un message.	Attendre la confirmation de paiement.
	Minuteur	Retarder le flux jusqu'à un moment ou un cycle spécifique.	Attendre 24 heures avant d'envoyer un rappel.
	Signal	Réagir à ou lancer un signal diffusé.	Pause jusqu'à ce qu'une alerte globale soit déclenchée.
	Multiple	Attendre l'un des plusieurs événements définis.	Attendre un message OU un minuteur.
	Multiple parallèle	Attendre que tous les événements définis se produisent.	Continuer uniquement après réception de toutes les approbations.

Tableau IV.2. Événements intermédiaires

3. Types de tâches courants dans BPMN

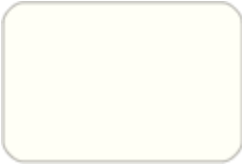
Symbole	Type de tâche	Description	Cas d'utilisation typique
	Tâche Générique	Une tâche générique sans comportement défini. Utilisée lorsqu'aucun type de tâche spécifique ne s'applique.	Tâche pour la modélisation précoce ou les étapes non automatisées.

Tableau IV.3. Types de Taches

Sous-processus : Un sous-processus est un ensemble de tâches regroupées en une seule activité. Il aide à structurer des processus complexes et à améliorer la lisibilité.

- Peut être développé (détails affichés à l'intérieur du processus) ou réduit (affiché comme un seul élément).
- Peut-être réutilisable ou intégré. [27]

4. Branchements

Symbole	Type de branchement	Description	Cas d'utilisation typique
	Branchement exclusif (XOR)	Un seul chemin est pris en fonction d'une décision.	Approuver ou rejeter une demande de prêt.
	Branchement inclusif (OR)	Un ou plusieurs chemins peuvent être pris.	Approuver une ou plusieurs options de service.

Symbole	Type de branchement	Description	Cas d'utilisation typique
	Branchement parallèle (AND)	Tous les chemins sont pris simultanément.	Envoyer la facture et préparer l'expédition simultanément.
	Branchement basé sur un événement	Le chemin dépend de l'événement qui se produit en premier.	Procéder en fonction de la réponse du client ou du délai d'attente.

Tableau IV.4. Branchements

1. Objets de données et artefacts

Les objets de données, les magasins de données et les artefacts fournissent des informations supplémentaires sur les données utilisées ou produites et aident à documenter le processus sans affecter le flux lui-même. [27]

Symbole	Élément	Description	Cas d'utilisation typique
	Magasin de données	Stockage persistant.	Base de données clients.
	Annotation	Explication supplémentaire.	Conditions spéciales attachées à une tâche.

Tableau IV.5. Objets de données et artefacts

2. Objets de connexion

Les objets de connexion définissent comment les éléments d'un diagramme BPMN se rapportent les uns aux autres. Ils lient les activités, les événements et les branchements, montrant à la fois la séquence des actions et la communication entre différents participants dans le processus.

Ils sont essentiels pour illustrer le flux de contrôle et l'échange d'informations à travers les pools et les couloirs. [27]

Symbole	Objet de connexion	Description	Cas d'utilisation typique
	Flux de séquence	Ordre d'exécution.	Lier "Recevoir la commande" à "Valider le paiement".
	Flux de message	Communication entre les pools.	Envoyer un e-mail de confirmation des RH à l'informatique.
	Association	Lier des artefacts aux éléments de flux.	Joindre une documentation à une tâche.

Tableau IV.6. Objets de connexion

IV.3.3 Les graphes

1. Main System

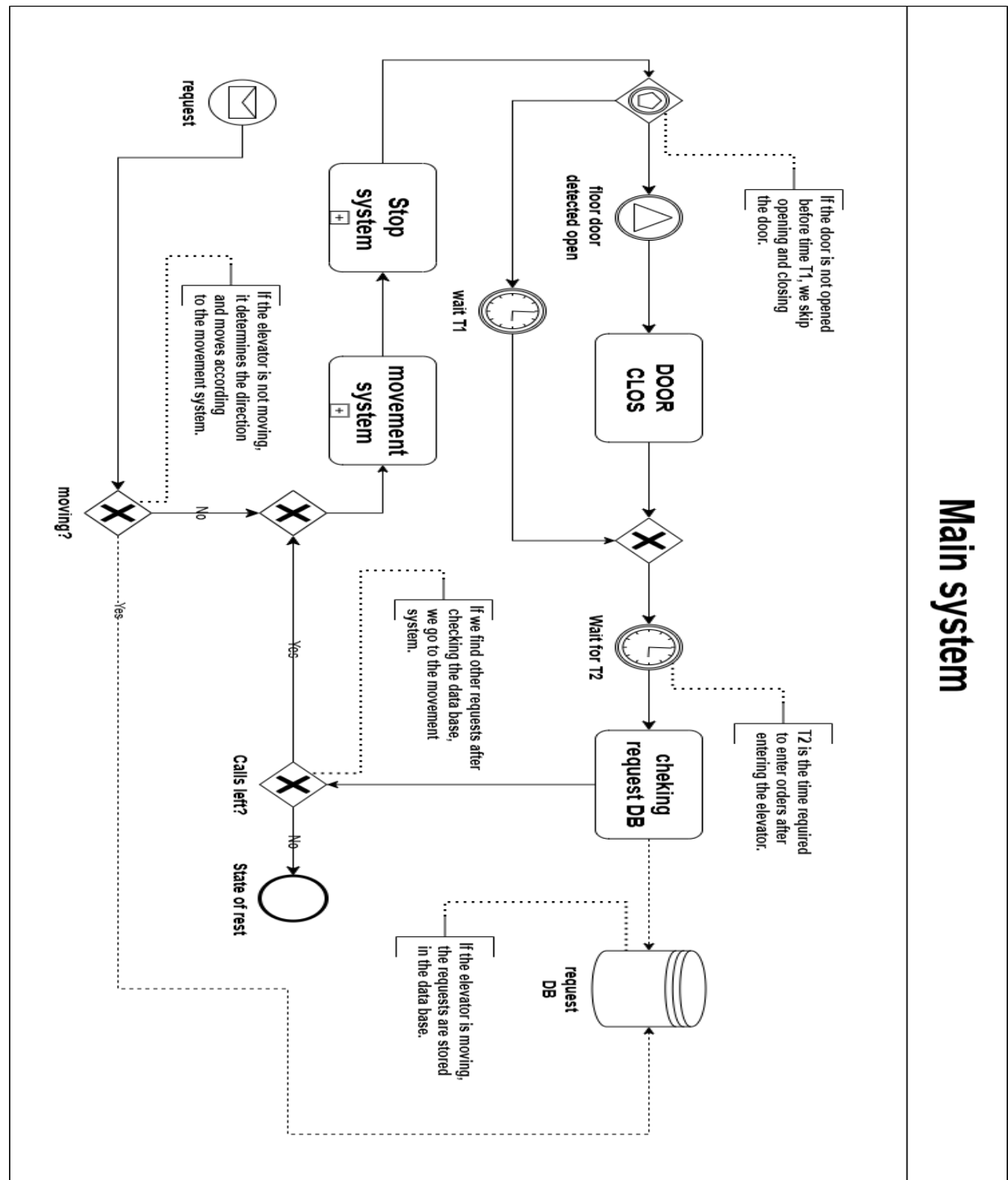


Figure IV.1. BPMN Main system

movement system

Figure IV.2. BPMN Movement system

STOP system

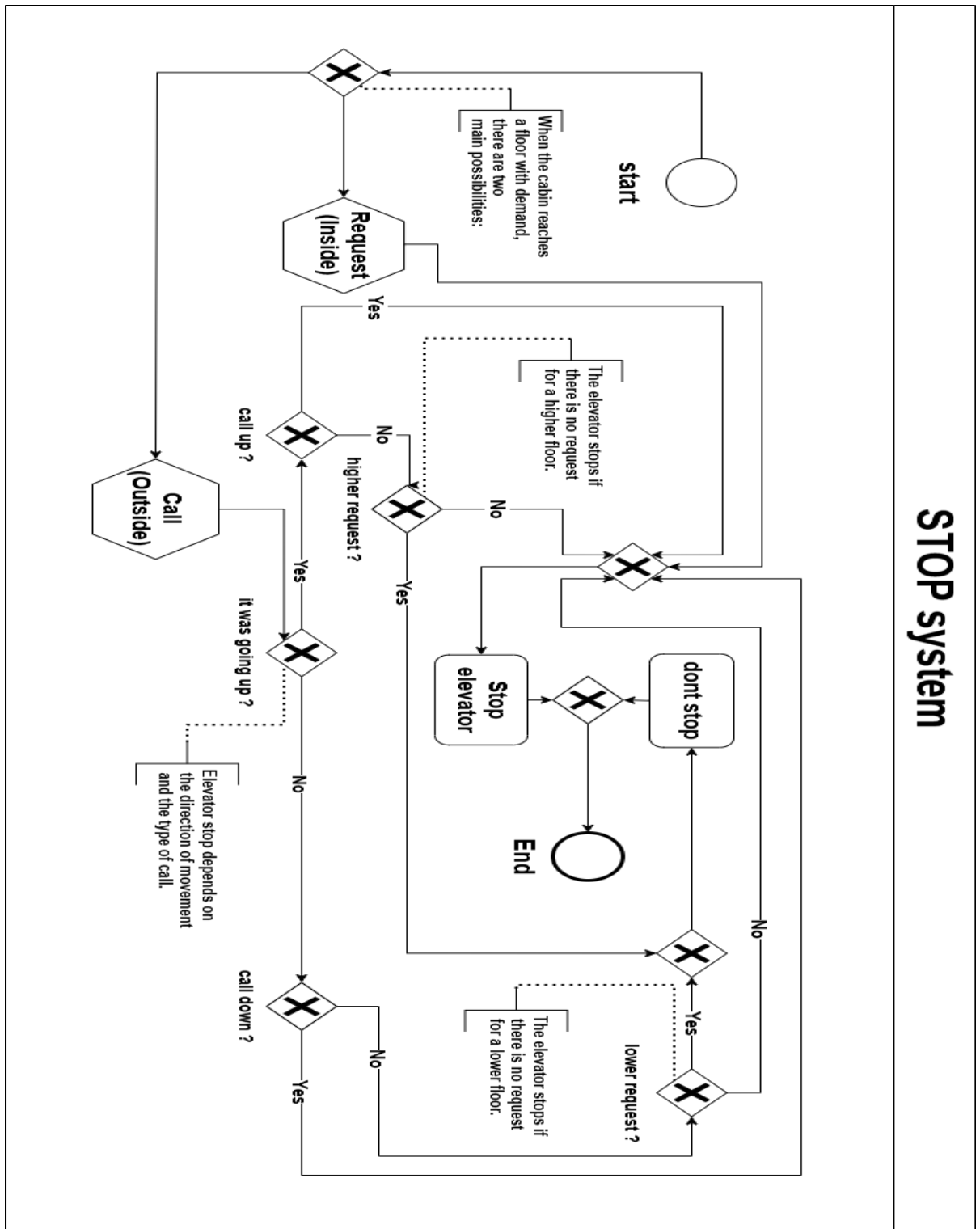


Figure IV.3. BPMN Stop system

4. Alarms system

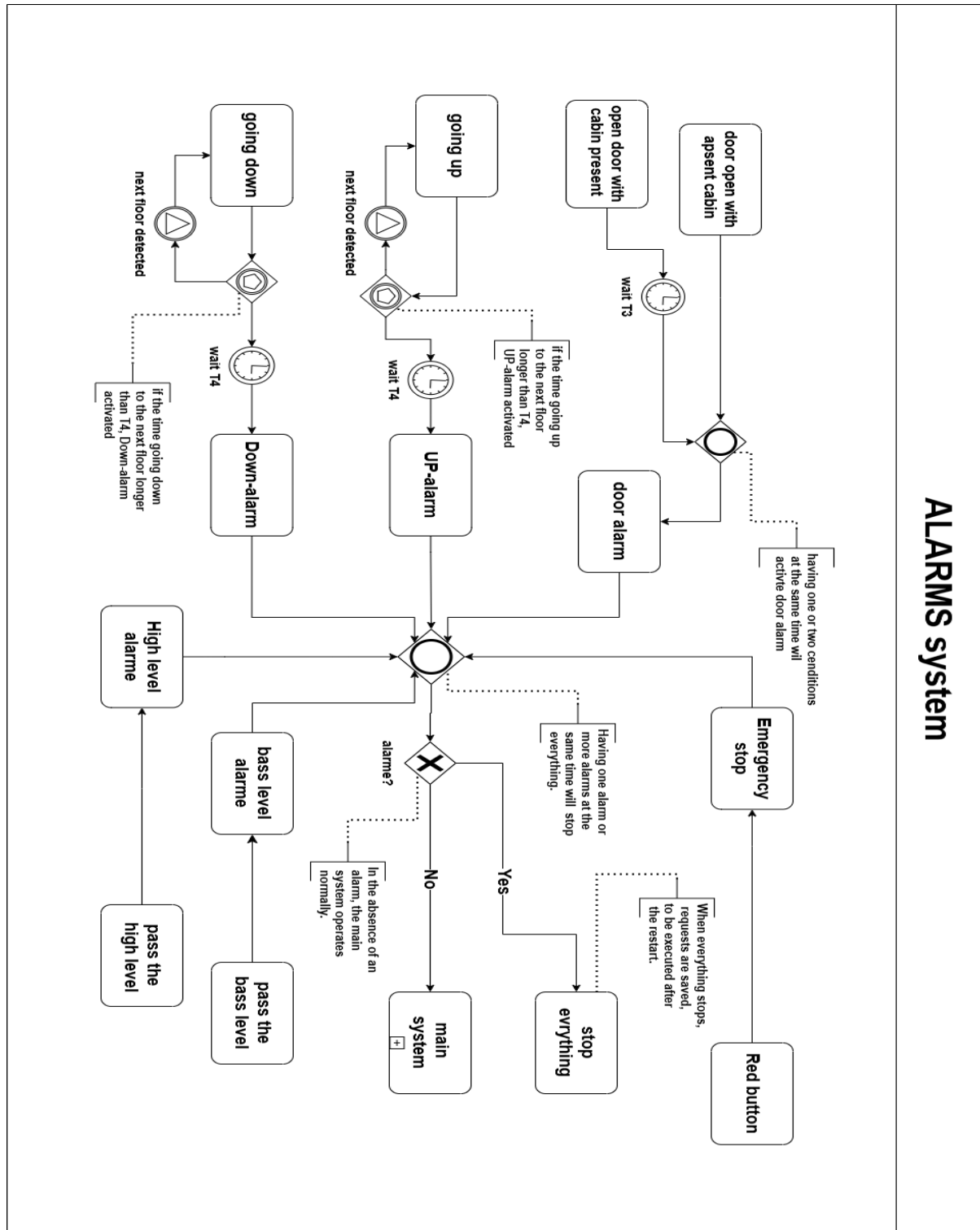


Figure IV.4. BPMN Alarmes system

IV.4. Programme

IV.4.1 interfaces d'utilisateur

L'interface utilisateur se compose de plusieurs fenêtres et barres d'outils configurables.

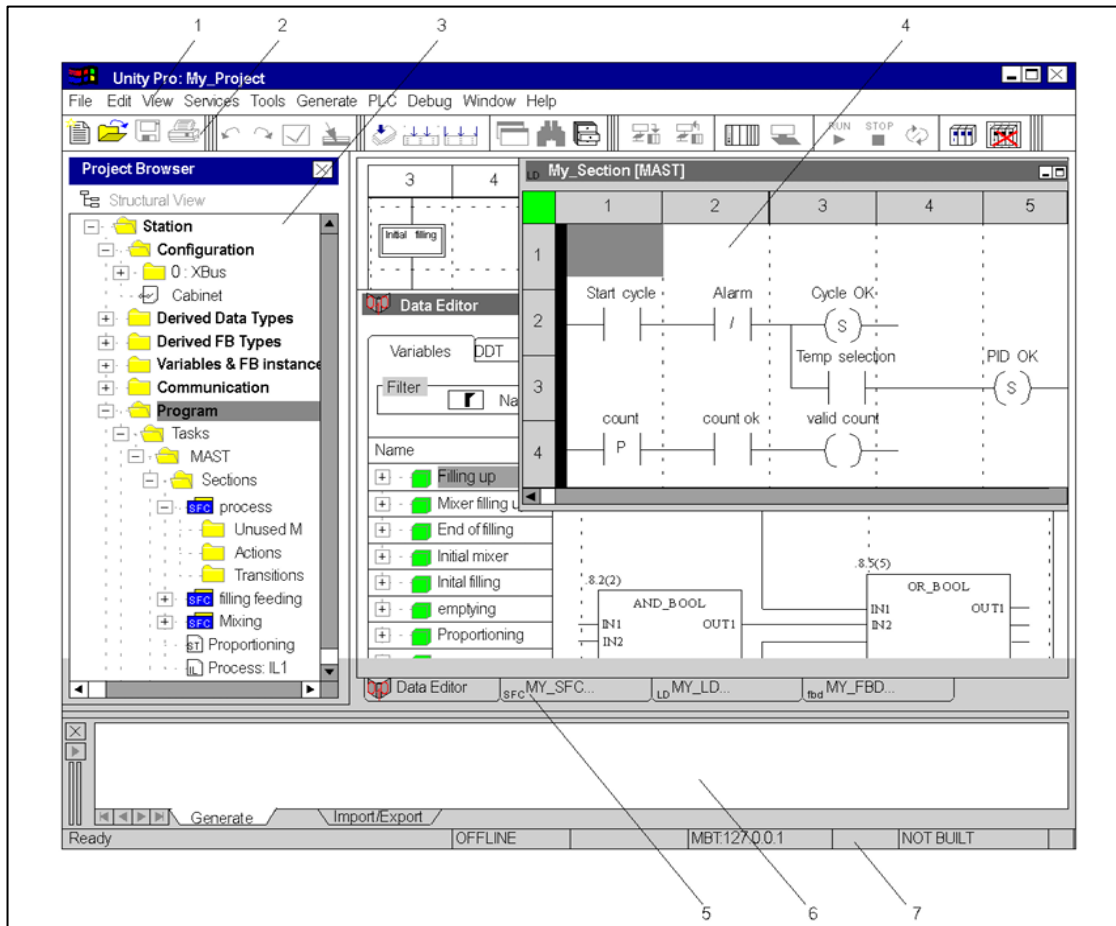


Figure IV.5. Interface D'utilisateur

1. Barre de menus
2. Barre d'outils
3. Navigateur de projet
4. Fenêtre d'édition (éditeurs de langage de programmation, éditeur de données, etc.)
5. Onglets de registre pour un accès direct à la fenêtre d'édition
6. Fenêtre d'information (fournit des informations sur les erreurs survenues, le suivi des signaux, les fonctions d'importation, etc.)
7. Barre d'état

IV.4.2 Tableau des variables

1. Entrée/Sorties

Name	Type				Address
FCB	EBOOL				%I0.1.1
D1	EBOOL				%I0.1.2
D2	EBOOL				%I0.1.3
D3	EBOOL				%I0.1.4
D4	EBOOL				%I0.1.5
D5	EBOOL				%I0.1.6
FCH	EBOOL				%I0.1.7
S14	EBOOL				%I0.1.8
S13	EBOOL				%I0.1.9
S12	EBOOL				%I0.1.10
S11	EBOOL				%I0.1.11
S4	EBOOL				%I0.1.12
S5	EBOOL				%I0.1.13
D6	EBOOL				%I0.1.14
D7	EBOOL				%I0.1.15
S6	EBOOL				%I0.1.16
S1	EBOOL				%I0.1.17
S2	EBOOL				%I0.1.18
S3	EBOOL				%I0.1.19
D8	EBOOL				%I0.1.20
D9	EBOOL				%I0.1.21
D10	EBOOL				%I0.1.22
S7	EBOOL				%I0.1.23
S8	EBOOL				%I0.1.28
S9	EBOOL				%I0.1.29
S10	EBOOL				%I0.1.30
H11	EBOOL				%Q0.2.20
H12	EBOOL				%Q0.2.19
H13	EBOOL				%Q0.2.18
AF	s_seg				%Q0.2.14
AF[0]	EBOOL				%Q0.2.14
AF[1]	EBOOL				%Q0.2.15.0
AF[2]	EBOOL				%Q0.2.16.0
AF[3]	EBOOL				%Q0.2.17.0
H10	EBOOL				%Q0.2.11
H5	EBOOL				%Q0.2.10
H9	EBOOL				%Q0.2.9
H8	EBOOL				%Q0.2.8
H7	EBOOL				%Q0.2.7
H6	EBOOL				%Q0.2.6
H4	EBOOL				%Q0.2.5
H3	EBOOL				%Q0.2.4
H2	EBOOL				%Q0.2.3
H1	EBOOL				%Q0.2.2
D	EBOOL				%Q0.2.1
M	EBOOL				%Q0.2.0

Figure IV.6: Entrées/Sorties

2 Mémoires :

Name	Type					Address
A	BOOL					
A2	BOOL					
A3	BOOL					
af1	BOOL					
AF2	BOOL					
AF3	BOOL					
AF4	BOOL					
AF5	BOOL					
ALB	BOOL					
ALD	BOOL					
ALS	BOOL					
ALU	BOOL					
AP	BOOL					
AP2	BOOL					
B	BOOL					
BT	BOOL					
Call1_UP	BOOL					
Call2_DW	BOOL					
Call2_UP	BOOL					
Call3_DW	BOOL					
Call3_UP	BOOL					
Call4_DW	BOOL					
Call4_UP	BOOL					
Call5_DW	BOOL					
CD	BOOL					
CLE	BOOL					
CM	BOOL					
D6M	BOOL					
D7M	BOOL					
D8M	BOOL					
D9M	BOOL					
D10M	BOOL					
Demande1	BOOL					
Demande2	BOOL					
Demande3	BOOL					
Demande4	BOOL					
Demande5	BOOL					
Detect_Etage1	BOOL					
Detect_Etage2	BOOL					
Detect_Etage3	BOOL					
Detect_Etage4	BOOL					
Detect_Etage5	BOOL					
DW	BOOL					
FOP1	BOOL					

Figure IV.7. Mémoires

Name	Type					Address
 P1	BOOL					
 P2	BOOL					
 P3	BOOL					
 P4	BOOL					
 P5	BOOL					
 P12	BOOL					
 P23	BOOL					
 P34	BOOL					
 P45	BOOL					
 PF	BOOL					
 Porte1	BOOL					
 Porte2	BOOL					
 Porte3	BOOL					
 Porte4	BOOL					
 Porte5	BOOL					
 R	BOOL					
 RS	BOOL					
 RS1	BOOL					
 S	BOOL					
 S1M	BOOL					
 S2M	BOOL					
 S3M	BOOL					
 S4M	BOOL					
 S5M	BOOL					
 S6M	BOOL					
 S7M	BOOL					
 S8M	BOOL					
 S9M	BOOL					
 S10M	BOOL					
 S11M	BOOL					
 S12M	BOOL					
 S13M	BOOL					
 S14M	BOOL					
 SC	BOOL					
 SCB	BOOL					
 SIM	BOOL					
 SM	BOOL					
  TD	BOOL					
  TP2	SFCCHA...					
  UP	BOOL					
  X0	SFCSTE...					
  X1	SFCSTE...					
  X2	SFCSTE...					
  X3	SFCSTE...					
  x4	SFCSTE...					

Figure IV.8. Mémoires 2

IV.4.3. Program (LD, SFC)

Afin d'intégrer les entrées dans l'IHM, on doit placer mémoire en parallèle avec l'entrée, puis les stocker dans une autre mémoire pour l'utiliser dans le programme. Les figures suivantes représentent les réseaux expliquant cette opération :

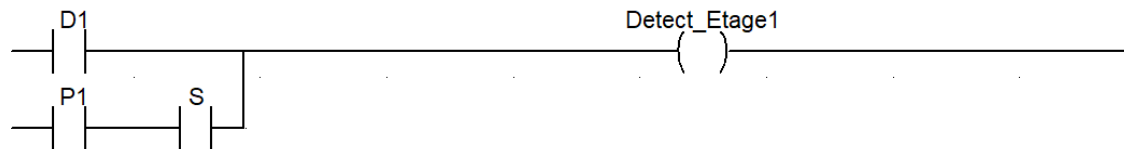


Figure IV.9: détecteur étage 1

D1 : l'entrée de détecteur 1er étage

P1 : mémoire d'HMI

S : mémoire de mode de la simulation

Detect_Etage1 : Mémoire utilisée dans le programme

Il en va faire la même chose pour les autres étages

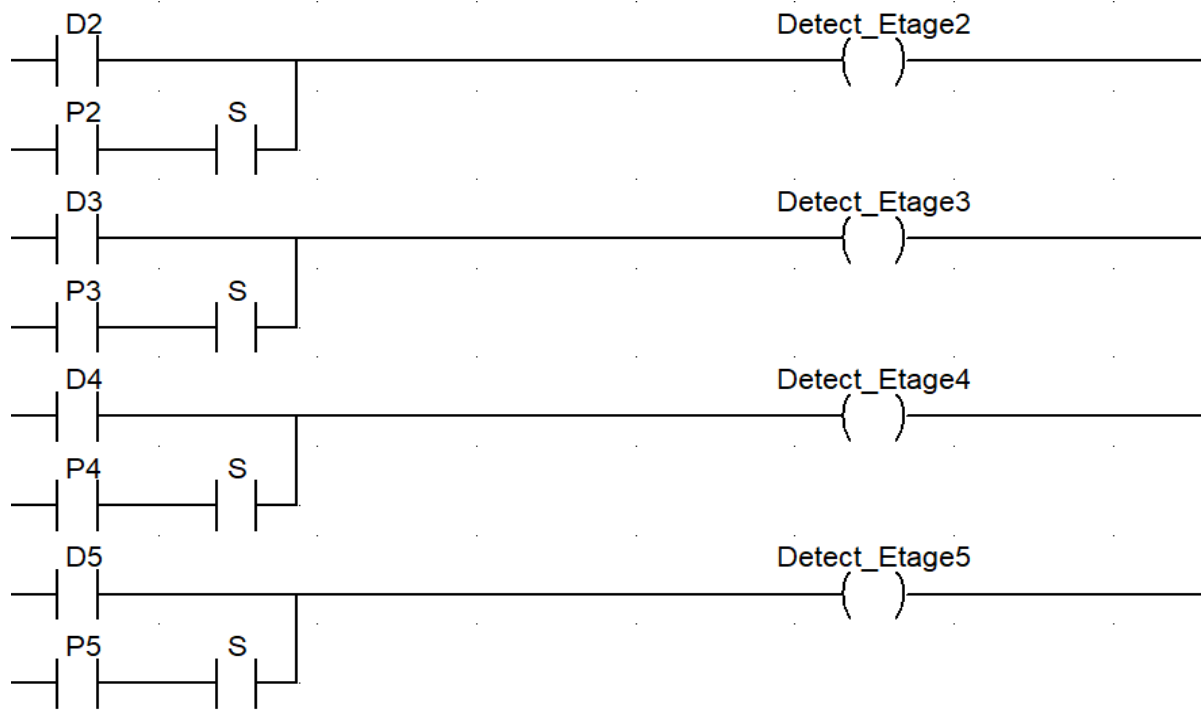


Figure IV.10. Détecteur 2,3,4,5

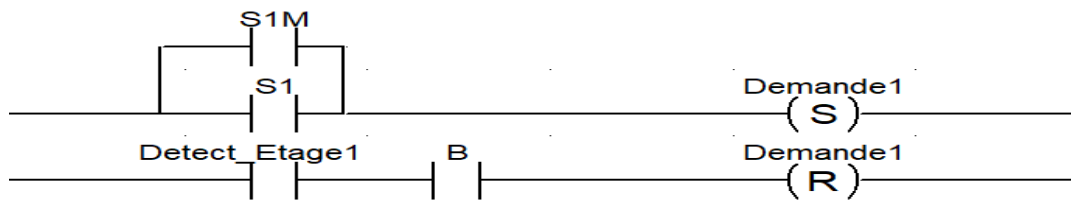


Figure IV.11. Demande étage 1

Demande1 : Mémoire utilisée dans le programme

S1 : l'entrée de Demande étage 1 en cabine

S1M : mémoire d'HMI

B : La mémoire s'active lorsque l'ascenseur s'arrête à n'importe quel étage

La demande1 est activé lorsque S1 ou S1M est appuyé et reste activé jusqu'à ce que l'ascenseur s'arrête au premier étage.

Il en va faire la même chose pour les autres demandes et les appe

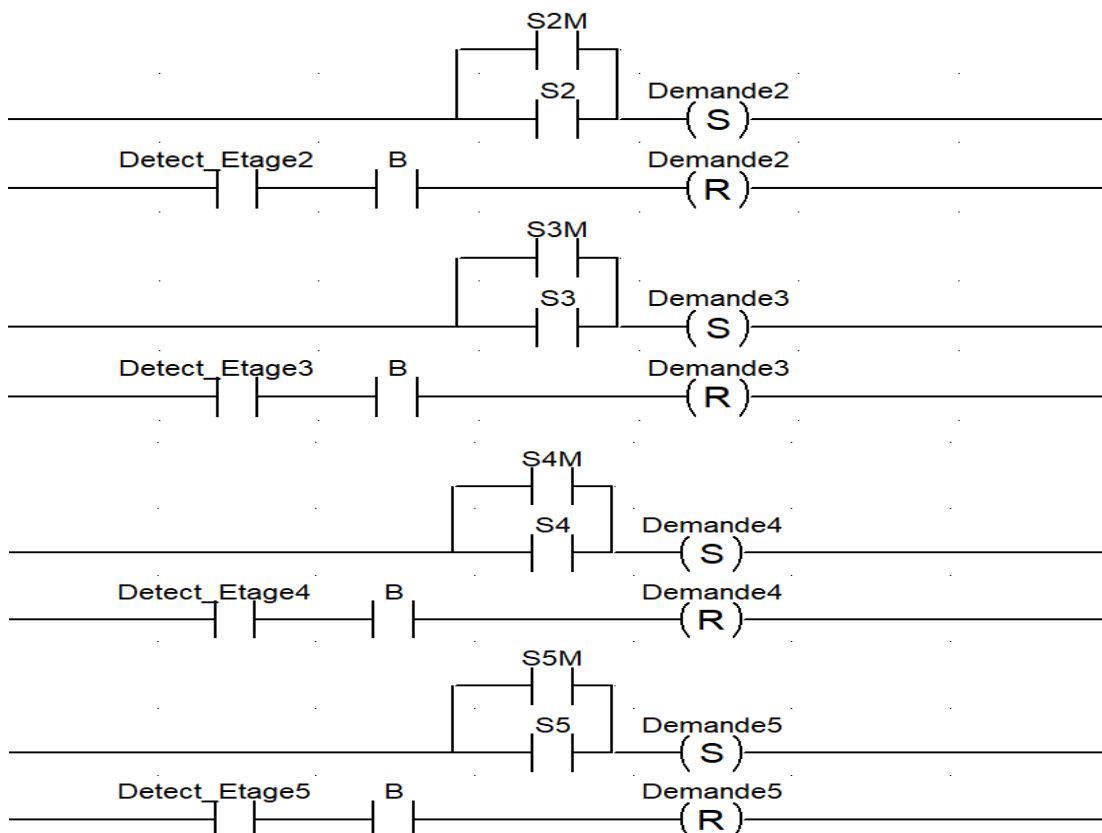


Figure IV.12. Demande ,2,3,4,5

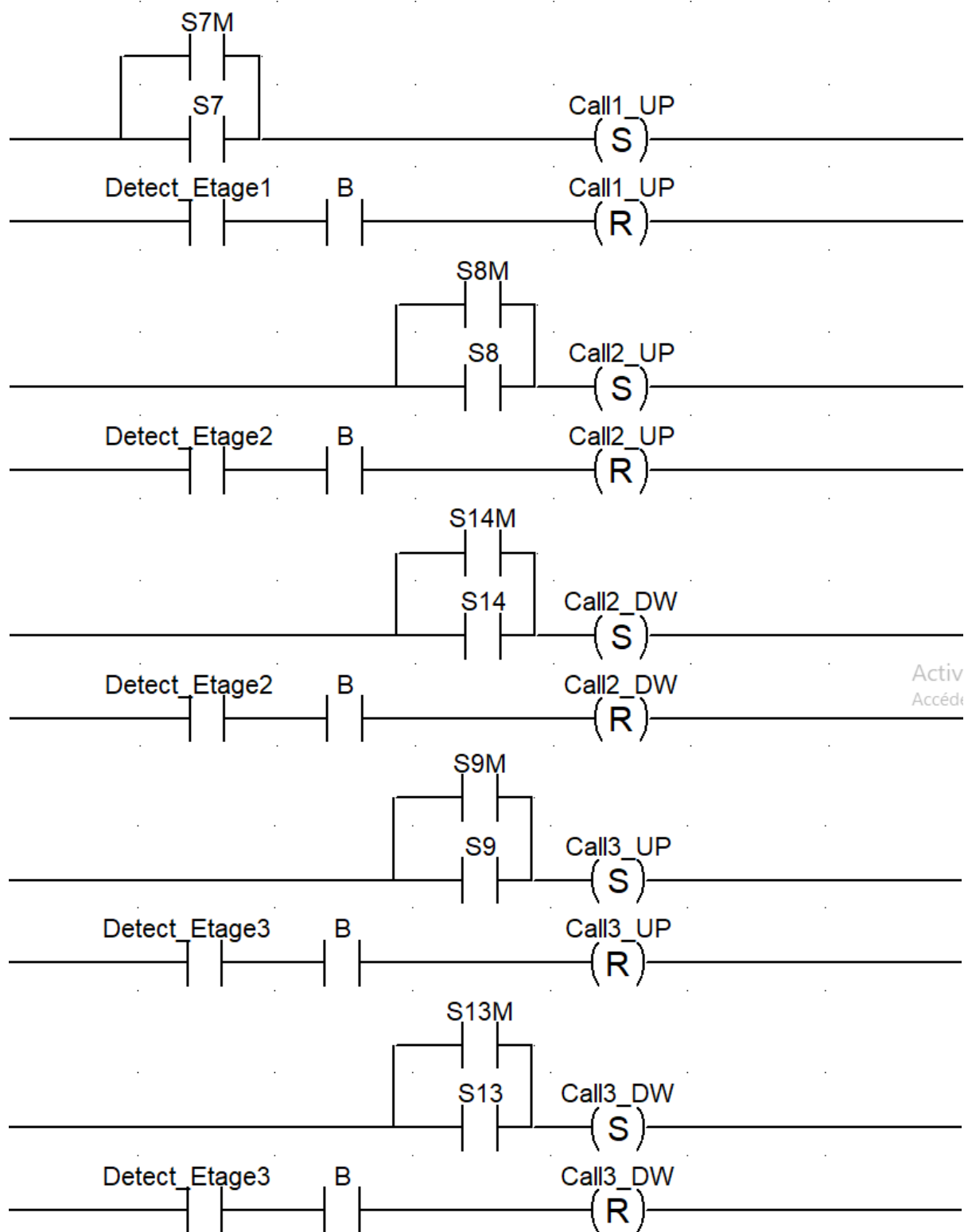


Figure IV.13. Appel 1,2,3

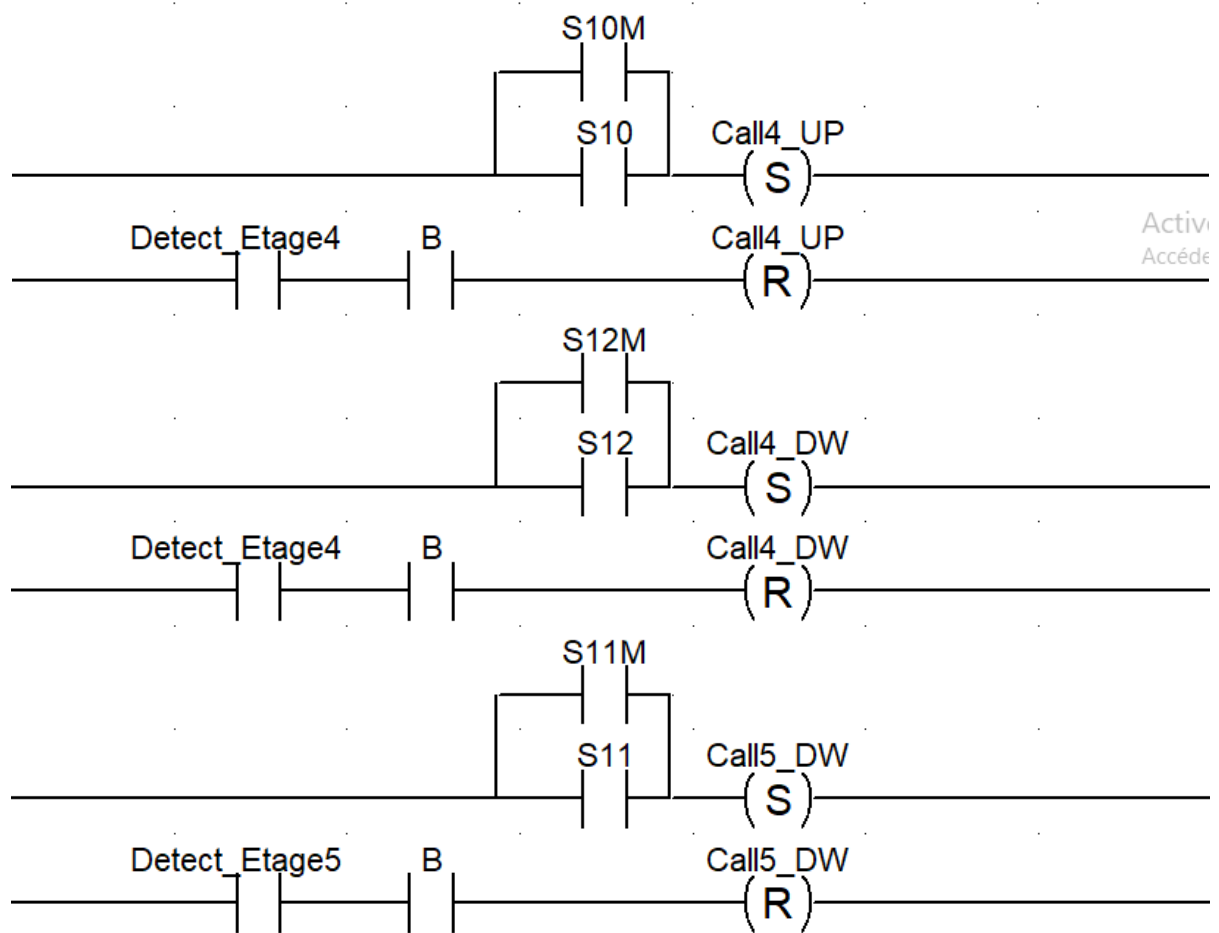


Figure IV.14. Appel 4,5

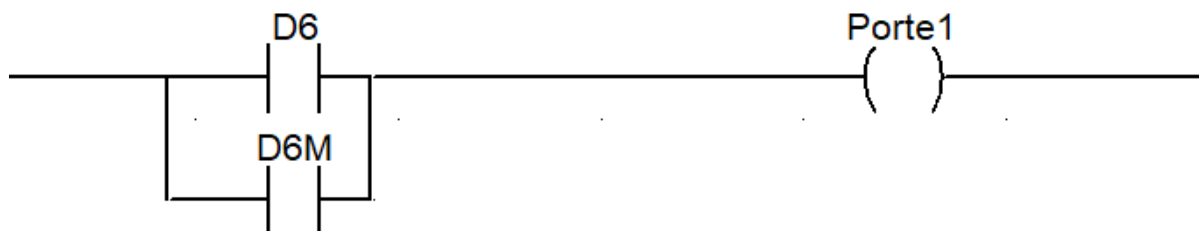


Figure IV.15. Porte 1

Porte1 : Mémoire utilisée dans le programme

D6 : l'entrée de la porte d'étage 1

D6M : mémoire d'HMI

Il en va faire la même chose e pour les autres portes

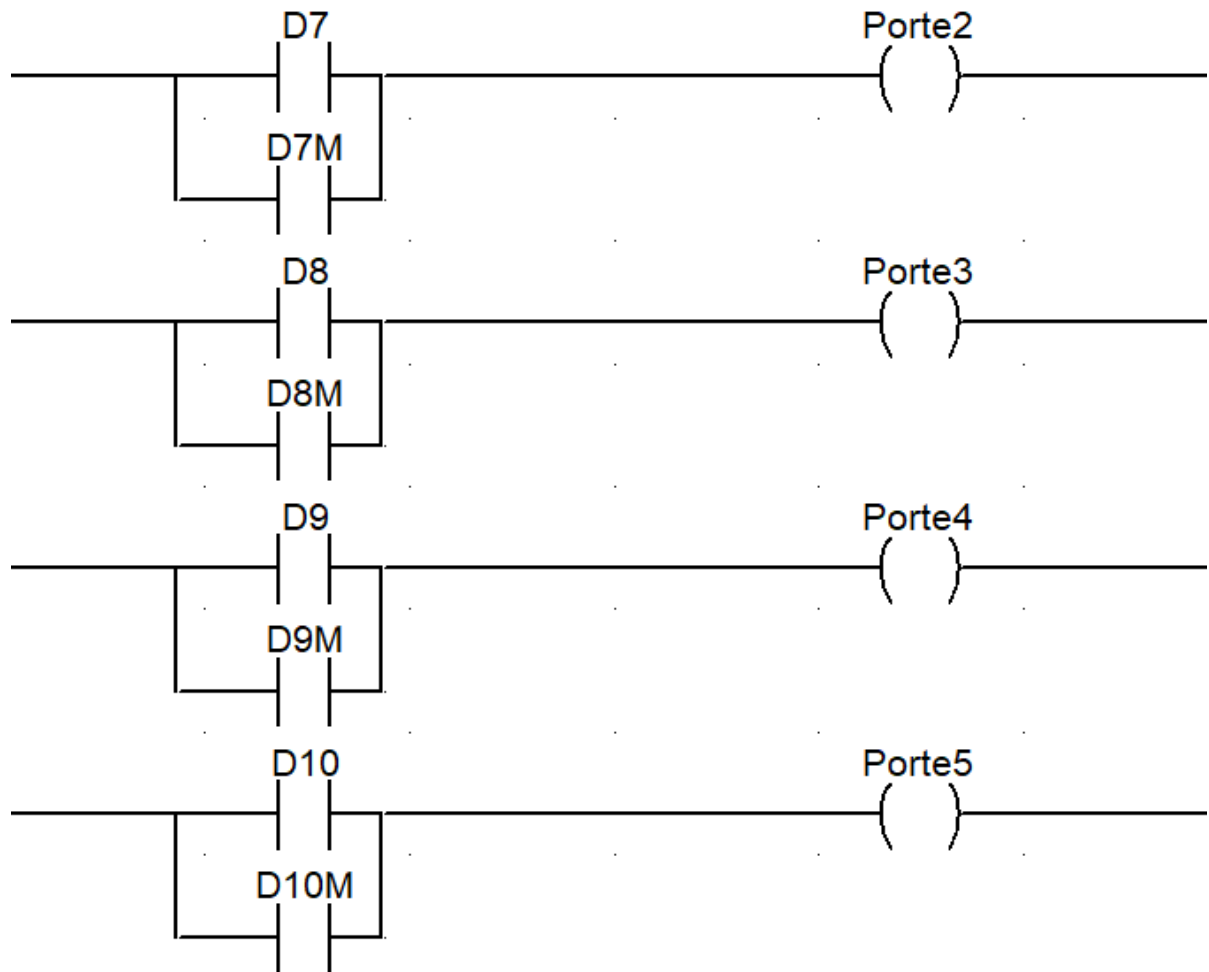


Figure IV.16. Porte 2,3,4,5

IV.5 Le Grafcet d'automatisation de l'ascenseur :

Le Grafcet est composé de 5 étapes, tel que l'étape x0 représente l'état de repos. Les étapes x1 et x2 correspondent aux actions de montée et de descente, tandis que les étapes x3 et x4 sont dédiées à l'arrêt. La direction du mouvement et les zones d'arrêt sont déterminées par les transitions, en tenant compte du cahier des charges

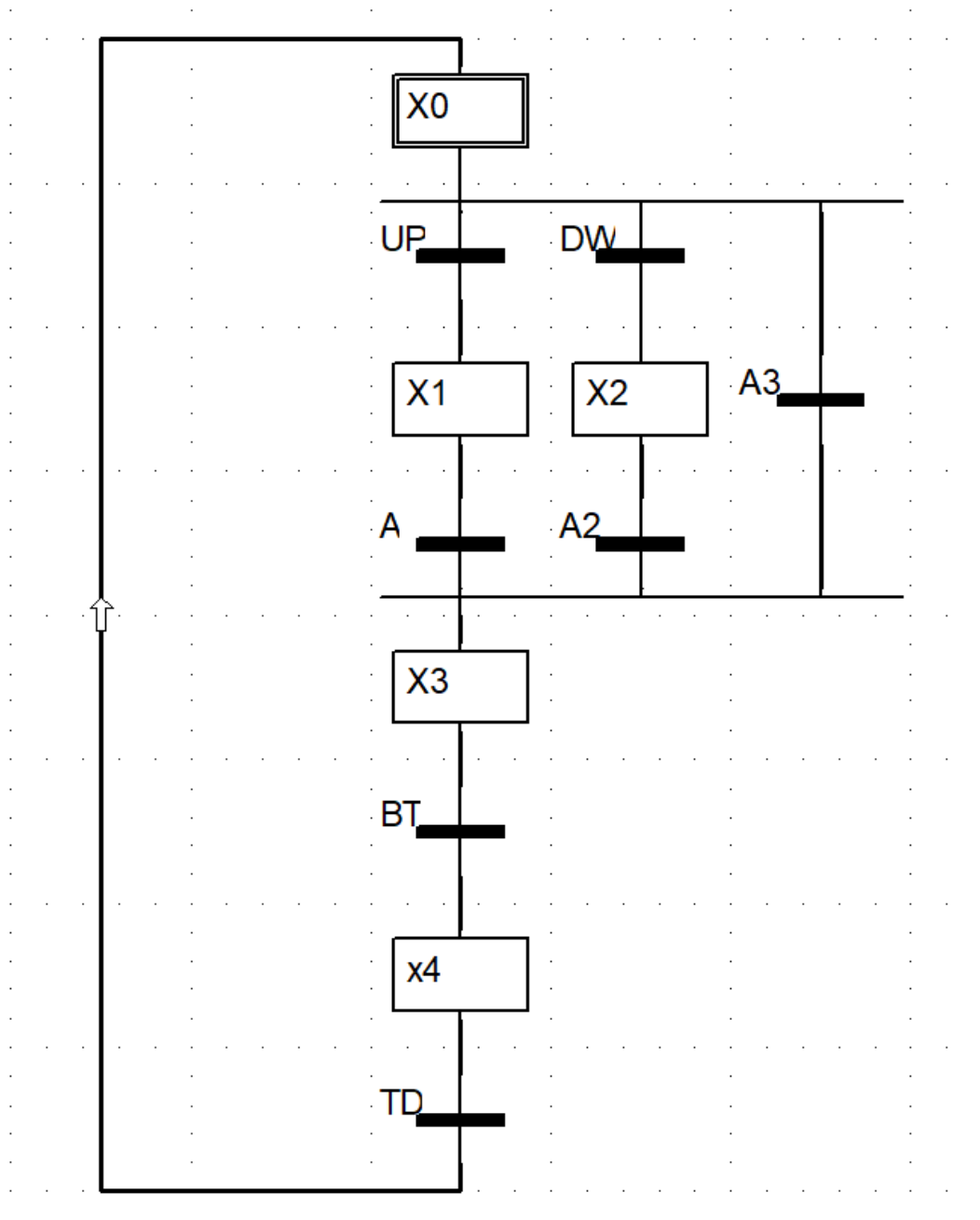


Figure IV.17: Grafcet d'automatisation de l'ascenseur

1. Transition Up (condition de monter)

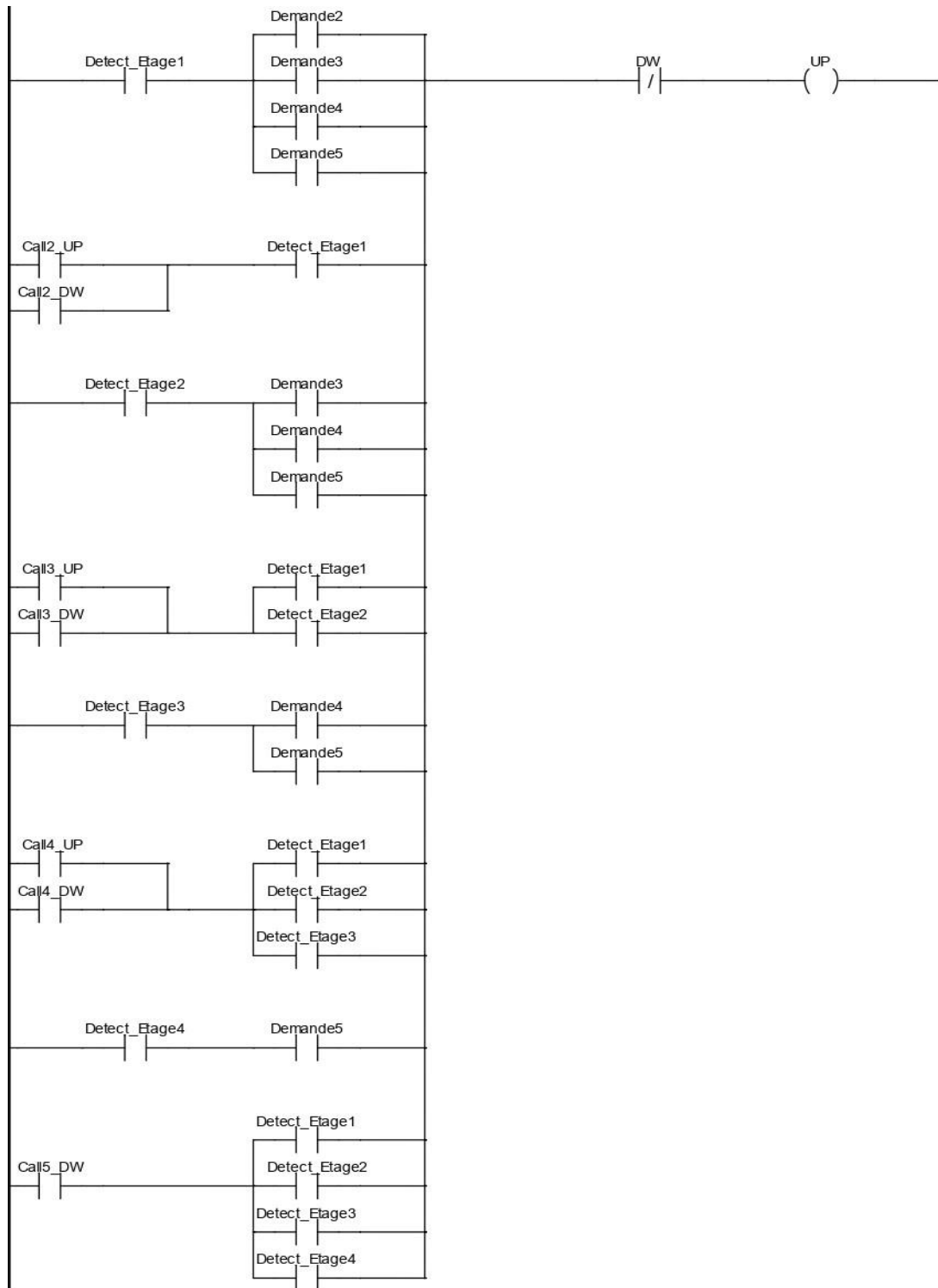


Figure IV.18. Transition Up

2. Transition DW (condition de descendre)

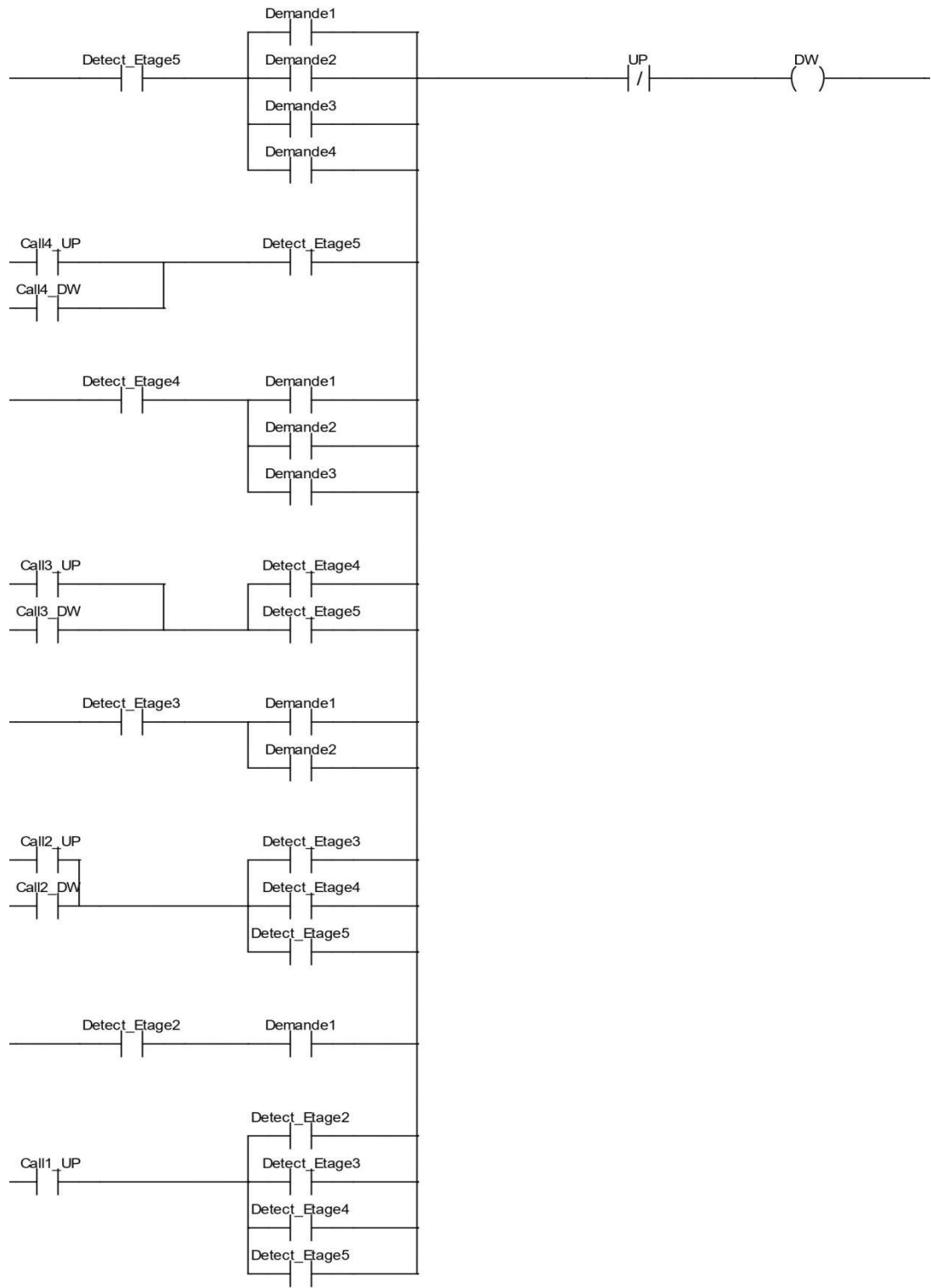


Figure IV.19. Transition DW

3. Transition A (condition d'arrêt après monter)

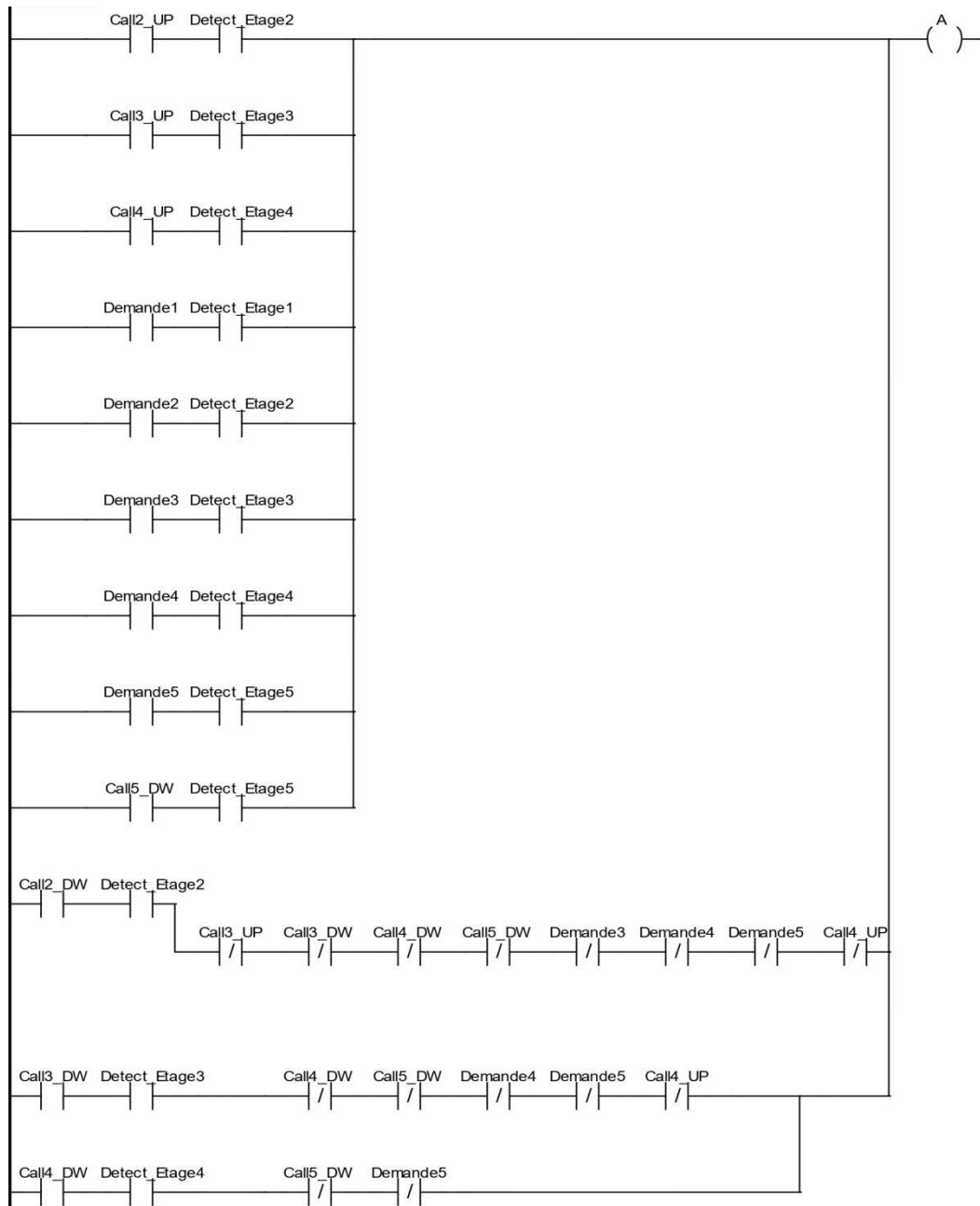


Figure IV.20. Transition A

4. Transition A2 (condition d'arrêt après descendre)

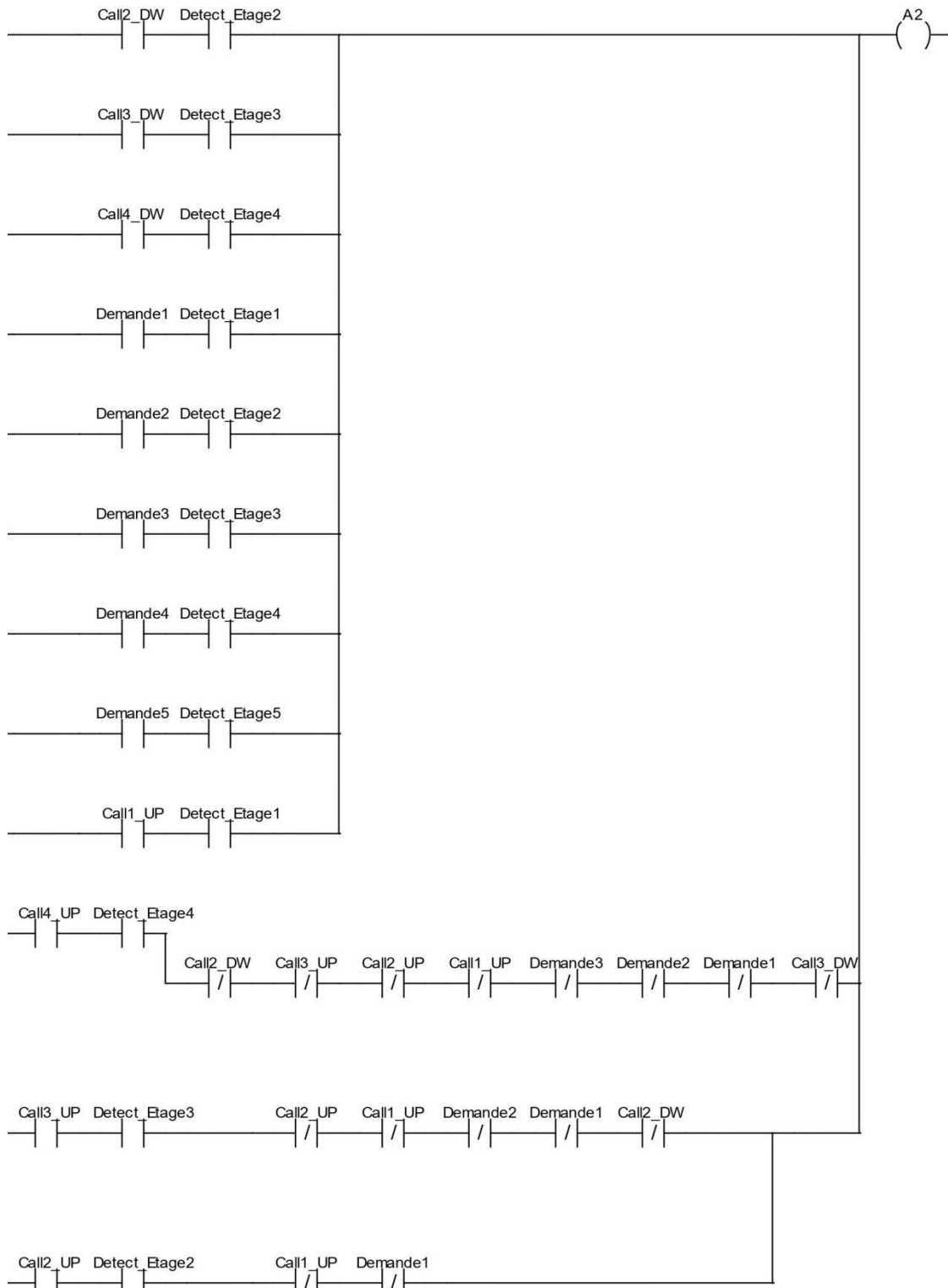


Figure IV.21. Transition A2

5. Transition A3 (condition d'appel dans le mémé étage)

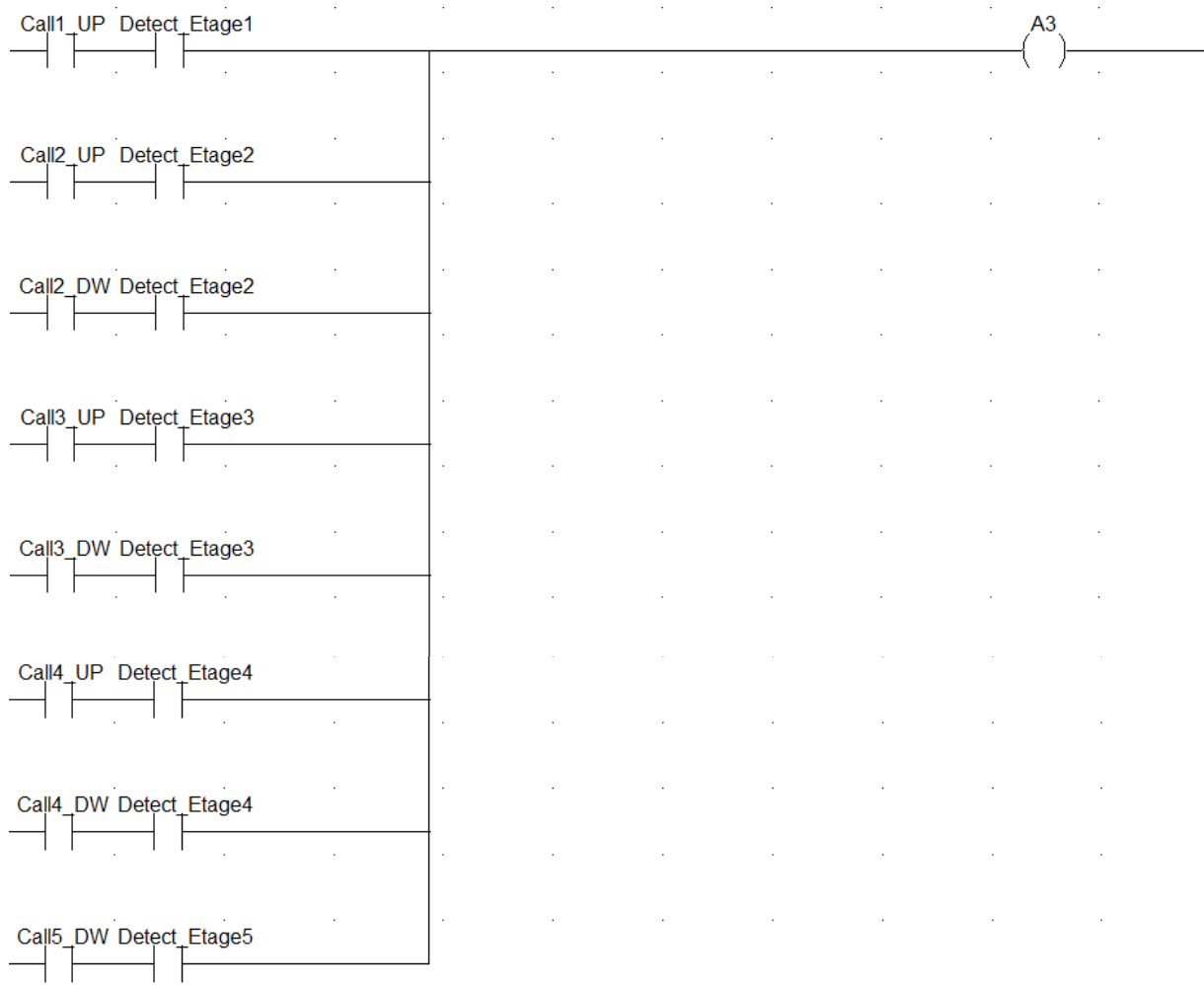


Figure IV.22. Transition A3

6. Transition BT

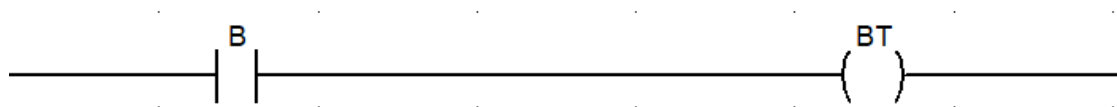


Figure IV.23: Transition BT

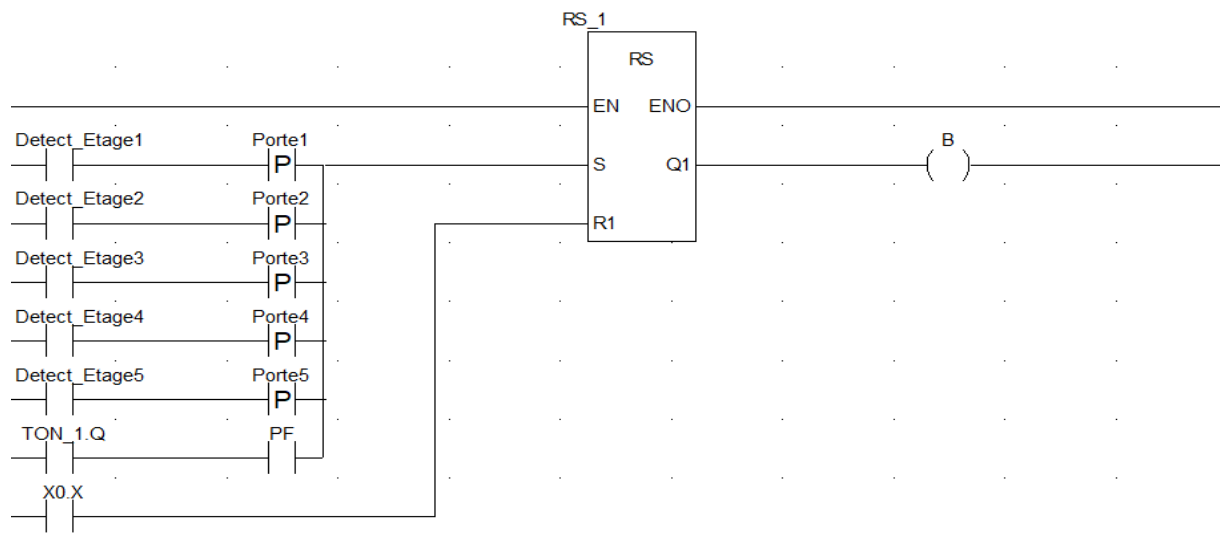


Figure IV.24. Mémoire B

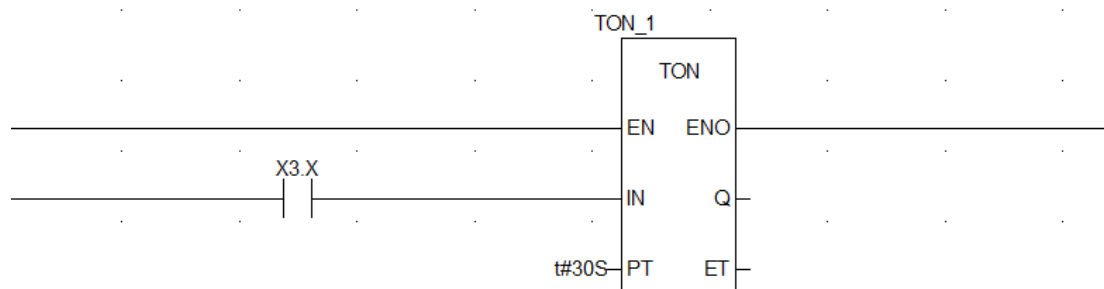


Figure IV.25. TON 1 (T1)

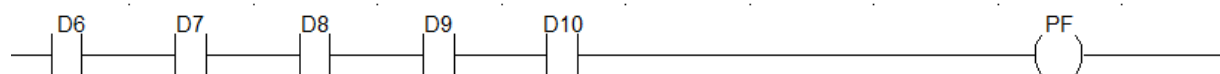


Figure IV.26. Mémoire PF

7. Transition TD

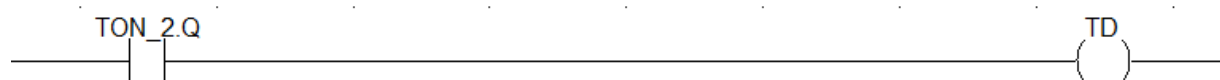


Figure IV.27. Transition TD



Figure IV.28. TON 2 (T2)

8. Les actions

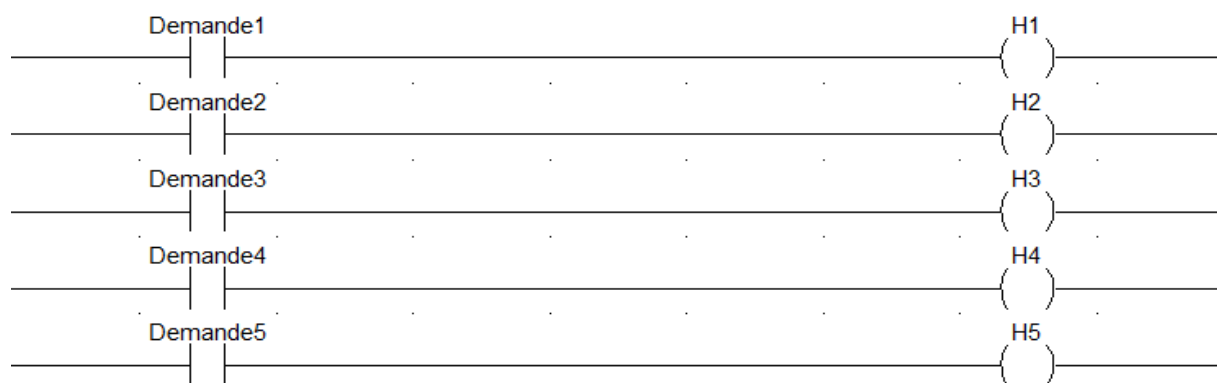


Figure IV.29. Demande voyante

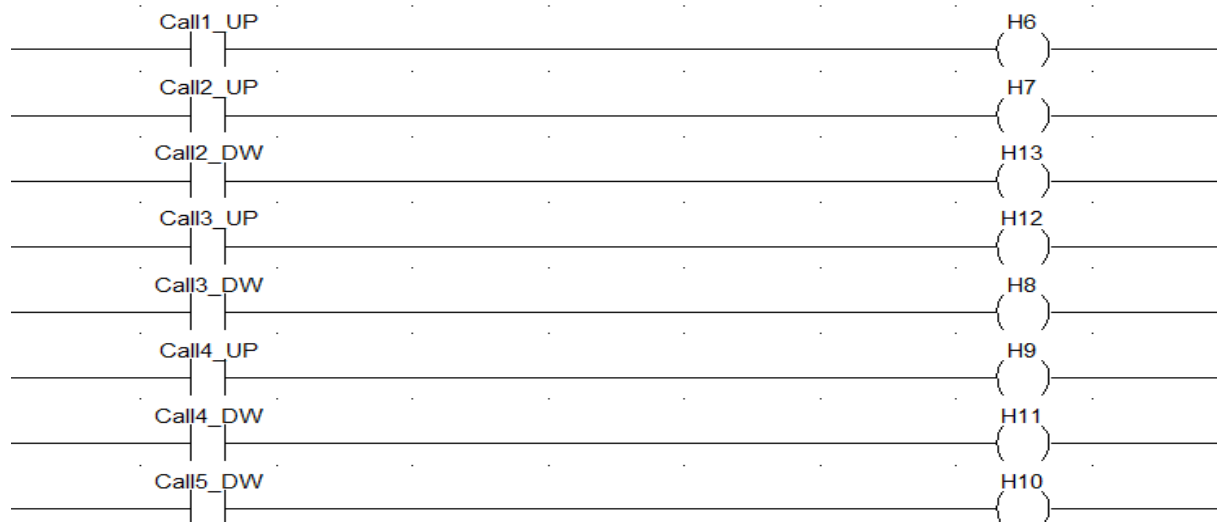


Figure IV.30. Appels voyants

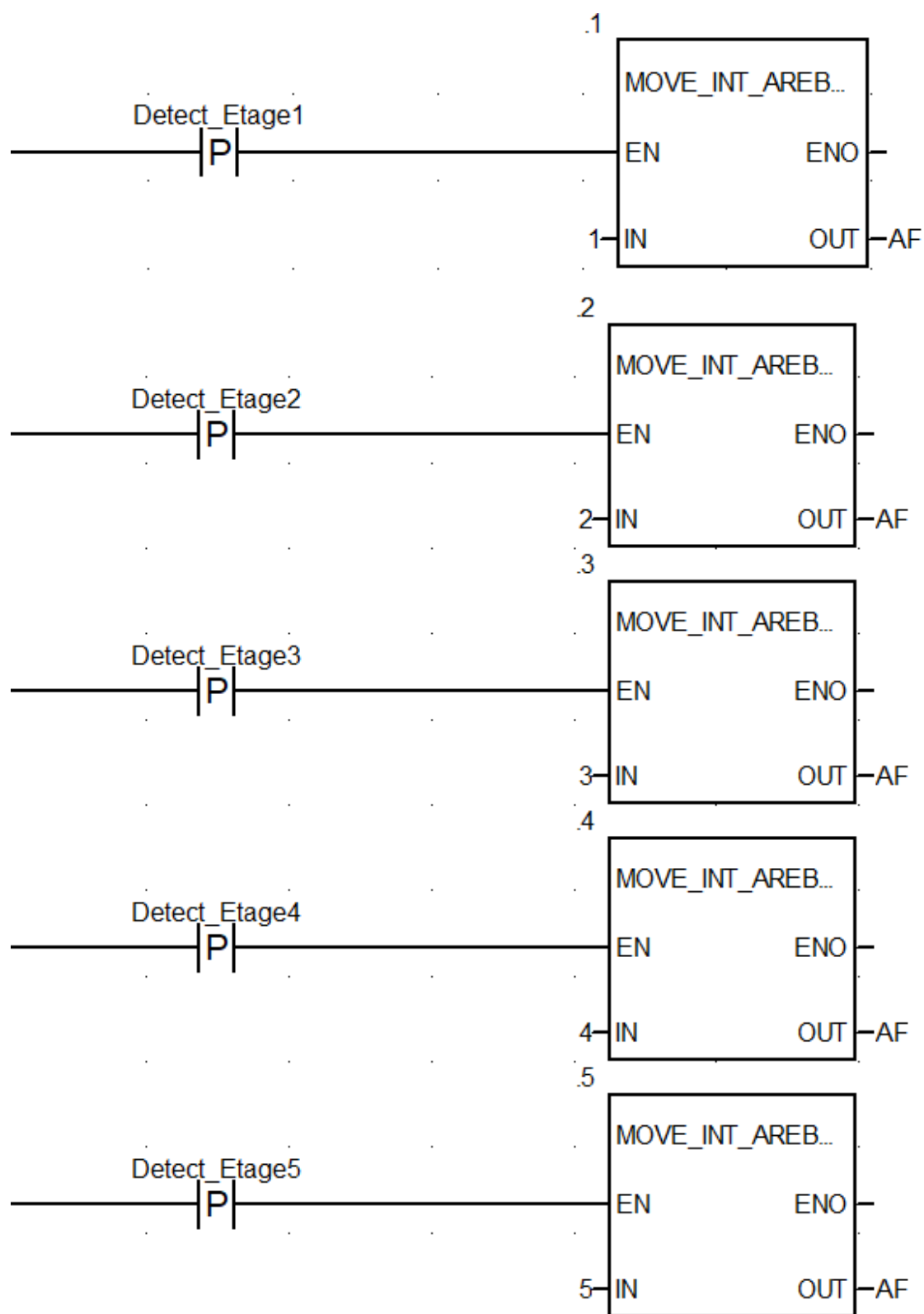


Figure IV.31. Afficheur

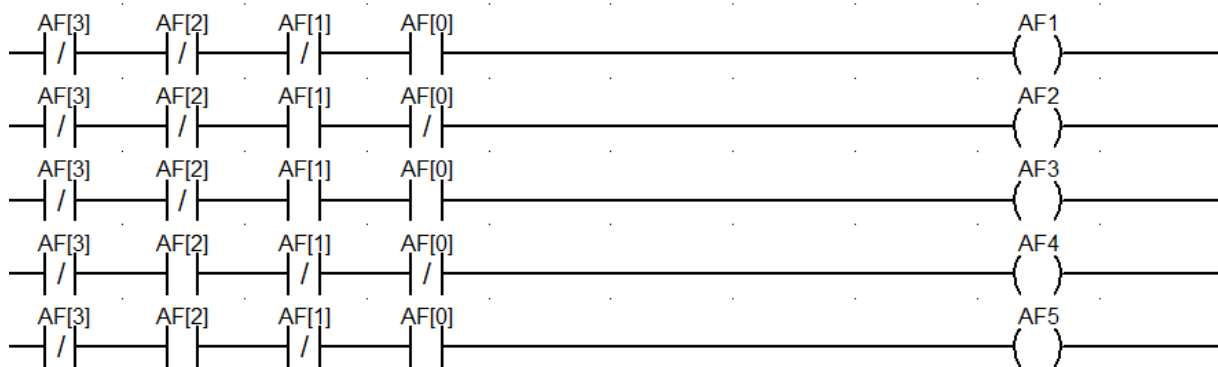


Figure IV.32. Mémoire de l’Afficheur d’HMI

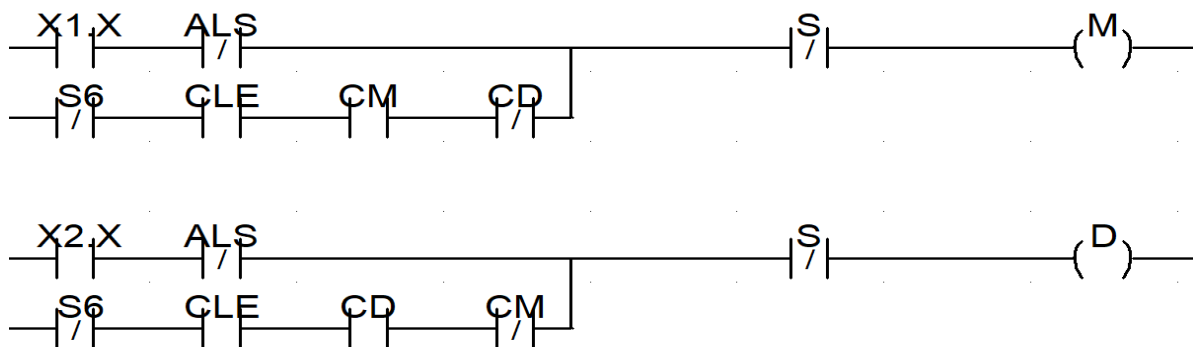


Figure IV.33. Les actionneur Montée, Descente

M : Montée de la cabine

D : Descente de la cabine

S : mémoire de mode de la simulation

ALS : mémoire s'active lorsqu'il y a une alarme

CLE : Signal de commande manuelle de l’HMI

CM : Montée manuelle dans l’HMI

CD : Descente manuelle dans l’HMI

9. Les alarmes

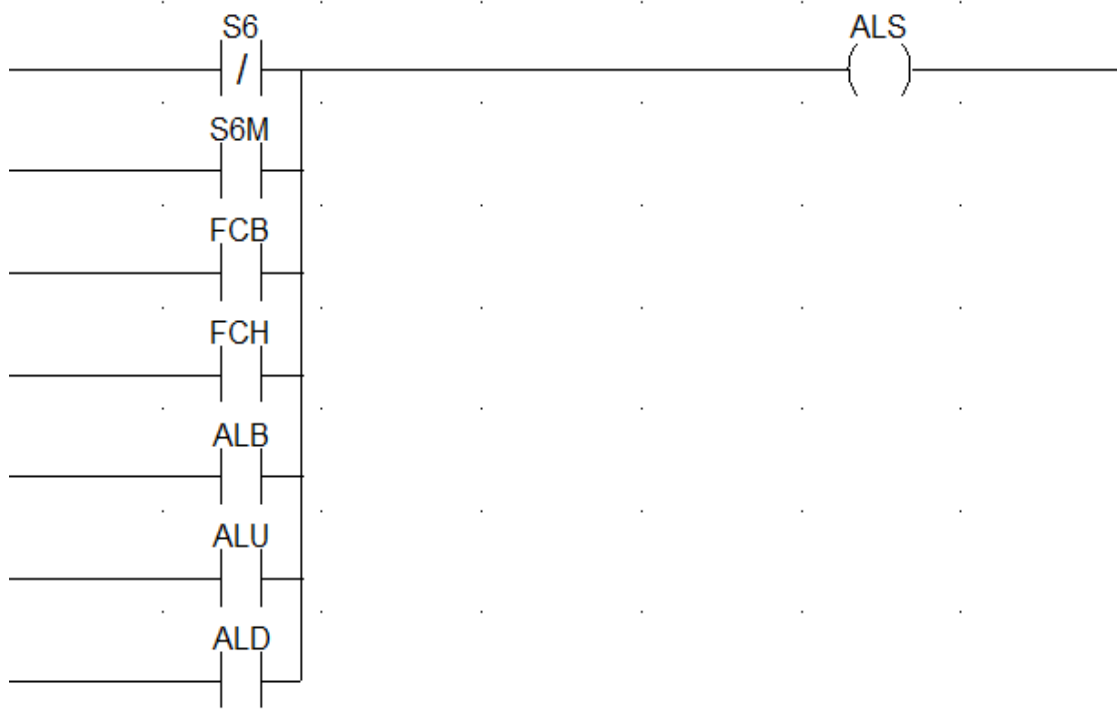


Figure IV.34: Mémoire ALS

S6 : Bouton d'arrêt d'urgence

FCB : Capteur de niveau bas

FCH : Capteur de niveau haut

ALB : Alarme des portes

ALU : Alarme de monte

ALD : Alarme de descente

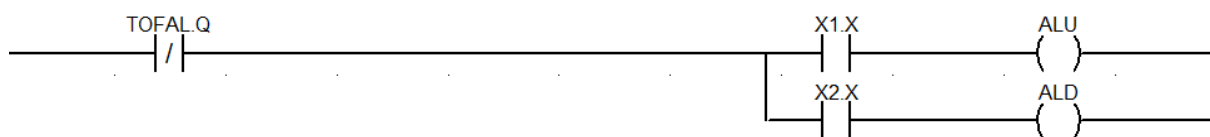


Figure IV.35. Alarme de monte, descente

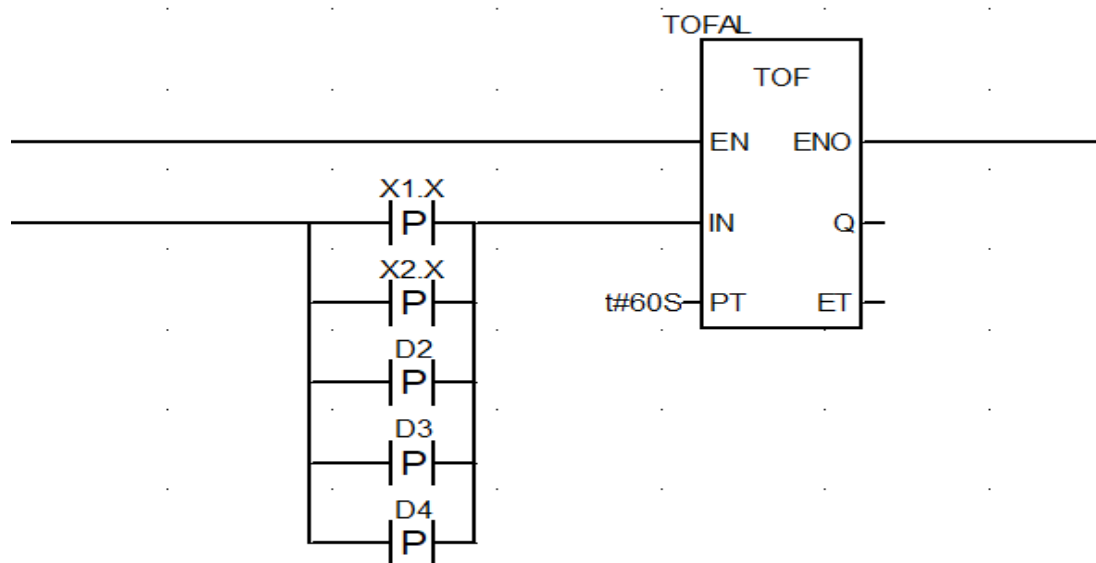


Figure IV.36. Temporisateur d'Alarme de monte, descente

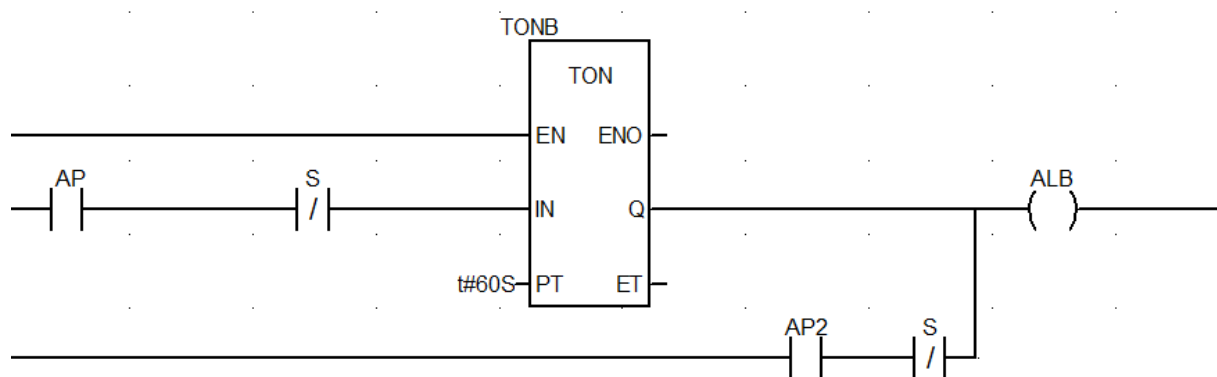


Figure IV.37. Temporisateur d'Alarme des portes



Figure IV.38. Mémoire AP



Figure IV.39. Mémoire AP2

10. Mode simulation

Pour activer le mode simulation, tous les capteurs doivent être mis à zéro.

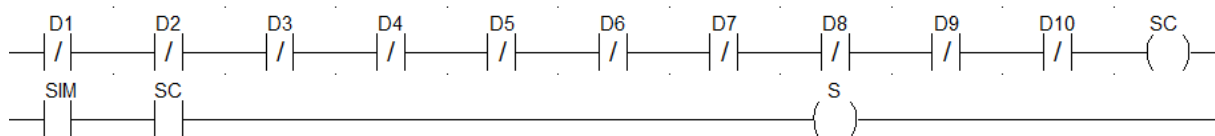


Figure IV.40. Mémoire de mode simulation

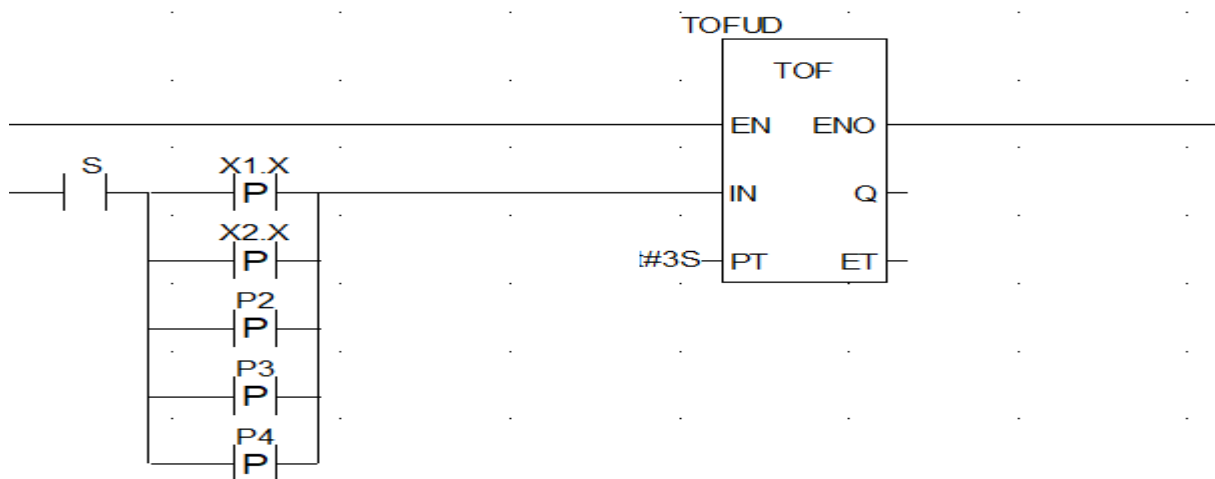


Figure IV.41. Temporisateur U/D de mode simulation

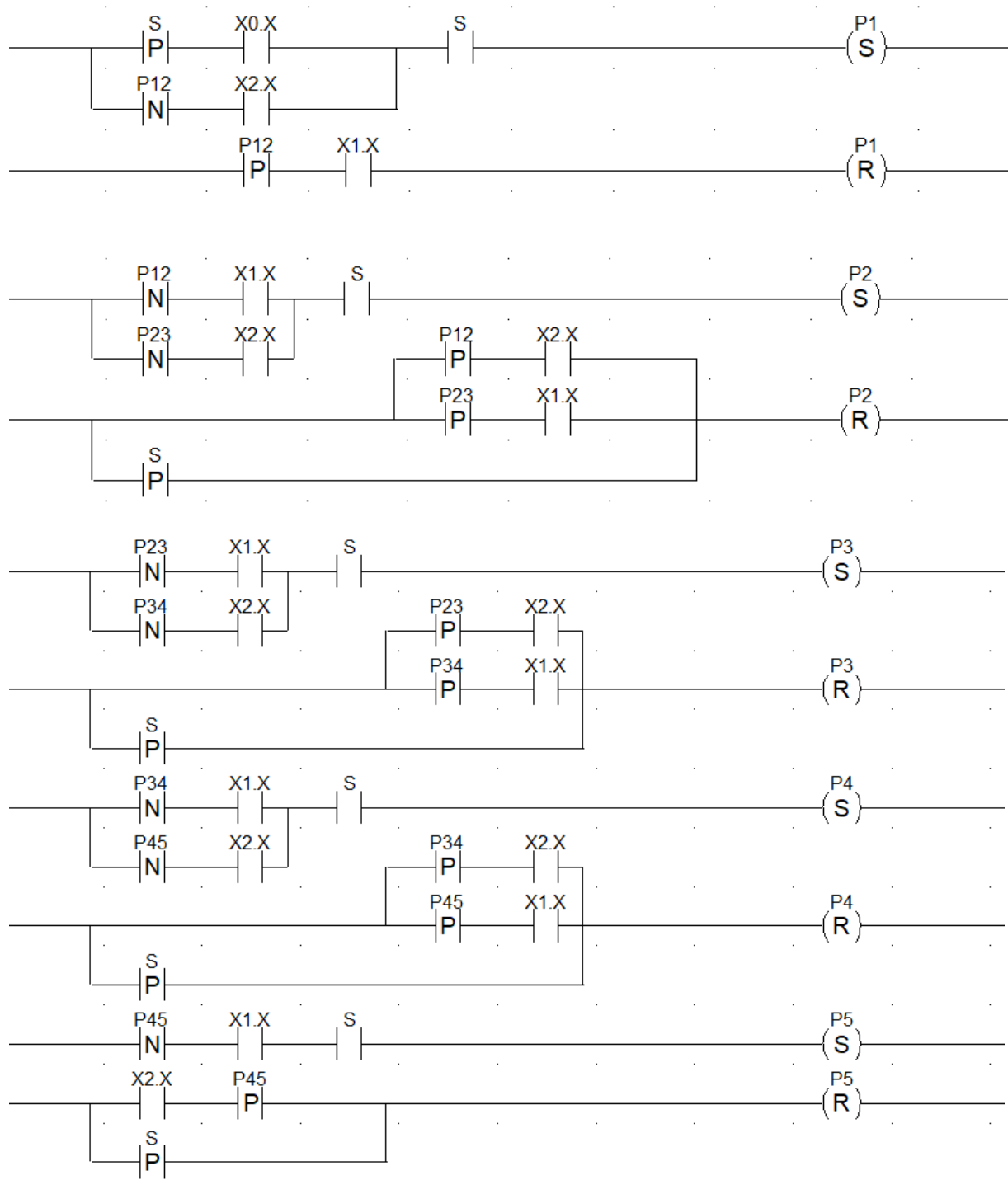


Figure IV.42. Activation et désactivation P 1,2,3,4,5 de mode simulation

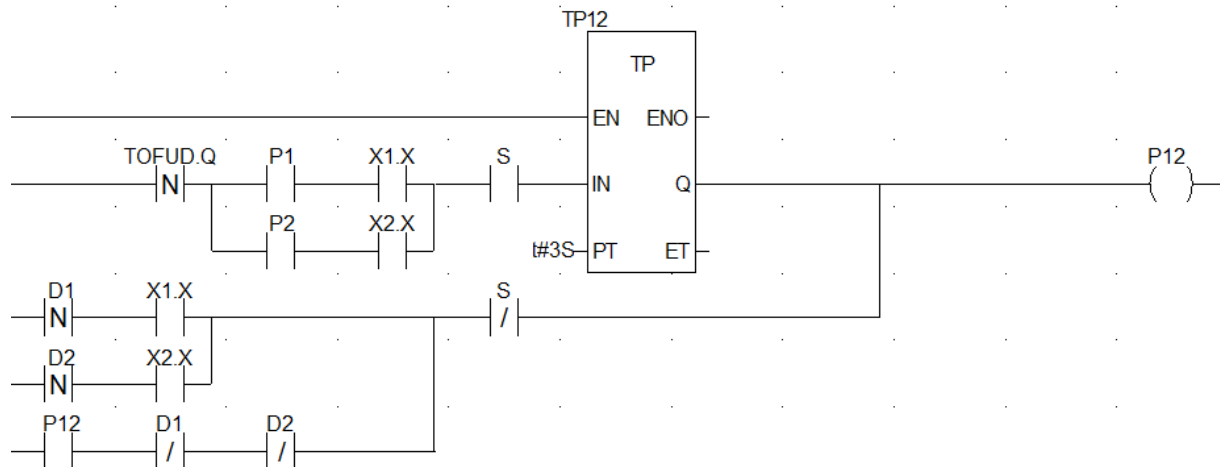


Figure IV.43. Mémoire pour indiquer la position de la cabine entre les étage 1 et 2

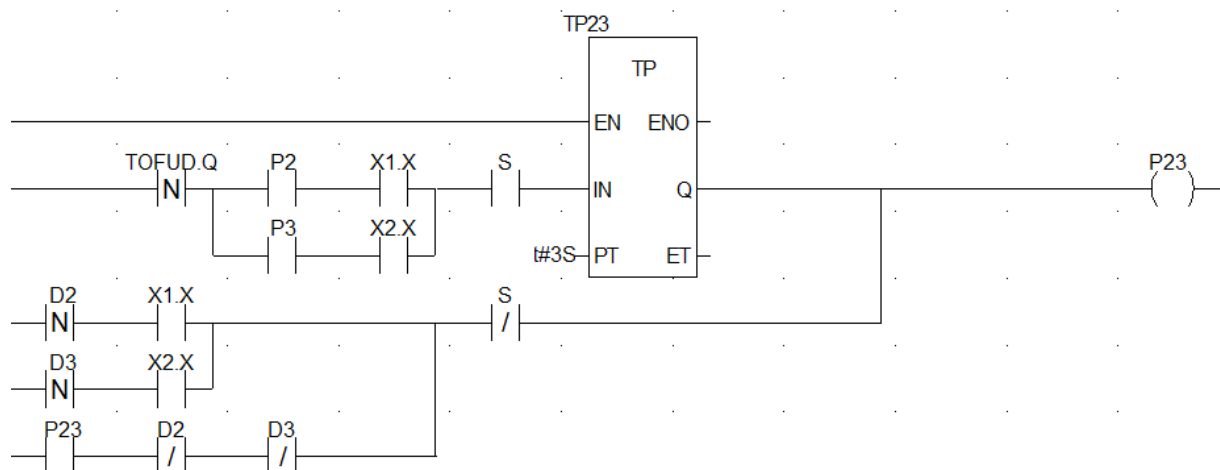


Figure IV.44. Mémoire pour indiquer la position de la cabine entre les etage 2 et 3

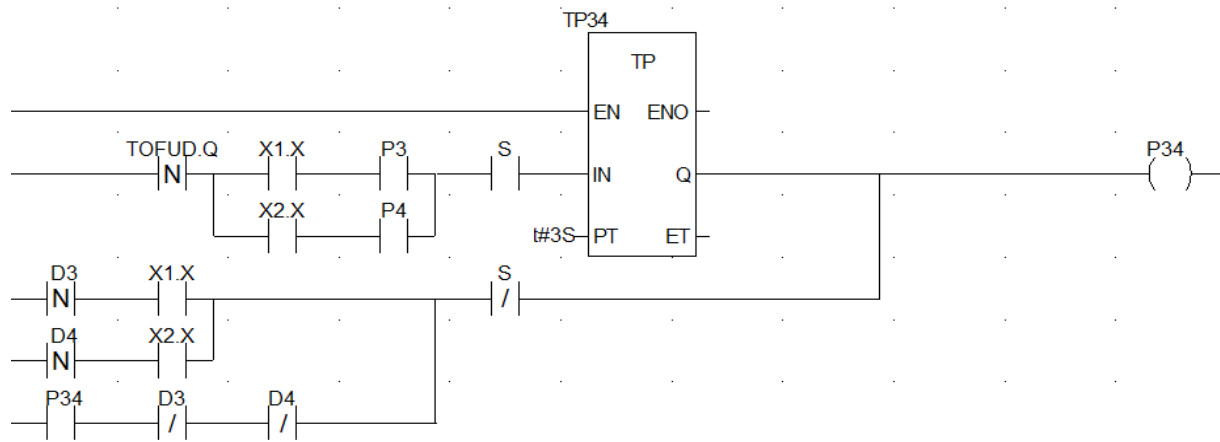


Figure IV.45. Mémoire pour indiquer la position de la cabine entre les etage 3 et 4

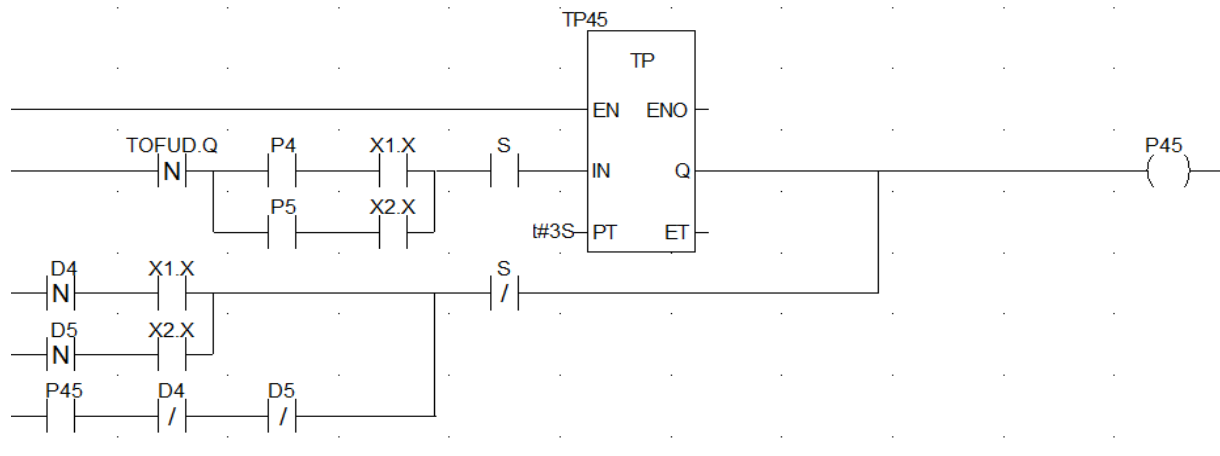


Figure IV.46. Mémoire pour indiquer la position de la cabine entre les etage 4 et 5

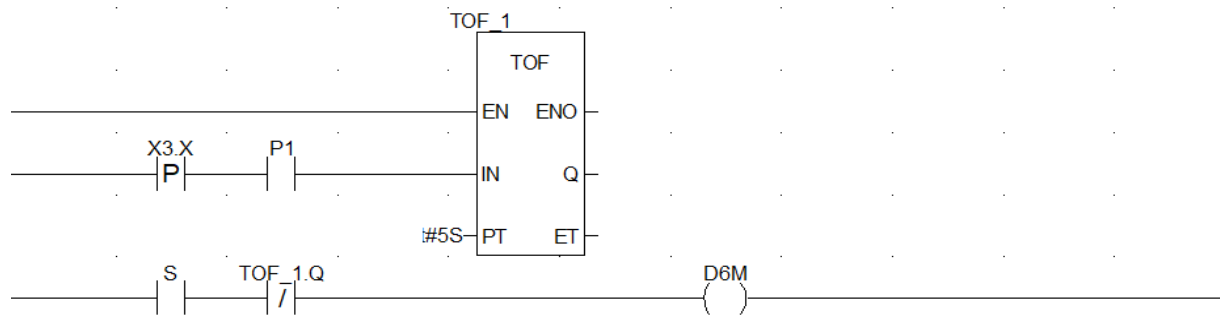


Figure IV.47. Temporisateur de porte 1 dans la simulation

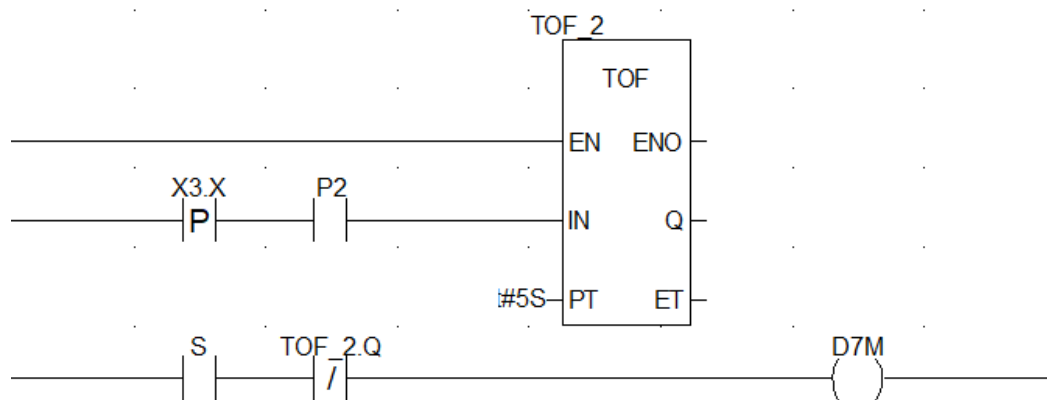


Figure IV.48. Temporisateur de porte 2 dans la simulation

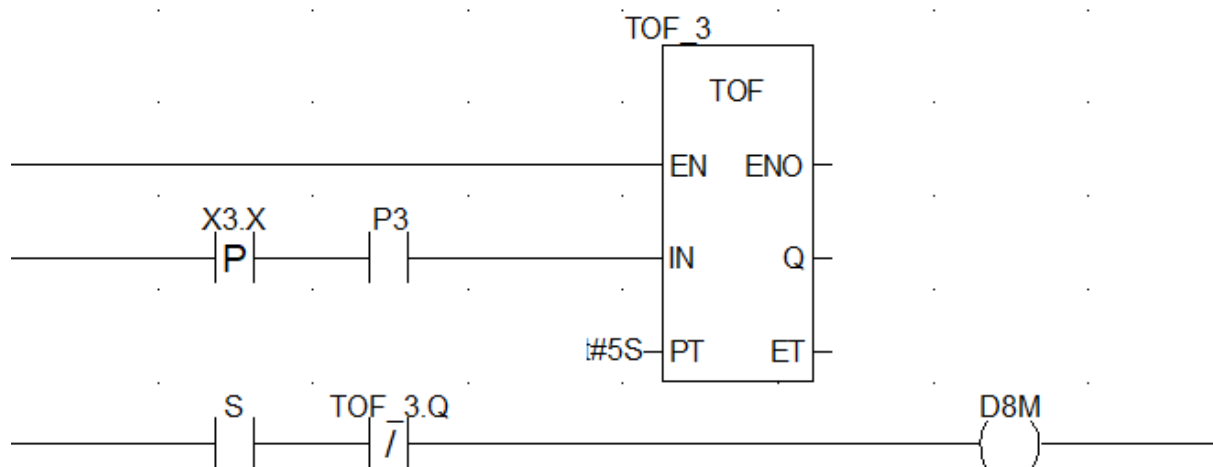


Figure IV.49. Temporisateur de porte 3 dans la simulation

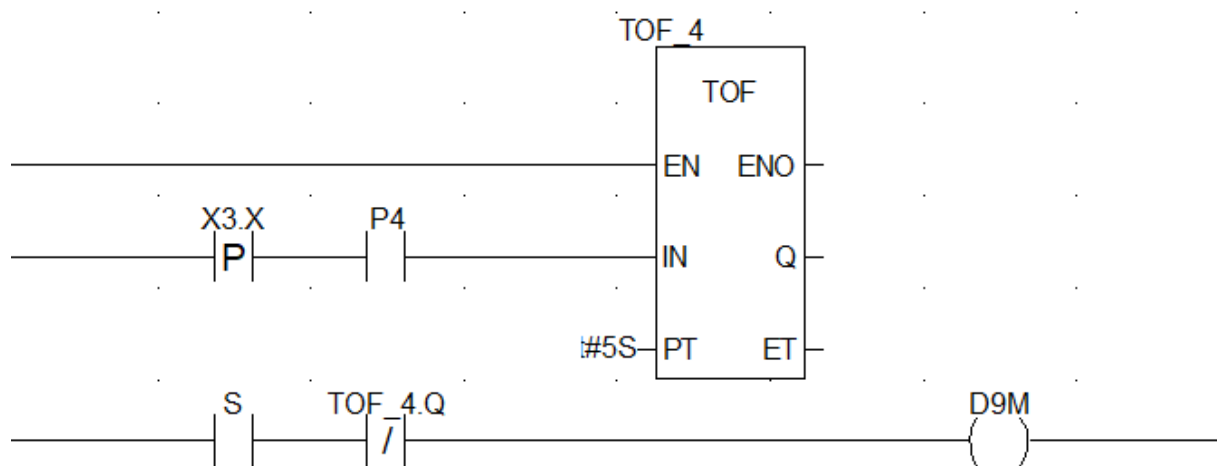


Figure IV.50. Temporisateur de porte 4 dans la simulation

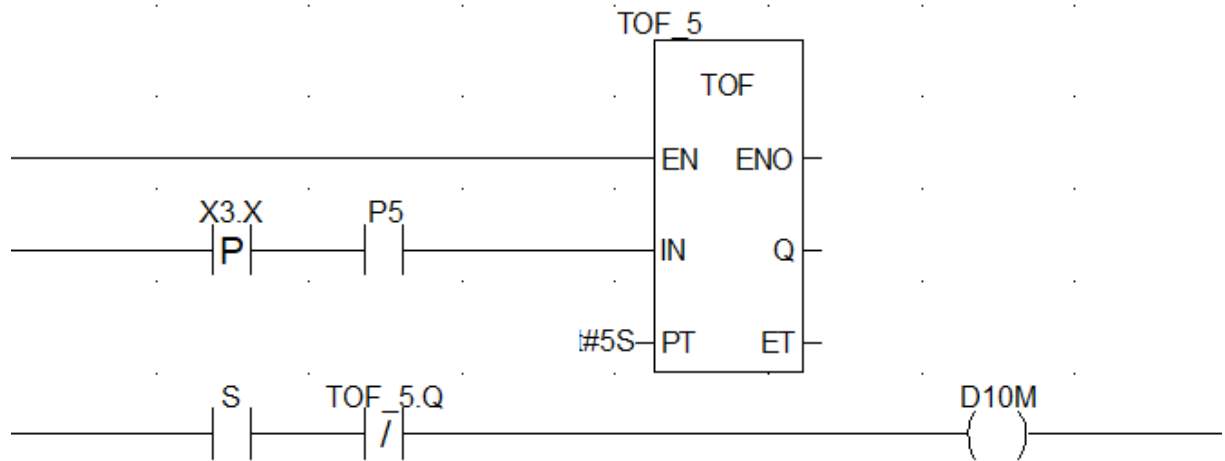


Figure IV.51. Temporisateur de porte 5 dans la simulation

IV.6. Fenêtre HMI

Pour créer un HMI en ajoute une nouvelle Ecran D'exploitation (opération scénén)

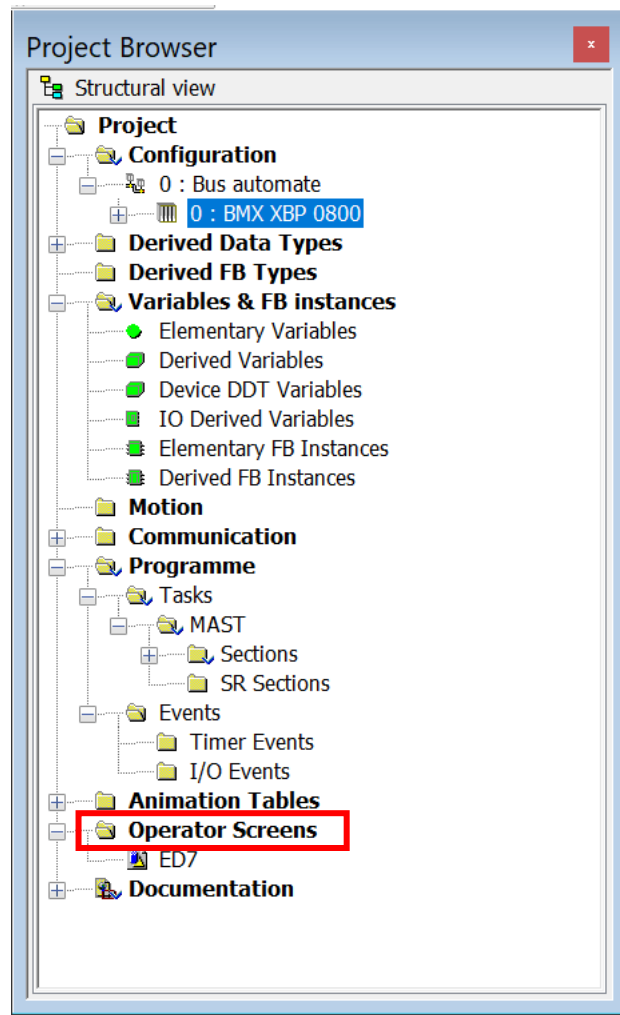


Figure IV.52. Ajoute d'une fenêtre HMI

IV.6.1. Connexion des capteurs, des boutons et des Actionneurs avec l'IHM

Pour les capteurs (entrées) sensibles, il suffit de les connecter directement à l'interface HMI. Leur état s'affichera alors en temps réel sur l'écran, comme s'ils étaient lus physiquement.

Pour les actionneurs (sorties), le même principe s'applique : leur état peut être affiché ou simulé directement sur l'IHM via une liaison directe.

En ce qui concerne les boutons(entrées), il est nécessaire de lier une mémoire programmée (bit mémoire) dans l'automate (PLC) pour reproduire le même fonctionnement de manière parallèle, Cela permet à l'IHM d'agir comme un bouton réel sans perturber le circuit de commande principal.

1. Les capteurs et les actionneurs : Pour le lier, vous devez choisir la variable appropriée et sélectionner l'état d'affichage (1 ou 0).

1 : S'affiche lorsque la valeur de la variable est 1

0 : S'affiche lorsque la valeur de la variable est 0

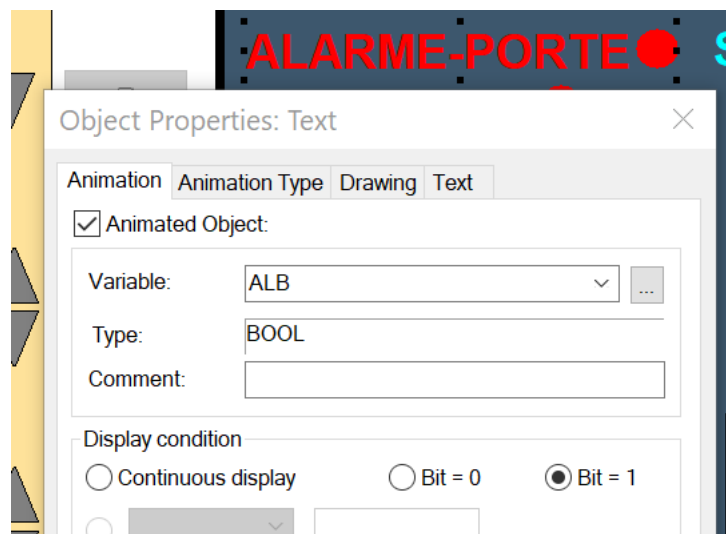


Figure IV.53. Les capteurs et actionneurs

2. Les boutons : Pour le lier, vous devez choisir la variable appropriée et le style de contrôle d'élément, avec ou sans verrouillage

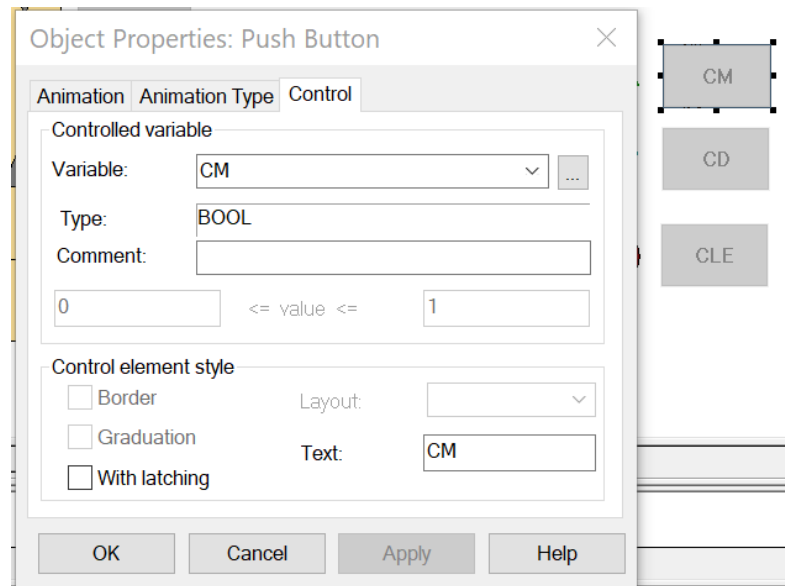


Figure IV.54. Les boutons

IV.6.2 Les composants d'HMI

1. l'afficheur d'étage : Il se compose de cinq images empilées les unes sur les autres, chacune liée à la mémoire d'affichage de chaque étage , et l'état d'affichage est réglé sur 1.

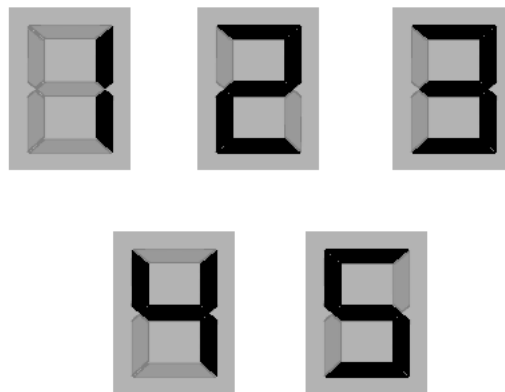


Figure IV.55. L'afficheur d'étage

2. Mode de simulation : Il se compose de deux couches superposées et connectées à la mémoire de simulation. L'état d'affichage de la première couche est réglé sur 0 et l'état d'affichage de la deuxième couche est réglé sur 1, de sorte qu'elle apparaît sombre si la simulation n'est pas activée et claire lorsqu'elle est activée.

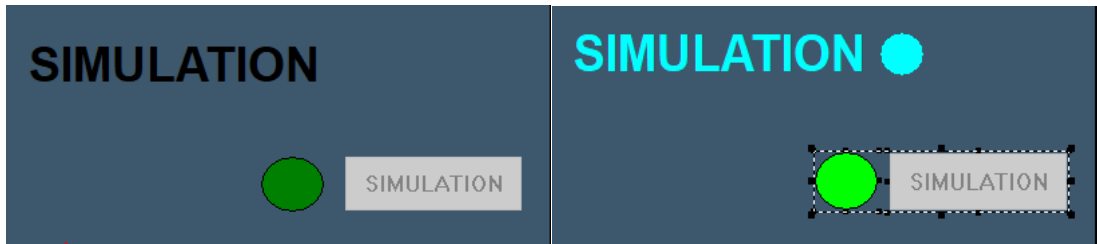


Figure IV.56. Mode de simulation

3. Les appels : Chaque appel est associé à sa propre mémoire avec le même principe utilisé précédemment. L'appel apparaît clair s'il est présent, sombre s'il n'est pas présent, et la direction est indiquée par une flèche vers le haut ou vers le bas.



Figure IV.57. Les appels

4. Les alarmes : Chaque alarme est associée à sa propre variable avec le même principe utilisé précédemment. L'alarme apparaît rouge s'il est présent, et noir s'il n'est pas présent

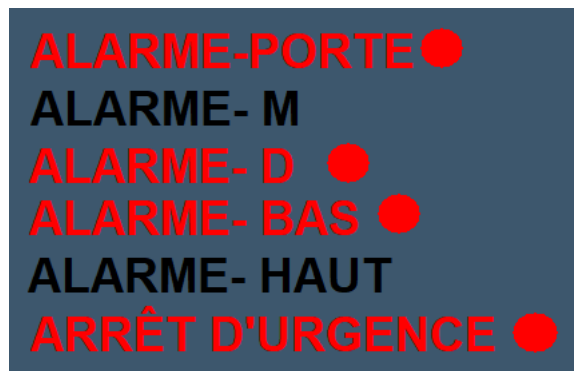


Figure IV.58. Les alarmes

5. Les demandes : Chaque demande est associée à sa propre mémoire. Tell que, si la mémoire est égale à 0 veut dire pas de demande, et l’affichage de la demande soit noire.

Si non, la mémoire égale à 1 au cas de présence de demande, alors que l’affichage devient vert.



Figure IV.59. Les demandes

6. Les commandes manuelles : Les boutons CM et CD sont associés à des mémoires qui contrôle directe l’action de monte ou descente de la cabine (CM pour monter, CD pour descendre). Ces boutons fonctionnent si et seulement si on appui d’abord sur le bouton clé CLE.

Les formes à côté des boutons prennent une couleur claire si l’utilisateur appui sur le bouton associé à la forme, si non elles gardent une couleur sombre.

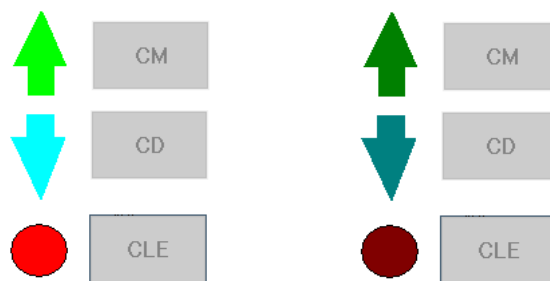


Figure IV.60. Les commandes manuelles

7. Les boutons des demandes et d’appels de l’HMI : Chaque bouton de demandes ou appels est liée à une mémoire. L’action d’appuyer sur un bouton active la mémoire associée et rendre sa valeur égale à 1.

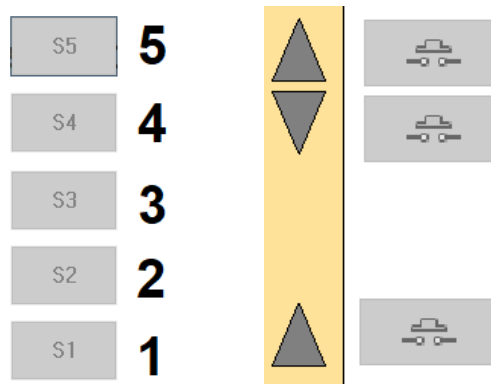


Figure IV.61. Les boutons des demandes et d'appels de l'HMI

8. **Les détecteurs des étages et Les ports :** Pour les étages, chaque étage est associé à sa propre mémoire. Dans le cas de détecter la présence de la cabine dans l'étage, la couleur de la porte change de gris au bleu.

Pour les portes, chaque porte est aussi liée à une mémoire. Tel que, si la mémoire égale 1 donc la porte est fermée et si elle égale 0 la porte sera ouverte comme montré dans la figure

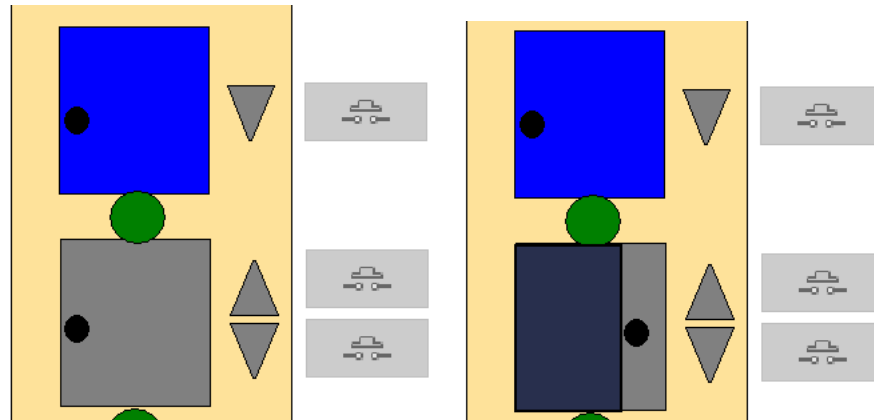


Figure IV.62. Les détecteurs des étages et Les ports

9. **Les actions de montes et descentes :** Les flèches sont un affichage lié à les actions de montes et descentes de l'ascenseur. Le flèche vers haut affiche si l'ascenseur est dans l'action de monte, et le flèche vers bas s'affiche dans l'action de descente.

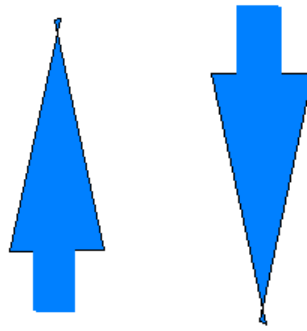


Figure IV.63. Les actions de montes et descentes

10. La position de la cabine entre les étages : La position de la cabine entre étages est représentée par le cercle entre chaque deux portes. Elle est associée à sa propre mémoire et sa couleur change de sombre vers la claire quand la cabine est entre les deux étages.

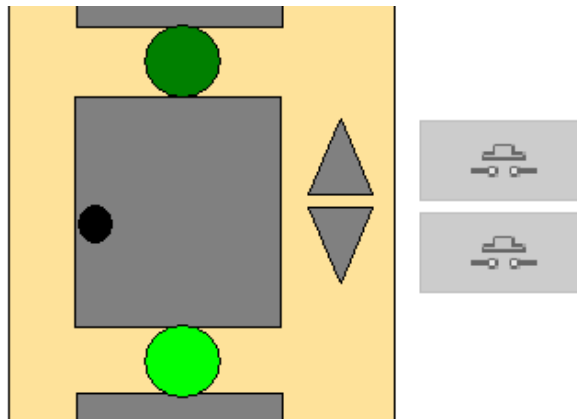


Figure IV.64. La position de la cabine entre les étages

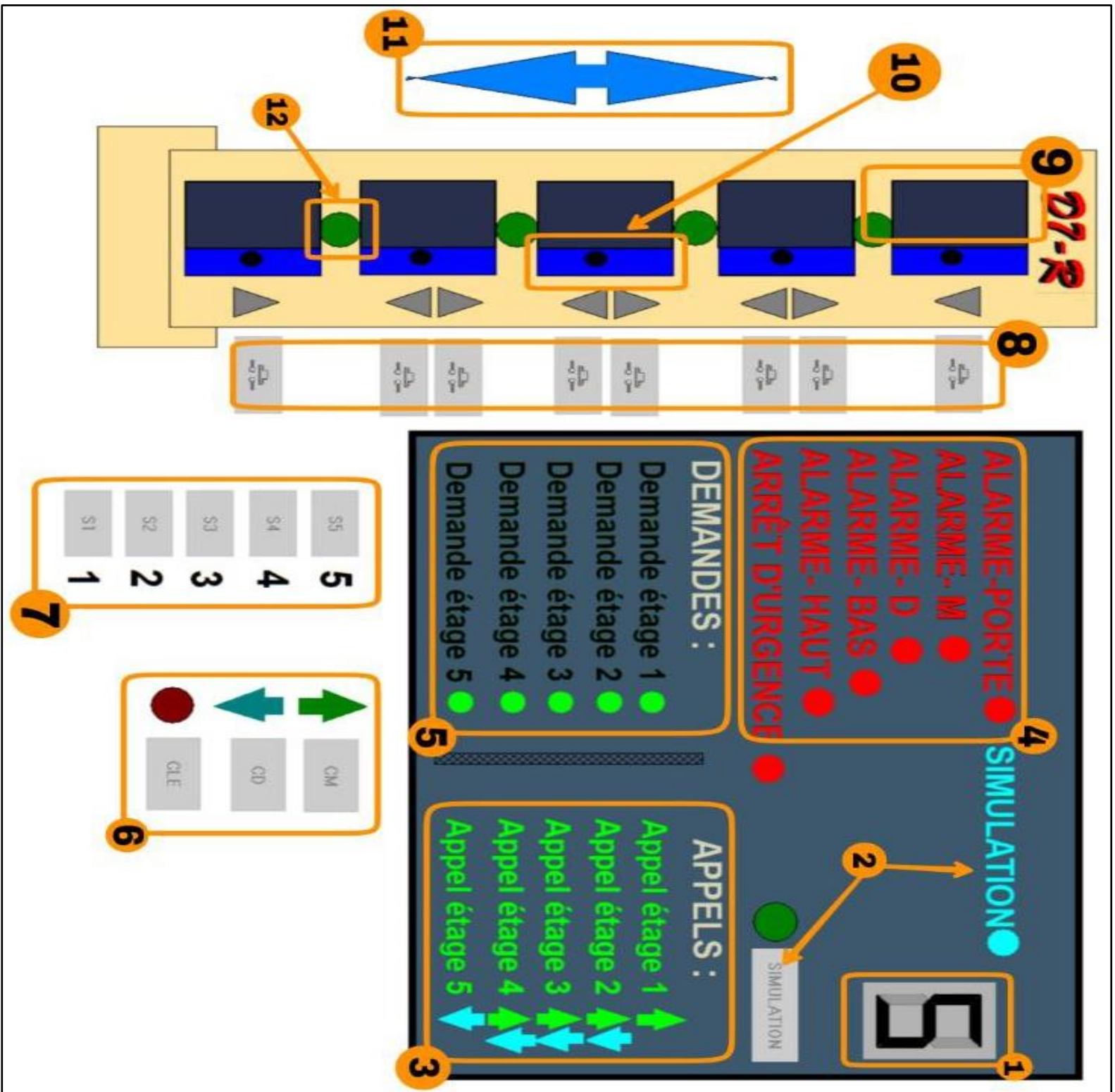


Figure IV.65. Fenêtre global HMI de l'ascenseur

1. Liée à l’afficheur d’étage
2. Liée au mode de simulation
3. Liée aux appels (affichage de mémoire des appels)
4. Liée aux alarmes
5. Liée aux demandes (affichage de mémoire des demandes)
6. Liée aux commandes manuelles
7. Liée aux demandes (boutons des demandes de hmi)
8. Liée aux appels (boutons des appels de hmi)
9. Liée au détecteur d’étage
10. Liée au détecteur de port
11. Liée aux mémoires qui indique la position de la cabine entre les etage
12. Liée aux actions de montes et descentes

IV.6.3 le travail pratique



Figure IV.66. Activation de l'alarme de niveau bas

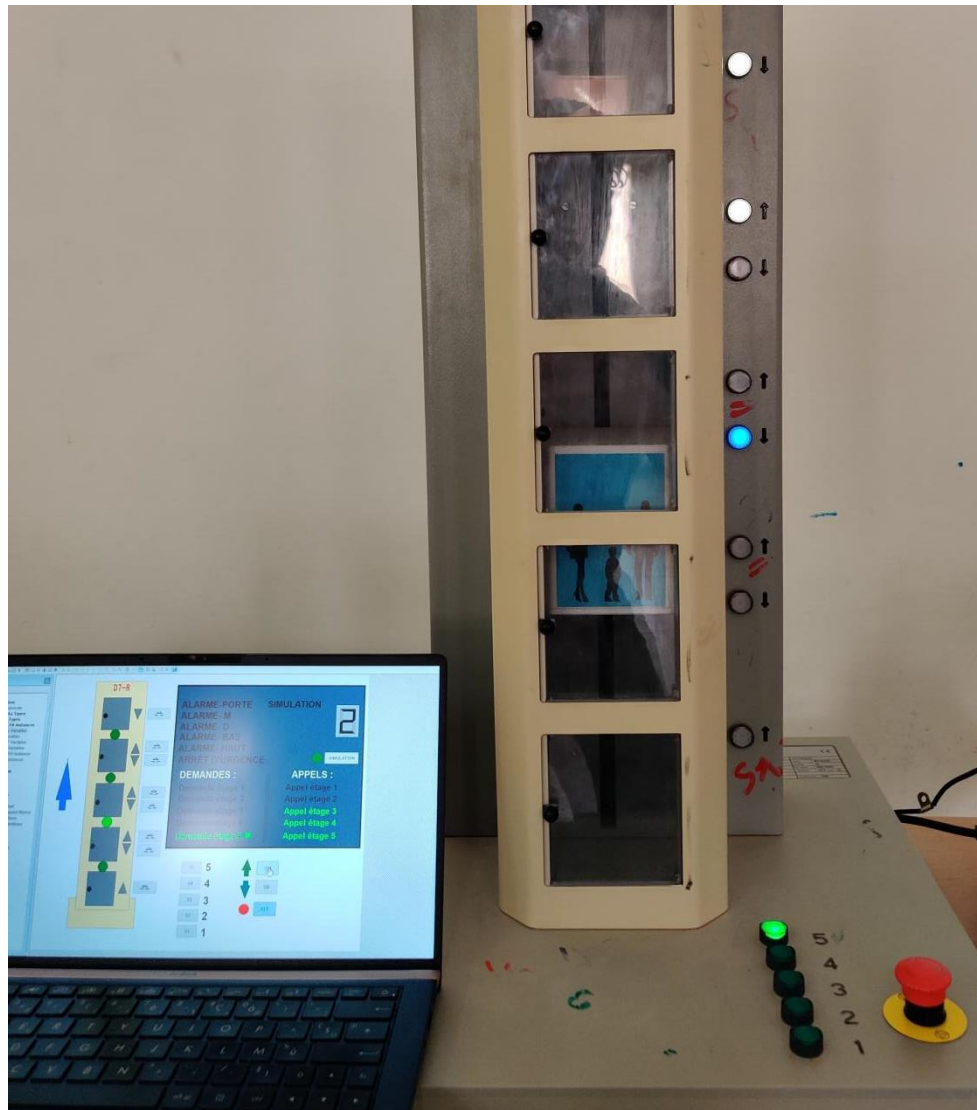


Figure IV.67. Demande de Monte au 5^{ème} étage



Figure IV.68. Activation de l'alarme de porte ouverte

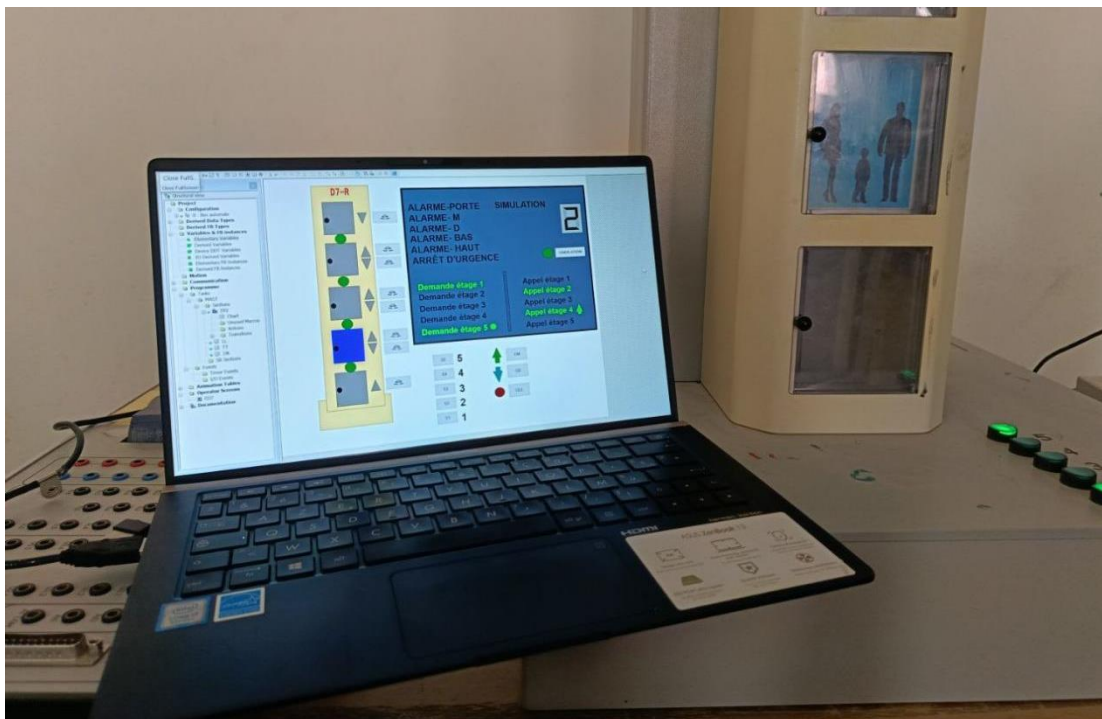


Figure IV.69. Deux demandes de monte au même temps (5^{ème} et 2^{ème} étage)



Figure IV.70. Deux demandes de descente au même temps (2^{ème} et 1^{ier} étage)

IV.7. Conclusion

Ce chapitre a permis de poser les bases nécessaires à la compréhension et à la réalisation du système d'ascenseur. En partant du cahier des charges, nous avons défini avec précision les exigences techniques et fonctionnelles. La modélisation à l'aide des diagrammes BPMN 2.0 a offert une vision structurée des processus métier du système. Par la suite, la programmation en langages SFC et LD a permis de formaliser la logique de fonctionnement, tandis que la conception de l'interface Homme-Machine a mis en évidence l'importance de l'ergonomie et de l'interaction utilisateur. Ces éléments constituent une étape essentielle pour le développement cohérent et efficace du système automatisé.

V. Conclusion Générale :

Dans le cadre de ce travail de fin d'études, nous avons réalisé un projet appliqué portant sur la supervision d'un ascenseur de type SCHMD1AE256MR composé de quatre niveaux, en utilisant un système automatisé basé sur l'Automate Programmable Modicon M340. Grâce à l'environnement de développement Unity Pro, nous avons conçu une solution permettant à la fois la commande et la supervision du système, selon les principes des architectures SCADA modernes.

Ce projet nous a permis de mobiliser l'ensemble des compétences acquises durant notre formation, aussi bien en automatisme qu'en programmation industrielle. Le résultat obtenu constitue une base fonctionnelle solide, tout en restant ouvert à des améliorations futures, notamment par l'ajout de nouvelles fonctionnalités ou l'optimisation de la communication entre les différents composants du système.

En somme, ce travail représente une illustration concrète de la mise en œuvre d'un système automatisé intelligent, combinant efficacité, surveillance en temps réel et flexibilité.

Ce projet, bien qu'opérationnel, reste ouvert à de nombreuses améliorations. Parmi les perspectives possibles, on peut envisager l'intégration d'un module de communication Ethernet pour assurer une supervision à distance plus efficace, le renforcement de la sécurité du système par l'ajout de capteurs intelligents, ou encore l'évolution vers une interface HMI plus intuitive et multiplateforme. À long terme, il serait également pertinent de généraliser ce modèle à d'autres types de systèmes automatisés industriels.

Bibliography

- [1] Z. BOUNAB, Etude d'un système de supervision et de contrôle SCADA de la région de transport est RTE, 2015.
- [2] N. I. o. S. a. T. NIST, «Master Terminal Unit (MTU) - Glossary,» 23 avril 2025.
- [3] D. R. e. E. W. G. R. Clarke, «Practical Modern SCADA Protocols: DNP3, 60870.5 and Related Systems, Oxford,» 2004.
- [4] W. Bolton, «Programmable Logic Controllers, 5e éd., Newnes,,» 2015.
- [5] S. R. Ray, «Industrial Instrumentation and Control, 3e éd., McGraw-Hill Education,» 2017.
- [6] A. Mendez, «Synthèse de lois de surveillance pour les procédés industriels,» Université Paul Sabatier, Toulouse, 2002.
- [7] P. Bonnet, «Introduction à la Supervision,» 2011.
- [8] M. S. Lamri, «La supervision des systèmes automatisés,» 2021.
- [9] E. ZAMAÏ, « Sur la distribution avec redondance partielle de modèles à événements discrets pour la supervision de procédés industriels », Citeseer, 2003. .
- [10] C. DIFALLAH, « « Contrôle de la température à travers un réseau Ethernet »,» 2016.
- [11] M. Falch, CANopen Explained - A Simple Intro, Février 2025.
- [12] L. Dupont, «Introduction aux réseaux industriels, 3rd ed,» pp. pp. 35-40, 2019.
- [13] M. Leclerc, «Profinet : Communication industrielle basée sur Ethernet,» pp. pp. 50-58, 2020.

- [14] «« Système bouclé » cours, école Renardfollereau, 2009.».
- [15] D. Racoceanu, « Contribution à la Surveillance des Systèmes de Production en Utilisant l'Intelligence Artificielle (Doctoral dissertation, Université de Franche-Comté).,» 2006.
- [16] «application: Guide des automatismes».
- [17] «Bel Mokadem.Houda, "Vérification des propriétés temporisées des automates programmables industriels". Thèse Dectorat ,DE L'ÉCOLE NORMALE SUPÉRIEURE DE CACHAN, École normale supérieure de Cachan - ENS Cachan, Français , 28 septembre 2006.».
- [18] P. L. BRUN, « « Automate programmable industriels » cours, Strasbourg,,» 1999.
- [19] «<https://www.automation-sense.com/blog/automatisme/a-la-decouverte-des-automates-schneider.html>,» [En ligne].
- [20] «<https://www.automation-sense.com/blog/automatisme/les-differents-types-d-automates-schneider.html>,» [En ligne].
- [21] «Schneider Electric ; “Industries SAS” Doc : DIA6ED211010FR, Année 2014».
- [22] B. D. e. A. H. F. BOUNAAMA, « MODELISATION NEURO-FLOUE DU BILANHYDRIQUE D'UNE SERRE HORTICOLE, Institut de Génie Mécanique Universitairede Béchar».
- [23] «Pro, U. (2011). Unity Pro. vol, 49, 15-16.».
- [24] «www.appvizer.fr.».
- [25] «2015.TH. Vercruysse.Thierry,Potts, Jeff. Alfresco Developer Series, Advanced Workflows, 2nd Edition. ecmarchitect.com, 2012.».
- [26] «Business Process Model and Notation (BPMN), Version 2.0 », OMG Document Number:formal 2011-01-03 Standard document URL <http://www.omg.org/spec/BPMN/2.0>».

- [27] «<https://www.heflo.com/fr/blog/la-notation-bpmn>,» [En ligne].
- [28] A. E. e. M. R. R. Clouard, « Une méthodologie de développement d'applications de traitement d'images », in RFIA'2002-13e Congrès Reconnaissance des Formes et Intelligence Artificielle, 2002, vol. 3, p. .