

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
Ecole Nationale Polytechnique

Département Automatique

Projet de fin d'études

Pour l'obtention du diplôme

D'Ingénieur d'Etat en Automatique

THÈME

Commande d'un ascenseur par API

Présenté par

Merouane DJIDEL

Soutenu publiquement le 12 juillet 2021

Membres du Jury

Président :	Mr. R.ILLOUL,	Mc. ENP
Promoteur :	Mr. E.M.BERKOUK	Pr. ENP
Examineur :	Mr. O.STIHI	Pr. ENP

ENP 2021

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
Ecole Nationale Polytechnique

Département Automatique

Projet de fin d'études

Pour l'obtention du diplôme

D'Ingénieur d'Etat en Automatique

THÈME

Commande d'un ascenseur par API

Présenté par

Merouane DJIDEL

Soutenu publiquement le 12 juillet 2021

Membres du Jury

Président :	Mr. R.ILLOUL,	Mc. ENP
Promoteur :	Mr. E.M.BERKOUK	Pr. ENP
Examineur :	Mr. O.STIHI	Pr. ENP

ENP 2021

خالصة:

يتعلق العمل المقدم في هذه الرسالة بتطبيق مفاهيم معالجة البيانات الصناعية في API والشراف على المصعد. نحن نستخدم API من سلسلة M340 من Schneider التي نبرمجها بفضل برنامج Unity Pro .

كلمات مفتاحيه :

مصعد، API، وحدة المعالجة المركزية واجهة بين الانسان والآلة، نضام الي، Unity Pro، WinCC.

Abstract:

The work presented in this dissertation relates to the application of the concepts of industrial data processing in the automation and the supervision of an elevator. We use the automates of the series M340 of Schneider; which we program thanks to the software Unity Pro.

For the supervision of the elevator, we also use Unity Pro.

Keywords :

Elevator, API, CPU, Human-Machine interface, Unity Pro, WinCC, Automated system.

Résumé :

Le travail présenté dans ce mémoire porte sur l'application des notions de l'informatique industrielle dans l'automatisation et la supervision d'un ascenseur. On utilise pour cela les automates de la série M340 de schneider qu'on programme grâce au logiciel Unity Pro.

Pour la supervision de l'ascenseur, on utilise toujours le logiciel Unity Pro

Mots-clés :

Ascenseur, API, CPU, interface Homme-Machine, Unity Pro, WinCC, Système automatisé.

Dédicaces

A ma très chère mère HANNACHE Mokhtaria.

A mon chère père DJIDEL Lakhder.

Pour leurs sacrifices et leur support et encouragement depuis mon enfance et tout le long de mes études.

A mon encadreur Monsieur le Pr. A. BERKOUK pour son encadrement et aide tout le long de mon travail.

A mes chères frères et sœur.

A mes amis : Ayoub Rayane AIT ALLAOUA, Hamza IMEDJDAB, Redouane, Wafa et tous mes camarades du G6 pour leur soutien moral et encouragement pendant cette période.

DJIDEL Merouane

Remerciement

Je tiens à remercier toutes les personnes qui ont contribué au succès de mes études.

Je voudrais dans un premier temps remercier, mon encadreur Mr le Pr. A. BERKOUK, pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter ma réflexion.

Je remercie également toute l'équipe pédagogique de l'Ecole Nationale Polytechnique pour m'avoir formé et guidé tout le long de mon parcours académique.

Je tiens à témoigner toute ma reconnaissance aux personnes suivantes, pour leur aide dans la réalisation de ce mémoire :

Mes parents, pour leur soutien constant et leurs encouragements.

A mes frères et sœur pour leur soutien moral tout le long de ce parcours.

A mes amis pour m'avoir encouragé pendant cette période.

Table des matières :

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste d'abréviations

Introduction générale 14

I. Chapitre I : Généralité sur les ascenseurs

I.1 Introduction 16

I.2 Définition de l'ascenseur 16

I.3 Historique 17

I.4 Les bases de classification des Ascenseurs 18

I.5 Les différents types d'ascenseurs 19

I.6 Catégories D'ascenseurs 19

I.6.1 Les Ascenseurs hydrauliques 19

I.6.1.1 Principe de fonctionnement 19

I.6.1.2 Description 20

I.6.1.3 Les Avantages de l'ascenseur hydraulique 21

I.6.1.4 Les Inconvénients de l'ascenseur hydraulique 22

I.6.2 Les Ascenseurs à tractions à câbles 22

I.6.2.1 Description 22

I.6.2.2 Principe de fonctionnement 23

I.6.2.3 Les avantages de l'ascenseur à traction à câbles 23

I.6.2.4 Les Inconvénients de l'ascenseur à traction à câbles 23

I.7 Critère de choix de l'ascenseur 24

I.8 Système de motorisation 24

I.8.1 Moteur-treuil ou moteur à traction	25
I.8.1.1 Les moteur-treuil à vis sans fin à une ou deux vitesses	25
I.8.1.2 Les moteurs-treuil planétaires.....	26
I.8.1.3 Les moteurs á attaque directe (gearless ou sans treuil)	27
I.9 Critère de choix de la motorisation	28
I.10 Sécurité des ascenseurs	29
I.11.1 Les Portes.....	29
I.11.2 La cabine et le dispositif d'élévation de l'ascenseur	29
I.12 Conclusion.....	30
II. CHAPITRE II : Généralités sur les API :	
II.1 Introduction.....	32
II.2 Définition	32
II.3 Architecture des API.....	32
II.3.1 Structure externe de l'automate.....	32
II.3.2 Structure interne de l'automate	33
II.3.2.1 L'unité centrale	33
II.3.2.2 Les coupleurs E/S.....	33
II.3.2.3 Les périphériques et leurs coupleurs.....	33
II.3.2.4 Le câblage des E/S	34
II.4 La console de programmation.....	34
II.5 Le langage des API.....	35
II.5.1 Les divers types de langages	35
II.5.2 l'adressage des variables	37
II.6 Les Avantages des API	37
II.7 Les inconvénients des API.....	38
II.8 Critères de choix de l'API	38

II.9 Conclusion	38
III. Chapitre III : Logiciel Unity Pro	
III.1 Introduction	40
III.2 Définition.....	40
III.3 L’interface utilisateur	40
III.4 Navigateur de projet	41
III.4.1 Vue structurelle	41
III.4.2 Vue fonctionnelle	42
III.5 Formats de fichier d’application d’utilisateur et de projet	42
III.6 Configuration réseau	42
III.7 Fonctionnalités de base de Unity Pro XL.....	44
III.7.1 Création d’un nouveau projet et déclaration dd Rack automate	44
III.7.2 Déclaration de la configuration matérielle de l’automate.....	45
III.7.3 Déclaration des variables E/S.....	46
III.8 Création du grafcet	48
III.9 Génération et transfert du programme vers l’automate	58
III.10 Supervision du projet.....	60
III.10.1 Définition	60
III.10.2 Les taches de notre supervision.....	60
III.10.3 Réalisation de la supervision.....	60
III.11 Conclusion.....	64
IV. Chapitre IV : Programmation et commande de l’ascenseur	
IV.1 Introduction.....	66
IV.2 Description de l’équipement	66
IV.2.1 Partie opérative	67
IV.2.2 Partie commande.....	68
IV.3 Les entres et sorties E/S	68
IV.3.1 Capteurs	69
IV.3.2 Commandes manuelles	69

IV.3.3 Actionneurs et afficheurs	70
IV.4 Cahiers de charges	71
IV.4.1 Cahier de charge simple.....	71
IV4.1.1 Conditions initiales	71
IV.4.1.2 Fonctionnement	71
IV.4.1.3 Réalisation	71
IV.4.2 Cahier de charge de difficulté moyenne	73
IV.4.2.1 Conditions initiales.....	73
IV.4.2.2 Fonctionnement	73
IV.4.2.3 Grafcet	74
IV.4.2.4 Réalisation	75
IV.4.3 Cahier de charge final.....	85
IV.4.3.1 Fonctionnement	85
IV.4.3.2 Grafcet	86
IV.4.3.3 Réalisation	86
IV.5 Supervision.....	97
IV.6 Conclusion	97
Conclusion générale.....	98
Bibliographie.....	99

Liste des figures :

Chapitre I : Généralités sur les ascenseurs :

Figure I.1 schéma illustratif du principe des pompes hydrauliques	20
Figure I.2 différents ascenseurs hydraulique	21
Figure I.3 ascenseur à moteur à attaque directe.....	22
Figure I.4 ascenseur à moteur treuil	22
Figure I.5 schéma de principe de fonctionnement d'un ascenseur à traction	23
Figure I.6 moteur-treuil à vis sans fin.....	25
Figure I.7 moteur-treuil planétaire	26
Figure I.8 moteur à attaque directe	27

Chapitre II : Généralités sur les API

Figure II.1 Automate modulaire	32
Figure II.2 Automate Compacte	32
Figure II.3 Exemple de câblage des sorties sur un API.....	34
Figure II.4 Exemple de programmation booléenne	35
Figure II.5 Exemple de grafcet à 3 états.....	36
Figure II.6 Exemple de programmation mnémonique.....	37

Chapitre III : Logiciel Unity Pro

Figure III.1 interface utilisateur.....	40
Figure III.2 Navigateur de projet.....	41
Figure III.3 Création d'un réseau.....	43
Figure III.4 fenêtre réseau	43
Figure III.5 Grafcet Ascenseur + ouverture/fermeture des portes.....	44
Figure III.6 Choix Automate	44

Figure III.7 Choix Racks Automate	45
Figure III.8 Déclaration des variables E/S	46
Figure III.9 Création D'une nouvelle section	48
Figure III.10 Création d'une section SFC	49
Figure III.11 Grafctet SFC	49
Figure III.12 Création d'une étape initiale.....	44
Figure III.13 création d'une section LD.....	50
Figure III.14 Accéder à la bibliothèque de types.....	51
Figure III.15 Déclaration d'un temporisateur	51
Figure III.16 Déclaration du SET/RESET des bascules	53
Figure III.17 Création d'une transition	55
Figure III.18 Sauvegarder le projet.....	58
Figure III.19 Générer le projet	59
Figure III.20 Connexion avec l'automate	59
Figure III.21 Transfer du projet	59
Figure III.22 Basculer au mode simulation	60
Figure III.23 Création d'un écran d'exploitation	61
Figure III.24 Accéder à la bibliothèque des écrans d'exploitation	61
Figure III.25 Bibliothèque des écrans	62
Figure III.26 Images de la supervision.....	63
Figure III.27 Supervision du projet.....	63
Figure III.28 Programmation de l'apparition/disparition de l'image	64

Chapitre IV : Programmation et commande de l'ascenseur

Figure IV.1 Notre ascenseur	66
Figure IV.2 : Socle support de l'ascenseur	67
Figure IV.3 notre automate M340	68
Figure IV.4 Grafcet Projet 2.....	74
Figure IV.5 Grafcet projet 3.....	86
Figure IV.6 Ecran de supervision	97

Liste des tableaux :

Chapitre I : Généralités sur les ascenseurs :

Tableau I.1 : Classification des ascenseurs par charge et vitesse 18

Chapitre II : Généralités sur les API

Tableau II.1 Eléments du langage Ladder 33

Tableau II.2 Adressage des variables E/S 37

Chapitre III : Logiciel Unity Pro

Tableau III.1 : Contenu de l'interface utilisateur..... 41

Tableau III.2 : Comparaison entre les types de fichiers Unity Pro 42

Tableau III.3 : Variables d'entrée du projet..... 46

Tableau III.4 : Variables de sortie du projet..... 48

Tableau III.5 : Liste des images et leur variables d'apparition..... 64

Chapitre IV : Programmation et commande de l'ascenseur

Tableau IV.1 : Liste des capteurs 69

Tableau IV.2 : Liste des commandes manuelles 69

Tableau IV.3 : Liste des actionneurs et afficheurs 70

Abréviations :

API : Automates programmables industriels

FBD : Functional Block Diagram.

.STU : Format des fichiers de travail de Unity Pro.

.STA : Format de fichier d'archive

.XEF : Format de fichier (résultant d'un export de l'application) qui permet d'échanger les programmes applicatifs entre PC en conservant les options de Unity Pro.

CPU : *central processing unit*

TOR : tout ou rien

DDI : Discrète input

DDO : Discrete output

EDT : Elementary Data Type

Grafcet : Graphe Fonctionnel de Commande Etapes/Transitions

E/S : Entre/Sortie

SFC : Sequential function char

LD : Ladder

WINCC : Windows contrôle center

Introduction générale :

Pour pouvoir obtenir le diplôme d'ingénieur en automatique, l'ENP a proposé le sujet d'étude, commande et supervision d'un ascenseur didactique a 5 étages par API M340 en utilisant Unity Pro.

Ce travail aura pour objectif la réalisation d'un programme de commande et de la supervision de l'ascenseur en utilisant Unity Pro.

Ce mémoire est organisé autour de quatre chapitres : Les généralités sur les ascenseurs, Les généralités sur les API, Le logiciel Unity Pro et pour finir nous allons réaliser notre cahier de charge final dans le dernier chapitre qui est la programmation et commande de l'ascenseur.

Chapitre I :

Généralités sur les

ascenseurs

I.1 Introduction :

Le besoin humain le plus évident auquel vient répondre l'ascenseur est la connexion ou la mobilité. Les inventions précédentes issues de la Révolution industrielle ont facilité le déplacement d'objets ou de personnes, mais les ascenseurs n'étaient pas jugés assez sûrs pour être utilisés quotidiennement jusqu'à l'Exposition universelle de 1853-54 organisée au Crystal Palace de New York.

De nos jours l'ascenseur est un appareil qu'on peut trouver partout, il est devenu un appareil nécessaire dans tous les immeubles modern a plusieurs étages pour que l'homme puisse se déplacer en toute facilité et sécurité entre les étages.

A travers ce chapitre nous allons parler de cette appareil révolutionnaire, son historique de développement, ces différents composants et les différents types d'ascenseurs et enfin en va voir les critères de choix de l'ascenseurs.

I.2 Définition de l'ascenseur :

Un ascenseur peut se définir comme un appareil élévateur vertical destiné au transport des personnes ou des charges entre différents étages d'un immeuble. Il possède une cabine qui est entraînée par un moteur électrique avec d'un câble métallique.

On distingue techniquement trois types d'appareils :

- Les ascenseurs destinés à être utilisé par des personnes.
- Les Monte-charge destiné aux marchandises, sa cabine n'est pas accessible à des personnes etles dimensions diffèrent. Ces dimensions sont comme suite :
 - Surface = 1m^2
 - Profondeur = 1m
 - Hauteur = 1,20m Une hauteur de plus de 1,20m peut toutefois être admise si la cabine comporte plusieurs compartiments fixes répondant chacun aux conditions ci- dessus.
- Les Monte-charge industriel qui sont destinés aux marchandises uniquement. [1]

I.3 Historique :

En 236 avant J.C., Archimède, grand scientifique et mécanicien de l'époque, élabore un treuil comportant des poulies et des cordes, ces derniers s'enroulaient sur un tambour actionné par un ou plusieurs hommes.

Au Moyen-âge ces treuils servaient à monter des personnes et des biens dans des endroits isolés, tels que les monastères ex. le monastère de Saint-Barlaam, en Grèce.

En 1845, Sir William Thompson innove le premier élévateur hydraulique.

Le 23 mars 1857, Otis inaugure le **premier ascenseur** du monde, dans un magasin de porcelaine et de verrerie française, à New York. Le bâtiment de cinq étages est doté d'un ascenseur qui fonctionnait grâce à une série d'arbres et de courroies entraînés par une centrale à vapeur.

En 1868, grâce aux dispositifs de **sécurité** si élaborés qu'Otis avait inclus dans leurs ascenseurs à vapeur, les étages supérieurs prirent plus de valeur.

En 1878, Otis proposa deux nouveaux produits : un ascenseur hydraulique très rapide (de 3 à 4 m/s) et un système de parachute actionné par un limiteur de vitesse.

En 1880, l'Allemagne invente le premier **ascenseur électrique**.

En 1889, dû aux efforts conjoints de Léon Edoux et des frères Otis - qui ont succédé à leur père - la Tour Eiffel est inaugurée avec un ascenseur d'hauteur de 160,40 mètres vitesse de 80 cm/s.

En 1924 un ascenseur sans liftier (machiniste) apparaît, exigeant donc l'automatisation de ce dernier **ainsi que les dispositifs de sécurité**. [2] [3]

I.4 Les bases de classification des Ascenseurs :

1) Selon la charge et la vitesse :

On distingue quatre types :

Type d'ascenseur	La charge	La vitesse
Ascenseur des passagers	500 à 1000 kg	0,7 à 1,4m/s
Ascenseurs rapides des passagers	1000 et 1600kg	2 et 4 m/s
Ascenseurs des petites charges	100 à 160kg	0,5 m/s
Ascenseurs des charges	500, 1000, 2000, 3200 et 5000kg	0,25 et 0,5 m/s

Tableau I.1 : Classification des ascenseurs par charge et vitesse

2) Suivant la constitution des machines de traction :

Les machine de traction peuvent être à entraînement direct sans ou avec réducteur de vitesse.

- Machines de traction sans réducteur de vitesse : L'utilisation ces machines permet d'absorber le bruit du moteur, et donc de diminuer les pertes énergétiques.
- Machines de traction avec réducteur de vitesse : Elles sont constituées d'un moteur à courant continu. L'axe de ce dernier est relié directement à l'élément de traction (poulie on enroulement), qui tourne à la même vitesse du moteur. la vitesse est généralement supérieure à 1,8 m/s.

Dans ce genre de machines, l'axe extérieur de réducteur est relié d'une part à l'axe de l'élément de traction, et d'une autre au moteur.

3) Suivant les éléments de traction :

On distingue trois éléments de traction :

- La poulie d'adhérence :

Le moment de traction du moteur entraine la poulie d'adhérence a travers le réducteur de vitesse (si existant) pour entrainer les câbles.

- L'enroulement :

Il existe deux types d'enroulement :

- Enroulement a un seul côté.
- Enroulement à deux côtés.

- Le mouflage :

C'est un ensemble de poulies fixes et mobiles utilisées pour diminuer la force sur les câbles de traction et donc sur la poulie d'adhérence et le moteur. Ceci permet d'augmenter la charge du moteur. [4]

I.5 Les différents types d'ascenseurs :

Il y'a trois types d'ascenseurs :

1) Ascenseur De Charge :

Ce genre d'ascenseur est utilisé pour transporter de lourdes charges en milieu commercial ou industriel. Les cabines sont réservées au personnel et souvent d'une grande envergure. Leurs vitesses sont plus faibles afin permettre au moteur d'avoir une force suffisante.

2) Le Monte-Charge :

Le monte-charge est conçu aux pour le transport des marchandises sans voyageur.

Ces éléments sont différenciés et adaptés à leurs milieux, car ils ne nécessitent pas les mêmes sécurités. Or que si les déplacements sont commandés depuis l'intérieur de la cabine par boutons d'étages, ceci est considéré comme un ascenseur pour personnes et donc doit répondre à des mesures de sécurités plus strictes.

3) Ascenseur Accessible aux personnes :

Un ascenseur accessible aux personnes est caractérisé par sa sécurité et confort. C'est ceux qu'on trouve dans les bâtiments publics, privés et mêmes des maisons. [3]

I.6 Catégories D'ascenseurs :

I.6.1 Les Ascenseurs hydrauliques :

I.6.1.1 Principe de fonctionnement :

Au sein de la machine hydraulique l'huile est mis sous pression par la pompe, ce qui pousse le piston hors du cylindre vers le haut. Lorsqu'une commande de descente est programmée, le bypass (vanne) de la pompe permettent la sortie de l'huile du cylindre vers le réservoir. [5]

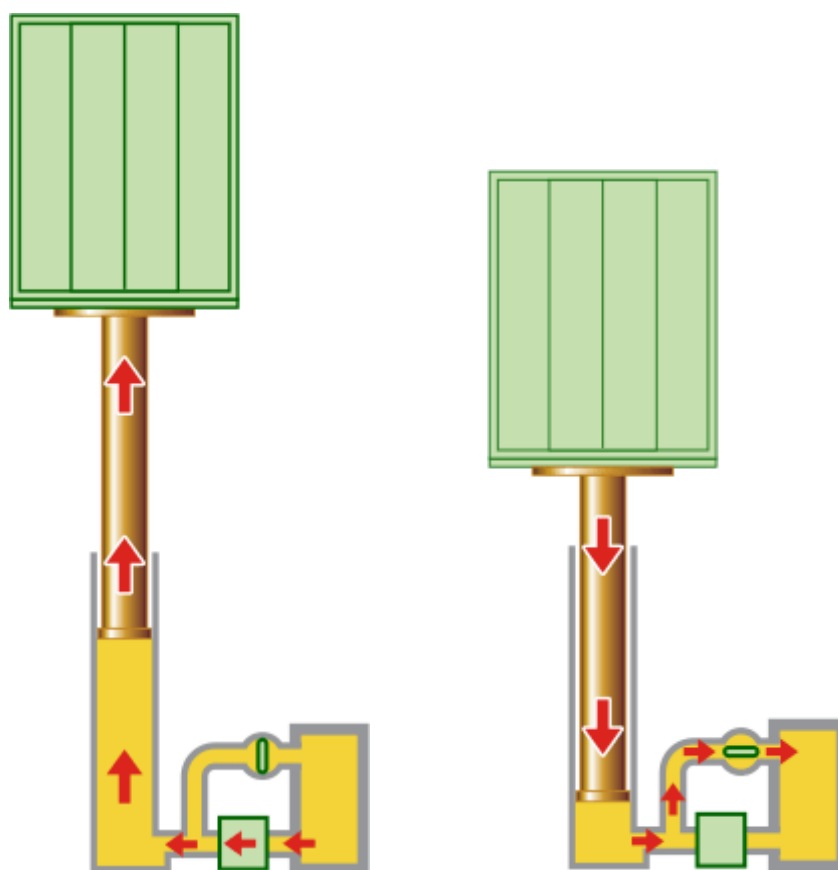


Figure I.1 schéma illustratif du principe des pompes hydrauliques

I.6.1.2 Description :

Dû à leurs consommations énergétiques élevée, les ascenseurs hydrauliques ne sont utilisés que pour les déplacements relativement courts de l'ordre de 15 à 18 m maximum.

Plusieurs modèles existent sur le marché. On citera les ascenseurs hydrauliques :

- À cylindre de surface,
- À cylindre enterré,
- Télescopiques à cylindre de surface. [4]

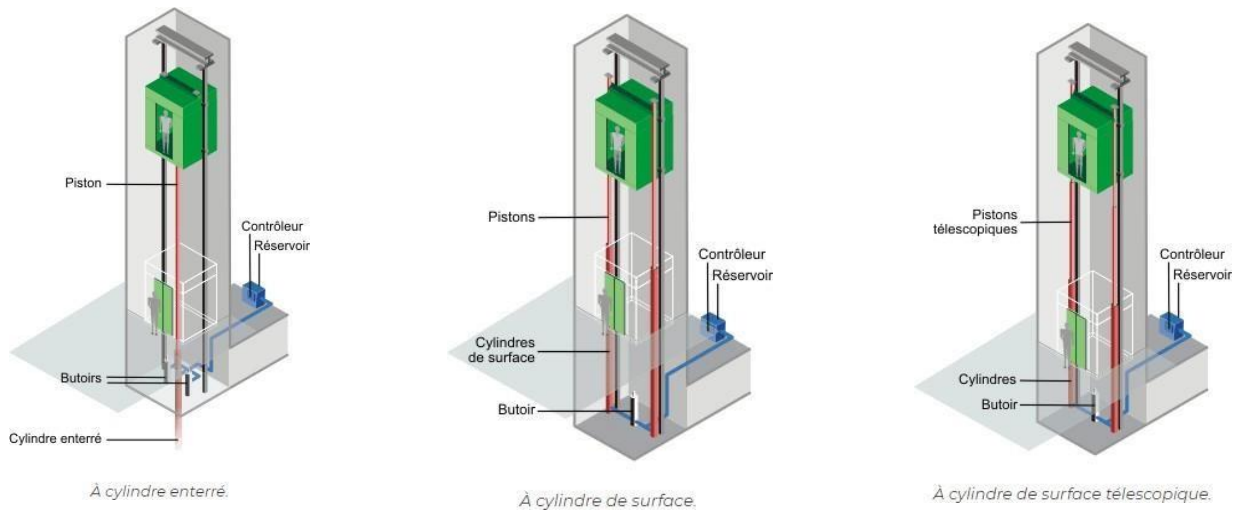


Figure I.2 différents ascenseurs hydraulique

Les ascenseurs hydrauliques se composent principalement de :

- D'une cabine,
- De guides,
- D'un ensemble pistons-cylindres hydrauliques placé sous la cabine de l'ascenseur,
- D'un réservoir d'huile,
- D'un moteur électrique accouplé à une pompe hydraulique,
- D'un contrôleur,

Les différents modèles permettent de tenir compte de critères :

- De place,
- De hauteur de l'immeuble à desservir,
- De la stabilité du sol et du sous-sol,
- De risque de pollution par rapport au sol et plus spécifiquement aux nappes phréatiques,
- D'esthétique, [4]

I.6.1.3 Les Avantages de l'ascenseur hydraulique :

- Un niveau de déplacement précis (mise à niveau) ;
- Le réglage facile de la vitesse du déplacement ;
- Ils ne nécessitent pas de cabanon de machinerie ;
- Facilement implementé dans les immeuble déjà existant ; [4]

I.6.1.4 Les Inconvénients de l'ascenseur hydraulique :

- Course verticale limitée à une hauteur entre 15 et 18 m ;
- Risque de pollution des sous-sol ;
- Consommation énergétique élevée ;
- Ils nécessitent un renforcement de la dalle de sol ; [4]

I.6.2 Les Ascenseurs à tractions à câbles :

I.6.2.1 Description :

Les ascenseurs à traction à câbles sont le type le plus répandu. On les trouve notamment dans les bâtiments tertiaires.

Ils se différencient entre eux selon le type de motorisation :

- À moteur-treuil à vis sans fin,
- À moteur-treuil planétaire,
- À moteur à attaque directe (couramment appelé “Gearless” ou sans treuil), [4]

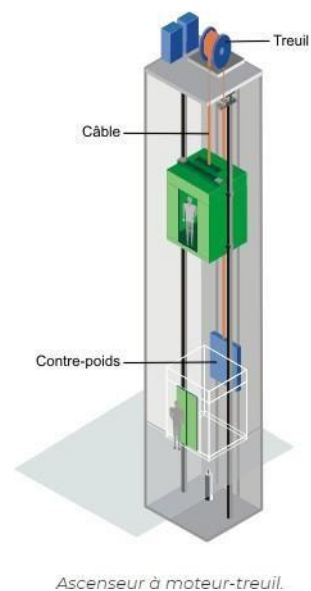
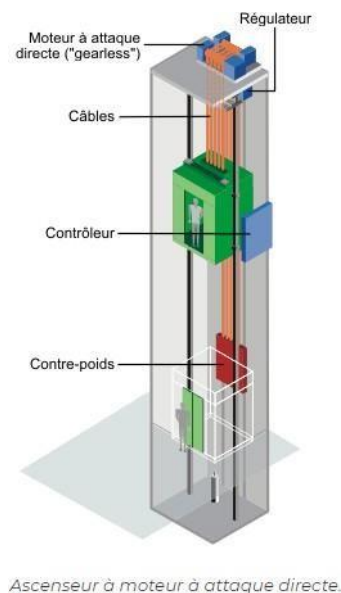


Figure I.3 ascenseur à moteur à attaque directe

Figure I.4 ascenseur à moteur treuil

Quel que soit le type, les ascenseurs à traction à câbles comprennent généralement :

- Une cabine,
- Un contrepoids,
- Des câbles reliant la cabine au contrepoids,
- Des guides,
- Un système de traction au-dessus de la cage de l'ascenseur, [4]

I.6.2.2 Principe de fonctionnement :

Ce type d'ascenseur est doté d'un moteur électrique au niveau de la partie supérieure de la gaine à l'aide duquel il se déplace. La cabine et le contrepoids sont reliés au moyen de la poulie de traction et via des câbles métalliques. Ces derniers sont actionnés par un treuil permettant le mouvement de la cabine et le contrepoids via des câbles contenant des rainures qui empêchent leurs glissements [4]

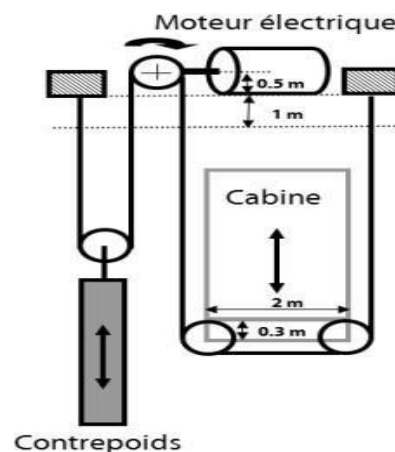


Figure I.5 schéma de principe de fonctionnement d'un ascenseur à traction

I.6.2.3 Les avantages de l'ascenseur à traction à câbles :

- Course verticale illimitée ;
- Selon le type de motorisation, une bonne précision au niveau de la vitesse de déplacement peut être atteinte ;
- Déplacement rapide ;
- Efficacité énergétique importante ;
- Pas de souci de pollution ; [4]

I.6.2.4 Les Inconvénients de l'ascenseur à traction à câbles :

- Généralement, ça nécessite un locale de machinerie en toiture ;
- L'entretien permanent et couteux ;
- Aspect inesthétique du au volume de la machinerie à la toiture ; [4]

I.7 Critère de choix de l'ascenseur :

- Constructifs : comme le nombre d'étages du bâtiment, l'espace disponible au niveau des étages, la disponibilité de l'espace pour une salle des machines au sommet de la gaine, stabilité du terrain, ...
- Organisationnels : comme le type de fonction du bâtiment et son occupation en garantissant une performance de confort et de trafic (rapport charge/vitesse),
- De sécurité : c'est le détail le plus important à considéré
- Énergétique : prenons en considération que la consommation et les appels de puissance doivent être limités, [4]

I.8 Système de motorisation :

Entre l'ascenseur hydraulique et électrique ; on remarque que Les ascenseurs à tractions à câbles dominent le parc machine. De plus, sur le plan énergétique ces moteurs hydrauliques consomment plus et ont des appels de puissance au démarrage beaucoup plus importants pour un rendement assez faibles (de l'ordre de 20 %). à cause de cela qu'on détaillera plus la motorisation de ces derniers [5]

Les ascenseurs à traction à câble se différencient entre eux selon leur système de motorisation:

I.8.1 Moteur-treuil ou moteur à traction :

I.8.1.1 Les moteur-treuil à vis sans fin à une ou deux vitesses :

Les moteurs-treuil avec vis sans fin sont moins utilisés que les moteurs à attaque directe (sans réducteur ou "gearless").

Dans ce type de motorisation, la vis sans fin cause beaucoup de pertes mécaniques qui entraînent des grandes consommations électriques. Les moteurs électrique couplés au treuil à vis sans fin étaient généralement des moteurs à courant continu excitation indépendante ou shunt avec la faculté bien connue de pouvoir faire varier très facilement la vitesse de rotation.

Les moteurs électriques à courant alternatif sont en principe des moteurs à deux vitesses. On peut voir ça lorsqu'on se trouve dans la cabine de moteur treuil a deux vitesses :

- Au démarrage, la vitesse est plus lente
- Pour atteindre la vitesse de déplacement optimale, le moteur passe en seconde vitesse en provoquant un léger choc d'accélération (passage de petite en grand vitesse).

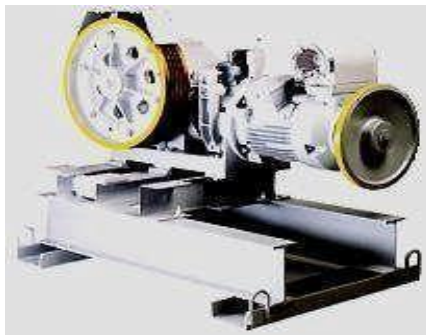


Figure I.6 moteur-treuil à vis sans fin

Ces moteurs ont les principaux avantages et inconvénient qui sont les suivants :

Avantages :

- Couple élevé.
- Grande possibilité de variation de la vitesse.
- Déplacement et régulation de vitesse précis.

Inconvénients :

- Il demande un Entretien régulier et important.
- Le rendement énergétique est faible.
- Grande Consommation électrique. [5]

I.8.1.2 Les moteurs-treuil planétaires :

Figure I.7 moteur-treuil planétaire

Les moteurs-treuil planétaire utilisent le système de réduction de vitesse par engrenages planétaires. Ceci permet d'avoir un rapport de réduction confortable ainsi qu'une plage de vitesse adaptée au déplacement souhaitée.

Autant que la performance des moteurs d'entraînement est haute, ce système garantit un rendement mécanique de l'ordre de 97 à 98 % et par conséquent des rendements énergétiques globaux intéressants (de l'ordre de 80 %) [5]

Les réducteurs planétaires peuvent être accouplés à des moteurs électriques :

- À courant continu (grande plage de variation de vitesse),
- À courant alternatif asynchrone à deux vitesses,

À courant alternatif asynchrone commandé par un variateur de fréquence. [5]

Ces moteurs ont les principaux avantages et inconvénient qui sont les suivants :

Avantages :

- Couple important.
- Régulation de vitesse précise
- Déplacement précis

Inconvénients :

- Entretien compliqué et nécessite une bonne formation de la main-d'œuvre. [5]

I.8.1.3 Les moteurs á attaque directe (gearless ou sans treuil) :



Figure I.8 moteur a attaque directe

Ce moteur obtient son nom du fait que la poulie de traction est montée directement sur l'arbre de sortie du moteur et la régulation de vitesse est obtenue grâce à un variateur de fréquence et donc ce système ne nécessite pas un réducteur. Ce moteur est caractérisé par une bonne performance énergétique grâce au variateur de fréquence qui optimise la consommation énergétique, et à l'absence des engrenages qui diminue les pertes mécaniques.

Certains modèles atteignent des rendements énergétiques de l'ordre de 80 %. [5]

Ces moteurs ont les principaux avantages et inconvénient qui sont les suivants :

Avantages :

- Vitesse réglée par le variateur de fréquence.
- Système compact.
- Un minimum de perte mécanique.
- Bruit minimal.

Inconvénients :

- Maintenance difficile à certaines capacités.
- La cage d'ascenseur est difficilement accessible pour les interventions. [5]

I.9 Critère de choix de la motorisation :

Le choix de motorisation est basé sur les 3 critères principaux suivants :

- 1) Le rendement global : Il influence le dimensionnement de l'installation et les consommations futures. Quand le rendement global est grand. On réduit :
 - Le surdimensionnement du moteur et de l'installation électrique.
 - Les consommations énergétiques durant la vie de l'ascenseur
 - Les chutes de tension en ligne perturberont le réseau électrique interne voire externe.

Le rendement global d'une motorisation correspond à :

$$\eta_{\text{global}} = \eta_{\text{elec commande}} * \eta_{\text{elec moteur}} * \eta_{\text{méca réducteur}} * \eta_{\text{méca poulie}}$$

La comparaison entre les moteurs à traction avec réducteur de vitesse, par rapport à ceux sans réducteur démontre que pour une même puissance électrique absorbée, les intermédiaires causent des pertes et par conséquent, réduisent la puissance mécanique disponible à la roue de traction

- 2) Performances énergétiques : celle-ci est déterminé par la gestion des démarrages et des arrêts gérés par le variateur de vitesse. Le variateur de vitesse est un véritable gage de performance énergétique de par :
 - Le confort des utilisateurs grâce à la mise à niveau précise et le démarrage progressif.
 - Le contrôle permanent du couple et de la puissance en optimisant les courants de démarrage et les consommations.
 - La possibilité de renvoyer de l'énergie sur le réseau électrique durant le freinage.
- 3) Le volume des équipements : la limitation de l'espace nécessaire à la machinerie permet une réduction des coûts d'investissement et un gain de place. [6]

I.10 Sécurité des ascenseurs :

Tous bâtiments modernes disposent d'un ascenseur, et la sécurité des usagers de ce moyen de transport est une grande priorité. Pour cela des lois sont en place qui exigent des mises en conformité de tous les ascenseurs en service. Dans cette partie nous détaillerons ces conformités. [7]

I.10.1 Les Portes :

Pour garantir la sécurité des usagers, chaque ascenseur doit avoir :

- Des serrures de verrouillage munies des dispositifs de contrôle de la fermeture et des portes palières. Ils éliminent la possibilité de la réouverture de ces portes lorsque l'ascenseur est en mouvement.
- Un dispositif de détection de présence des personnes, pour protéger contre les coups des portes coulissantes lors de la fermeture.
- Une résistance mécanique suffisante du vitrage de la porte palière. [7]

I.10.2 La cabine et le dispositif d'élévation de l'ascenseur :

De nombreux dispositifs travaillent en arrière-plan pour sécuriser le trajet, c'est les systèmes qui garantissent la sécurité de la cabine et le dispositif d'élévation de l'ascenseur :

- La clôture de protection de la gaine d'ascenseur la sécurise contre toute intrusion. Un maillage de tiges métalliques tressées, pour la fermeture et la protection de la gaine de toute intrusion.
- Le parachute de cabine et le limiteur de vitesse mécaniques qui empêchent l'ascenseur de dépasser la vitesse limite.
- Le dispositif de contrôle de l'arrêt et du maintien à niveau de la cabine. Ce système assure l'accès et sortie des usagers à la cabine sans danger, ainsi que l'accès des personnes handicapées ou à mobilité réduite
- Le dispositif de protection contre la vitesse excessive de la cabine en montée, pour les ascenseurs électriques à adhérence donc la charge maximum est supérieure a 300 kg
- Le système de téléalarme entre la cabine et le service d'intervention, doublé d'un éclairage de secours en cabine. [7]

I.11 Conclusion :

Avec l'avancement de la technologie. Les ascenseurs deviennent rapides et sécurisé pour ces usagers. Ils sont maintenant considéré une nécessité dans tous les bâtiments pour le transport vertical de l'humain. Dans ce chapitre nous avons présenté le principe de fonctionnement des ascenseurs. Aussi nous avons donné les différents types de famille d'un ascenseur, la différence entre ces deux types et leurs avantages et inconvénients, les systèmes de motorisation. Nous avons aussi discuté de la sécurité des ascenseurs.

Chapitre II :
Généralités sur les
Automates
programmables
industriels

II.1 Introduction :

Les automates programmables industrielles A.P.I sont maintenant les stars du monde de l'automatisation. Cela a grande cause de leurs multiples avantages.

Dans ce chapitre nous allons parler des généralités sur les automates programmables. Et nous discuterons aussi des avantages et inconvénients de ces API.

II.2 Définition :

Un API est un dispositif électronique numérique programmable destiné à la commande de processus industriels par un traitement séquentiel. Il envoie des ordres vers les pré actionneurs (partie opérative ou PO côté actionneur) à partir de données d'entrées (capteurs) (partie commande ou PC côté capteur), de consignes et d'un programme informatique. [8]

II.3 Architecture des API :

II.3.1 Structure externe de l'automate :

Les automates peuvent être de type compact ou modulaire.

1) Type compacte :

Ces automates contiennent l'alimentation, les processeurs, les interfaces E/S. Selon le fabricant, il est même possible de réaliser quelque fonction supplémentaire comme le comptage rapide.

2) Type modulaire (Modicon) :

Ce type d'automate mets l'alimentation, le processeur, les E/S dans des unités différentes. Ils sont fixés sur un ou plusieurs racks. [9]



Figure II.1 Automate modulaire



Figure II.2 Automate Compacte

II.3.2 Structure interne de l'automate :

Les API sont constitués principalement de 3 parties :

II.3.2.1 L'unité centrale :

L'UC est caractérisé par son processeur et sa mémoire centrale.

1) Le processeur :

Il gère le fonctionnement de l'API et exécute les programmes. Il réalise toutes les fonctions logiques, arithmétiques et de traitement numérique.

Les processeurs sont actuellement réalisés par des microprocesseurs.

2) La mémoire centrale :

La mémoire d'un automate comporte une zone programme, une zone donnée et une zone réservée à la monétarisation. [9]

II.3.2.2 Les coupleurs E/S :

Les coupleurs d'entrées/sorties sont des cartes électroniques qui assurent la liaison entre l'UC de l'automate programmable et la Partie Opérative

Les coupleurs d'entrées reçoivent les signaux des capteurs et des commandes de l'opérateur.

Les coupleurs de sorties reçoivent les signaux de l'UC. Ils les amplifient et les rendent compatibles avec les pré-actionneurs commandés.

Les A.P.I. possèdent plusieurs E/S :

- E/S TOR.
- E/S numérique.
- E/S analogique.... [9]

II.3.2.3 Les périphériques et leurs coupleurs :

Ces périphériques sont divers. Les principaux sont les suivants :

- Mémoire de masse.
- Imprimantes

Ces périphériques sont en général reliés sur la console de programmation et rarement directement sur l'automate. Ils gèrent une transmission soit série soit parallèle. Leurs liaisons sont de deux types :

- Soit par des ports d'E/S de l'automate.
- Soit par une interface spécialisée appelée module ou cartes de communication (Ethernet ...) assurant une transmission normalisée à travers des bus de terrain. [9]

II.3.2.4 Le câblage des E/S :

1) Branchement des Entrées TOR :

L'alimentation des capteurs peut être fournie par l'automate qui est 24VDC généralement.

L'automate dispose généralement d'un commun à toutes les entrées.

2) Branchement des sorties :

Le principe de liaison consiste à envoyer un signal électrique vers le pré-actionneur connecté à la sortie choisie de l'automate dès que l'ordre est émis. L'alimentation électrique est fournie par une source extérieure à l'automate programmable. Les sorties comportent généralement un commun pour 3 ou 4 sorties. Cela permet d'alimenter des pré actionneurs de tensions différentes, sans pour autant effectuer un relaiage. [9]

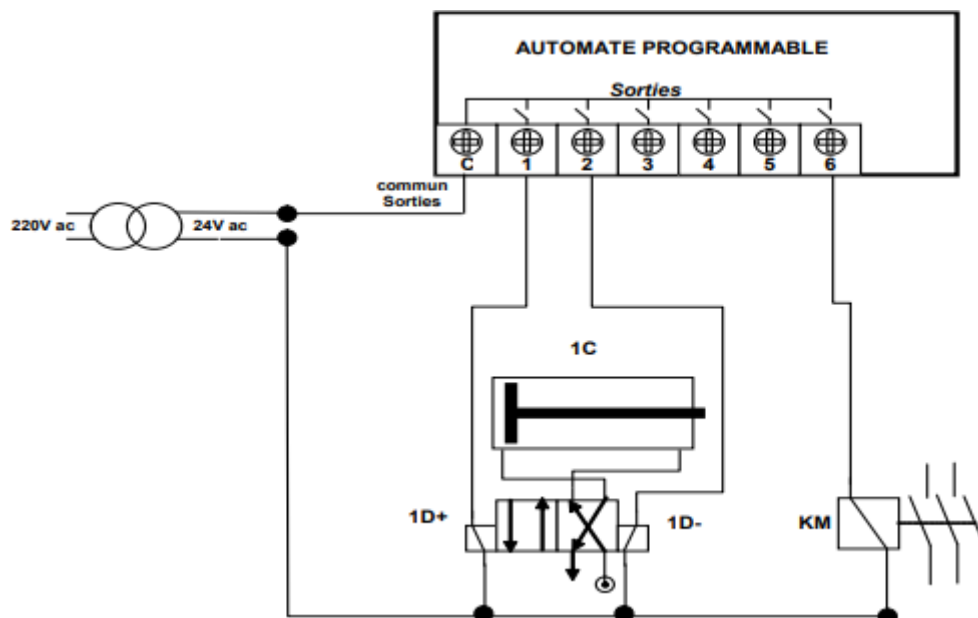


Figure II.3 Exemple de câblage des sorties sur un API

II.4 La console de programmation :

La console de programmation est l'outil qui simplifie l'interaction entre l'utilisateur et la machine. Le rôle principal de la console est de transformer le langage de programmation en instructions exécutables par l'automate. Elle permet lors de la réalisation du programme :

- La simulation pas à pas.
- La détection d'erreur de syntaxe.
- L'introduction, la correction et la modification des programmes (Editeur de textes). [9]

II.5 Le langage des API :

Les langages des A.P.I. sont des langages intermédiaires entre le langage évolué et le langage machine. Ils ont l'avantage d'avoir un jeu d'instructions incluant uniquement les fonctions logiques, par conséquent, cela est plus facile à comprendre par l'utilisateur. [9]

II.5.1 Les divers types de langages :

1) Langage Ladder (LD) :

Appelé aussi langage à relais ou à contact, il a été développé par les américains en pensant qu'il semblerait plus familier aux automaticiens. Ce langage utilise les symboles graphiques tels que : contacts, relais, bobine et blocs fonctionnels. C'est le langage le plus utilisé. [9]

Nom	Élément graphique	Fonction	Nom	Élément graphique	Fonction
Contact à ouverture		Contact passant lorsque l'objet bit de contrôle se trouve à l'état 1.	Bobine directe		L'objet bit associé prend la valeur du résultat de la zone de test.
Contact à fermeture		Contact passant lorsque l'objet bit de contrôle se trouve à l'état 0.	Bobine inverse		L'objet bit associé prend la valeur du résultat inverse de la zone de test.
Contact de détection d'un front montant		Front montant : détecte le passage de 0 à 1 de l'objet bit de contrôle.	Bobine d'enclenchement		L'objet bit associé est réglé sur 1 lorsque le résultat de la zone de test est 1.
Contact de détection d'un front descendant		Front descendant : détecte le passage de 1 à 0 de l'objet bit de contrôle.	Bobine de déclenchement		L'objet bit associé est réglé sur 0 lorsque le résultat de la zone de test est 1.

Tableau II.1 : Eléments du langage Ladder

2) Langage Booléen (FBD) :

Ce langage utilise les symboles du logigramme. Il peut être facilement traduit en langage machine. [9]

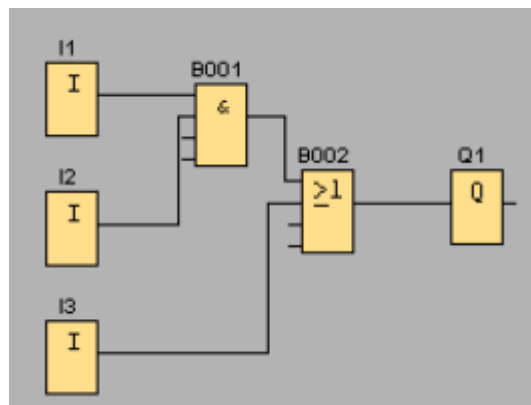


Figure II.4 Exemple de programmation booléenne

3) Le langage GRAFCET (SFC) :

C'est un langage graphique qui permet de tracer directement le schéma Grafcet de l'automatisme considéré. C'est le langage le plus simple à apprendre car il est la copie conforme du grafcet qu'on a réalisé sur papier.

Dans ce cas, pour plus de facilité, on construit un Grafcet a 3 états : [9]

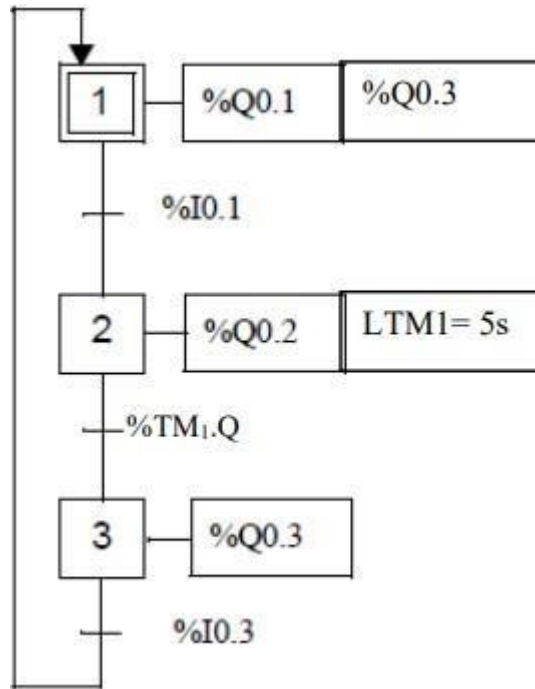


Figure II.5 Exemple de grafcet a 3 états

4) Langage mnémorique (list) :

C'est un langage littéral qui utilise le langage d'assemblage, largement utilisé dans le domaine informatique. [9]

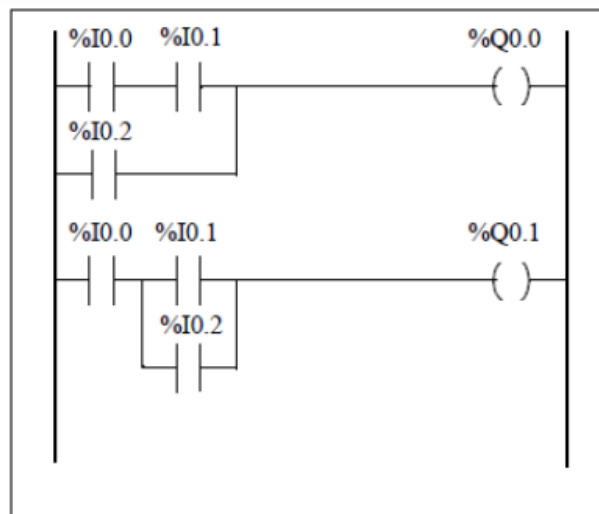


Figure II.6 Exemple de programmation mnémorique

II.5.2 l'adressage des variables :

L'adressage des variables E/S se fait par la règle suivante : [9]

%	I, Q	x	.	y	.	z
Symbole	Type d'objet	Position de l'automate	point	Type d'E/S	point	Numéro de voie

Groupe	Elément	Valeur	Description
Symbole	%	-	Un repère interne doit toujours débuter par un symbole de pourcentage (%).
Type d'objet	I	-	Entrée. « Image logique » de l'état électrique de l'entrée d'un automate ou d'un module d'E/S d'expansion.
	Q	-	Sortie. « Image logique » de l'état électrique de la sortie d'un automate ou d'un module d'E/S d'expansion.
Position de l'automate	x	0 1 - 7	Automate maître (maître de liaison distante). Automate distant (esclave de liaison distante).
Type d'E/S	y	0 1 - 7	E/S de base (E/S locale sur un automate). Modules d'E/S d'expansion.
Numéro de voie	z	0 - 31	Numéro de la voie d'E/S sur l'automate ou le module d'E/S d'expansion. Le nombre de points d'E/S disponibles dépend du modèle de l'automate ou du type du module d'E/S d'expansion.

Tableau II.2 : Adressage des variables E/S

II.6 Les Avantages des API

Les API présentent de nombreux intérêts :

- Simplification du câblage.
- La modification du programme de l'API est facile surtout comparé à la logique câblée.
- La mise en place et la maintenance de l'API est facile et pas très coûteuse.
- Pour les machines spécialisés ou compliqués. L'API offre des fonctions d'automatise spécifiquement intégrées.
- La taille des API est petite et compacte et donc on gagne de beaucoup d'espace en les utilisant. [10]

II.7 Les inconvénients des API :

Malgré que les API sont révolutionnaires. Ils ont quand même quelque inconvénient :

- Le cout. Le prix des API n'est pas fixé car il dépend de plusieurs choses comme le nombres de E/S mais ce qui reste vrai c'est que le prix est toutefois assez cher.
- La Complexité de leur programmation. Or la programmation d'un automate nécessite une assez bonne connaissance de leurs langages. [10]

II.8 Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons parlé des automates programmables, leur architecture, et leur langage de programmation. De cela il est clair qu'ils ont envahie tous les domaines de l'industrie et ils sont indispensable dans l'automatique d'aujourd'hui.

Chapitre III :

Logiciel

Unity Pro

III.1 Introduction :

Après avoir parlé des ascenseurs, leur types, classifications, et tout autre détail pertinent nous allons maintenant dans ce chapitre parler du logiciel Unit Pro qu'on va utiliser pour réaliser notre projet final.

III.2 Définition :

Unity Pro est le logiciel commun de programmation des gammes d'automates Modicon M340, M580, Premium, Momentum et Quantum. Ce logiciel offre les fonctionnalités suivantes :

- Logiciel “tout en un”.
- Il contient 5 langages de programmation.
- Langage de programmation LL 984.
- Il contient la Bibliothèque FBD intégrée et personnalisable.
- Il possède un simulateur automate sur PC pour valider le programme avant installation.
- Tests intégrés (Built-in test) et diagnostic.
- Une grande gamme de services en ligne.
- Cyber sécurité. [11]

III.3 L'interface utilisateur :

Cette interface contient plusieurs fenêtres et barres d'outils qui peuvent être personnalisés au choix personnelle de l'utilisateur [11]

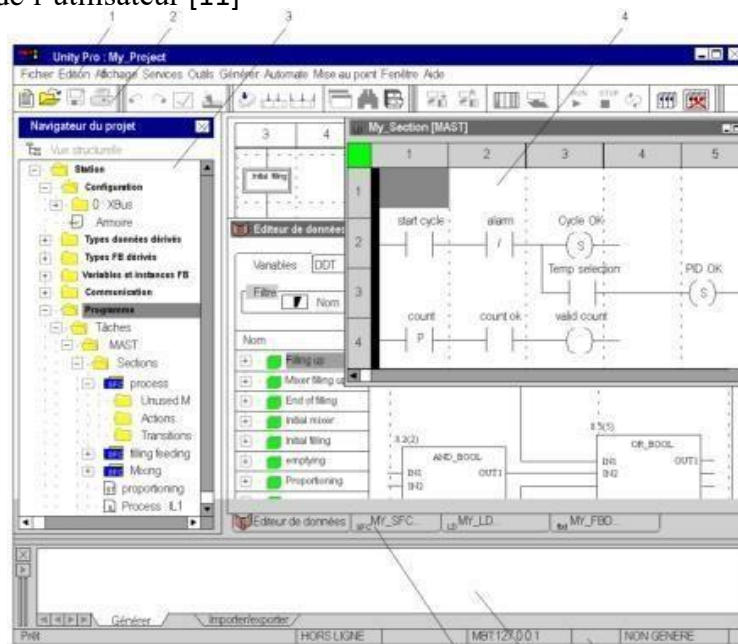


Figure III.1 interface utilisateur

Numéro	Description
1	Barre de menus
2	Barre d'outils
3	Navigateur du projet
4	Fenêtre de l'éditeur
5	Onglets d'accès direct aux fenêtres de l'éditeur
6	Fenêtre d'information
7	Ligne d'état

Tableau III.1 : Contenu de l'interface utilisateur

III.4 Navigateur de projet :

Le navigateur de projet affiche tous les paramètres de notre projet en cours. L'affichage peut être présenté en forme fonctionnelle ou structurelle. [11]

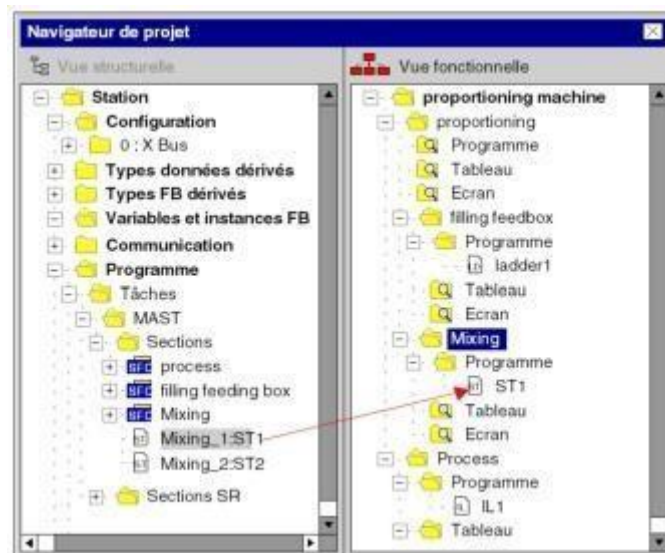


Figure III.2 Navigateur de projet

III.4.1 Vue structurelle

Dans l'affichage structurel, le navigateur de projet donne à l'utilisateur les choix des fonctions suivants :

- Création et suppression d'éléments.
- Affichage des propriétés des éléments.
- Démarrage des différents éditeurs
- Démarrage de la fonction importe/export. [11]

III.4.2 Vue fonctionnelle

Dans l'affichage fonctionnel, le navigateur de projet donne à l'utilisateur les choix des fonctions suivants :

- Création de modules fonctionnels
- Insertion de sections, tables d'animation, par glisser-lâcher à partir de L'affichage structurel
- Création de sections
- Affichage des propriétés des éléments
- Démarrage des différents éditeurs [11]

III.5 Formats de fichier d'application utilisateur et de projet :

Le logiciel Unity Pro gère trois types de fichiers pour le stockage des applications utilisateur et des projets. Le choix du type de fichier utilisé par l'utilisateur dépend de conditions d'utilisation précises.

Les types de fichiers peut être reconnus par leur extension :

*.*STU* : fichier Unity Pro

*.*STA* : fichier Unity Pro Archived Application

*.*XEF* : fichier Unity Pro Application Exchange [11]

Types de fichiers	<i>STU</i>	<i>STA</i>	<i>XEF</i>
Applications binaires	Oui	Oui	Non
Applications sources	Oui	Oui	Oui
Base de données interne	Oui	Non	Non
Taille de fichier	10, voir (1)	0,03, voir (1)	3
Temps d'enregistrement (comparatif)	10	1.6	6
Temps d'ouverture	1	10	10
Connexion à l'automate en mode connecté égal	Possible	Possible	Impossible, voir (2)
Sauvegarde du fichier	Possible	Possible, voir (3)	Possible

Tableau III.2 : Comparaison entre les types de fichiers Unity Pro

Remarque : les valeurs de la table représentent le rapport entre les types de fichiers, la valeur du *STU* tenant lieu de référence. [11] [12]

III.6 Configuration réseau

La configuration réseau se fait depuis le dossier communication.

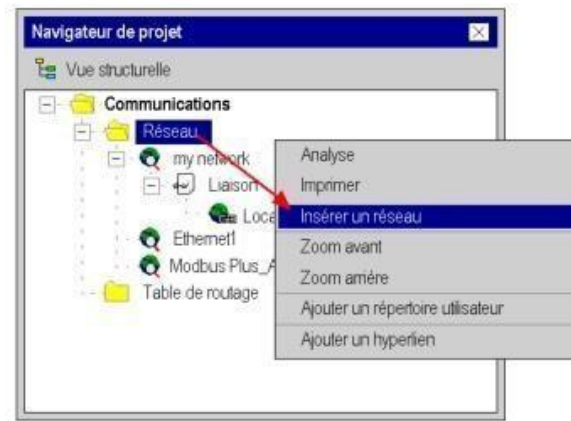


Figure III.3 Création d'un réseau

Le menu contextuel de la configuration réseau permet de faire les fonctions suivantes :

- Création de réseaux
- Analyse du réseau
- Impression de la configuration réseau [11] [12]

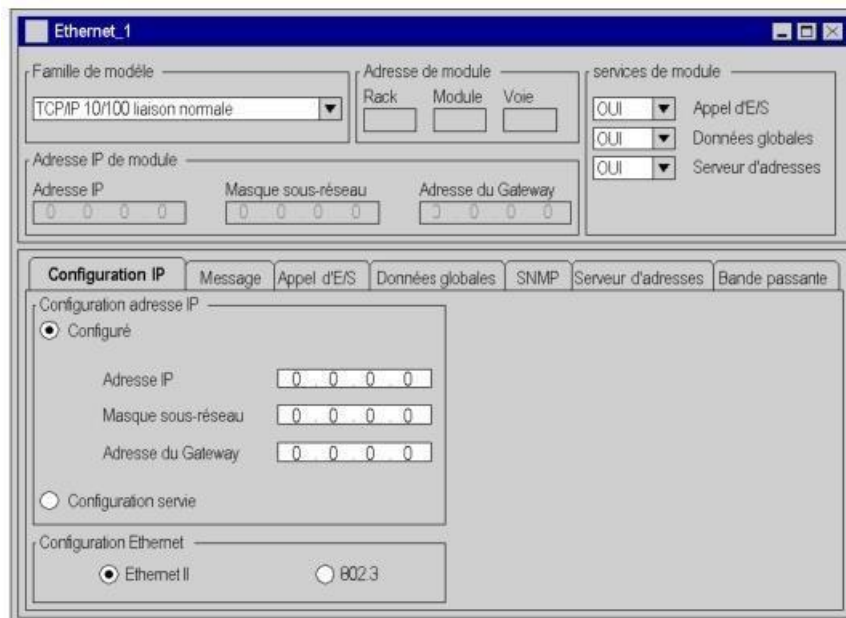


Figure III.4 fenêtre réseau

III.7 Fonctionnalités de base de Unity Pro XL :

Pour démontrer les différentes fonctionnalités du Unity Pro XL nous allons créer le programme qui correspond au grafcet d'un ascenseur a 5 étages suivant :

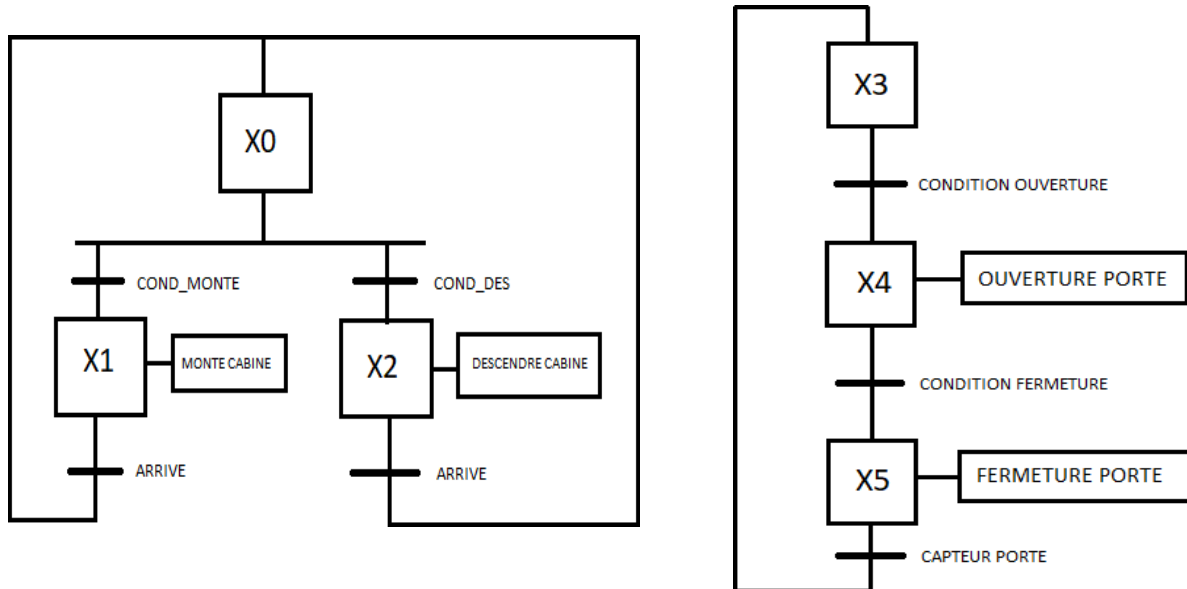


Figure III.5 Grafcet Ascenseur + ouverture/fermeture des portes

III.7.1 Création d'un nouveau projet et déclaration du Rack automate :

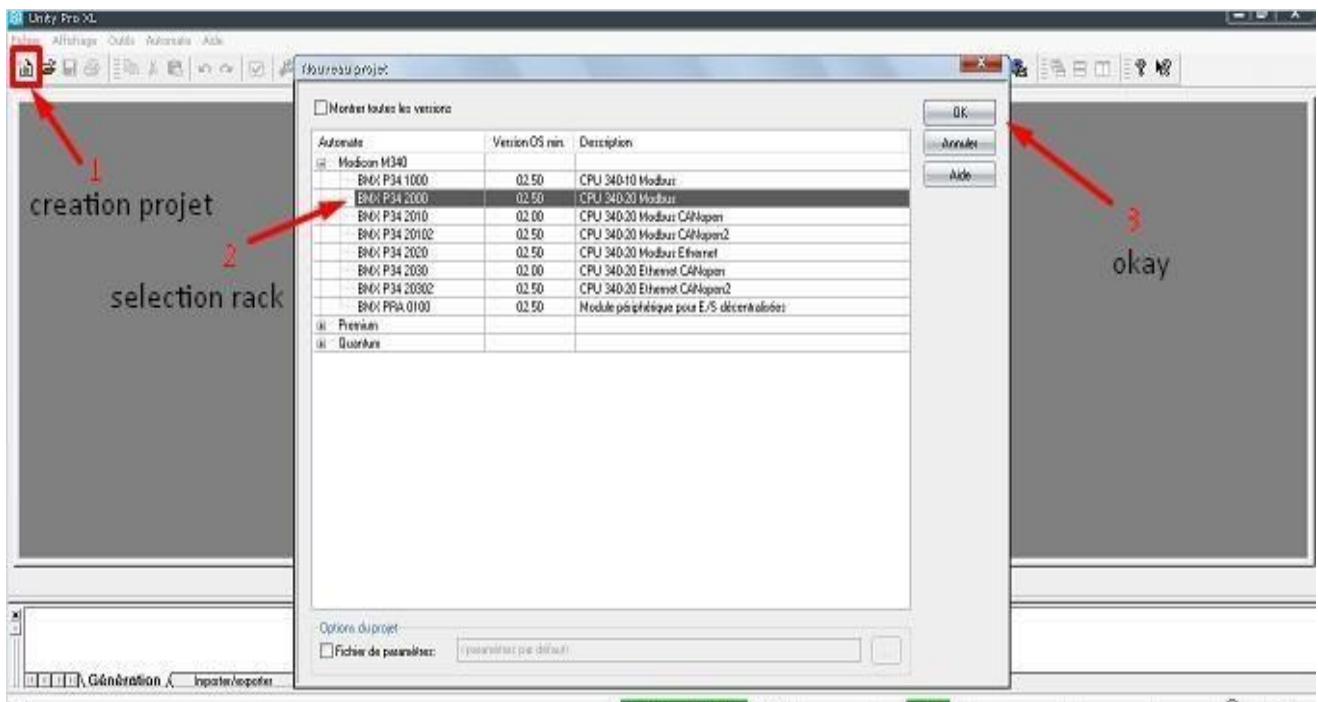


Figure III.6 Choix Automate

III.7.2 Déclaration de la configuration matérielle de l'automate :

L'automate se compose de Rack BMX XBP 0400 / Rack 4 positions.

On met :

- Processeur CPU : BMX P34 2020 avec ports Modbus Ethernet.
- Carte d'entrées TOR : BMX DDI 3202 K
- Carte de sorties TOR : BMX DDO 3202 K

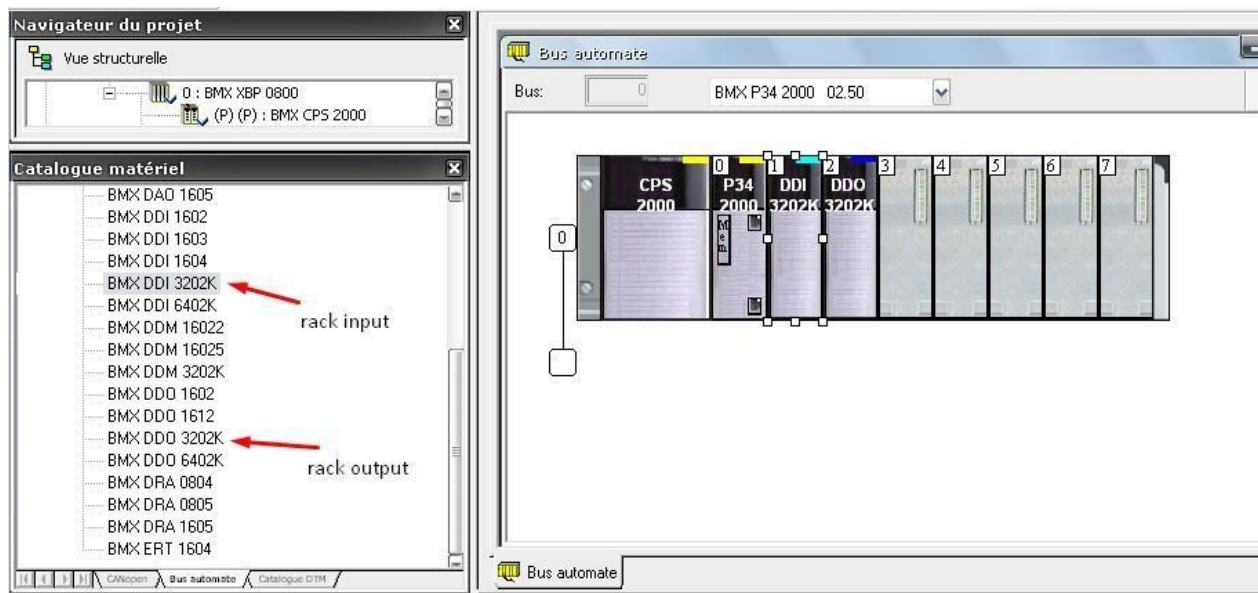


Figure III.7 Choix Racks Automate

III.7.3 Déclaration des variables E/S :

Dans l'arbre "vue structurelle", on click sur l'éditeur de "variable élémentaire" puis dans l'onglet "Variable" on coche la case "EDT", vous pouvez alors sélectionner leur Nom, Type, Adresse et commentaire.

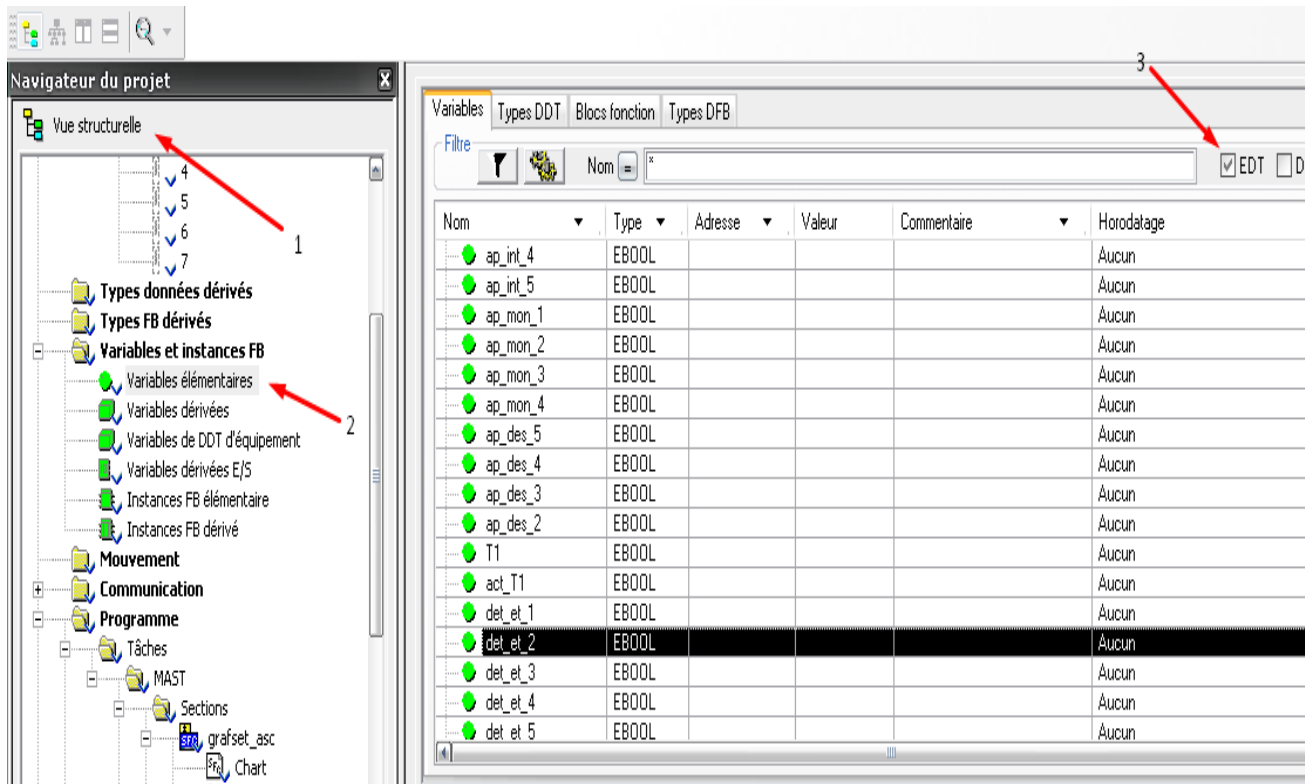


Figure III.8 Déclaration des variables E/S

Nous donnons la liste des E/S :

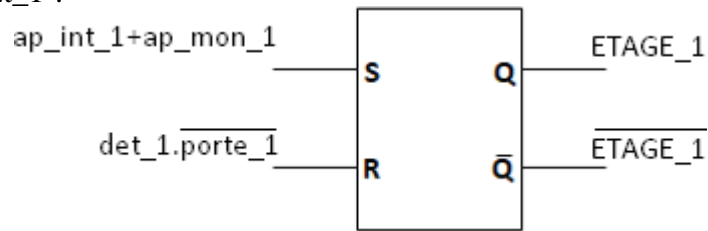
1) Liste des variables d'entrée :

Nom	Type	Commentaire
Ap_des_i (2 à 5)	EBOOL	Appel descente étage i
Ap_mon_i (1 à 4)	EBOOL	Appel monté étage i
Det_i (1 à 5)	EBOOL	Détecteur étage i
Porte_i (1 à 5)	EBOOL	Détecteur porte étage i
Cap_porte	EBOOL	Capteur porte intérieure
Demande_Et_i (1 à 5)	EBOOL	Bascule RS étage i
Ap_int_i (1 à 5)	EBOOL	Appel intérieure étage i

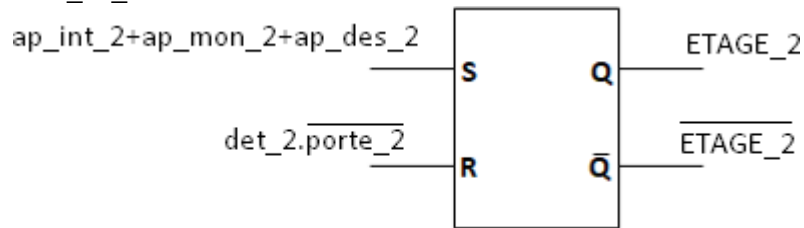
Tableau III.3 : Variables d'entrée du projet

Explication des Bascules RS :

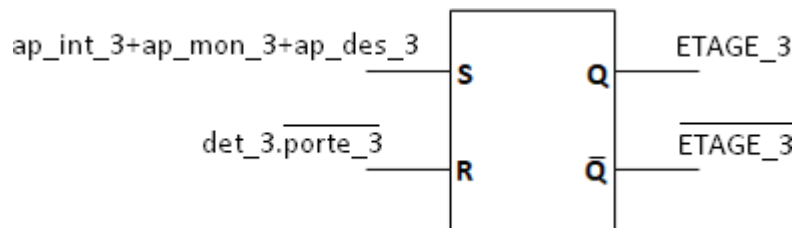
- Demande_Et_1 :



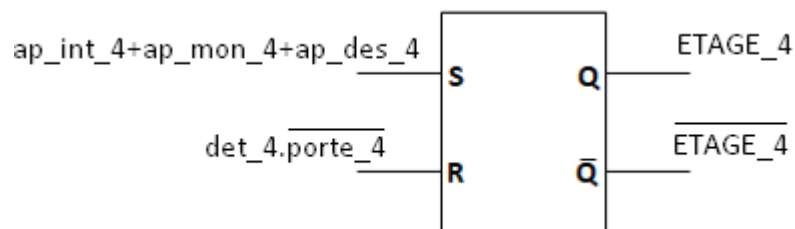
- Demande_Et_2 :



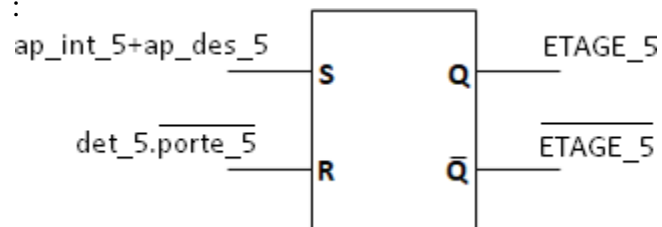
- Demande_Et_3 :



- Demande_Et_4 :



- Demande_Et_5 :



2) Liste des variables de sortie :

Nom	Type	Commentaire
Ouverture_porte	EBOOL	Ouverture des portes
Fermeture_porte	EBOOL	Fermeture des portes
Mon_cab	EBOOL	Monté de la cabine
Des_cab	EBOOL	Descente de la cabine

Tableau III.4 : Variables de sortie du projet

III.8 Création du grafcet :

Dans l'éditeur du programme, créer une nouvelle section dans "Tâche" puis créer un grafcet avec le nom "grafcet_asc" en langage SFC

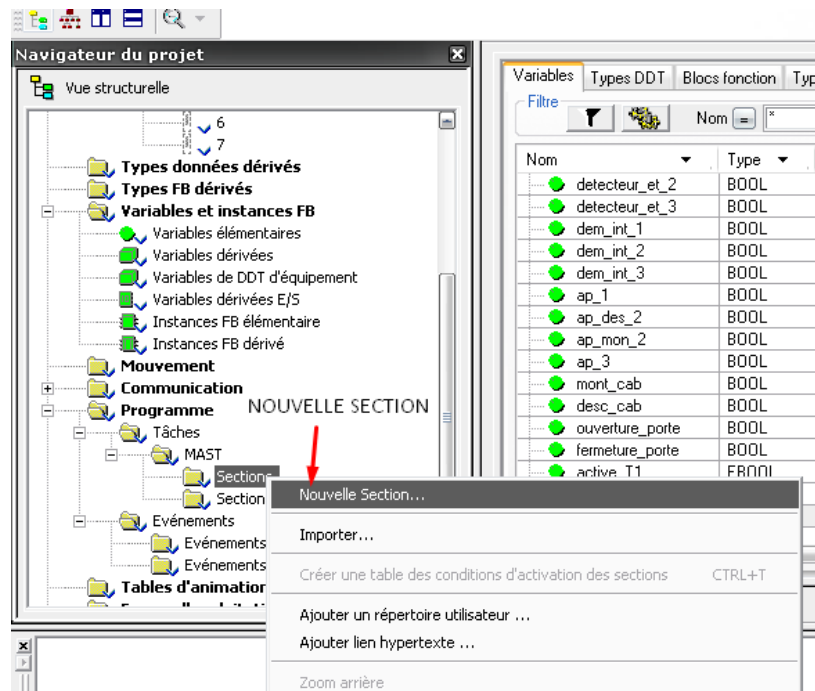


Figure III.9 Création D'une nouvelle section

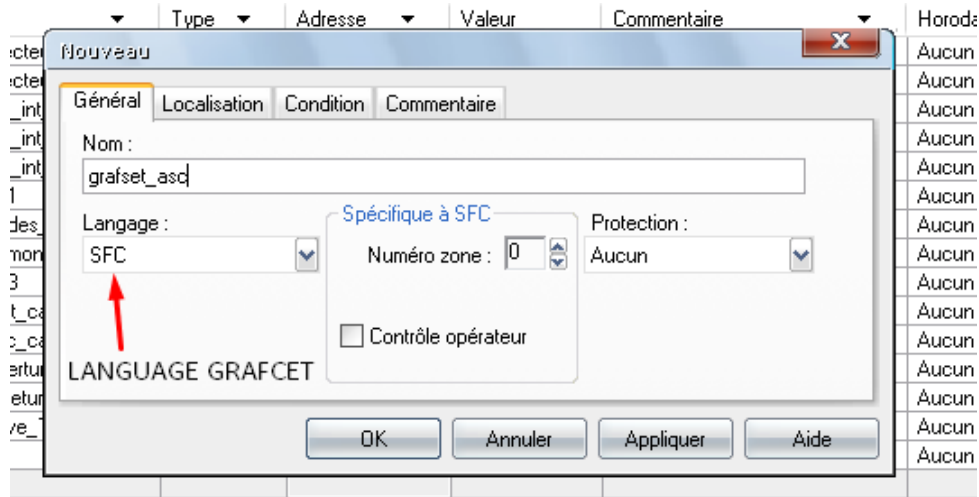


Figure III.10 Création d'une section SFC

Le grafcet crée est le suivant :

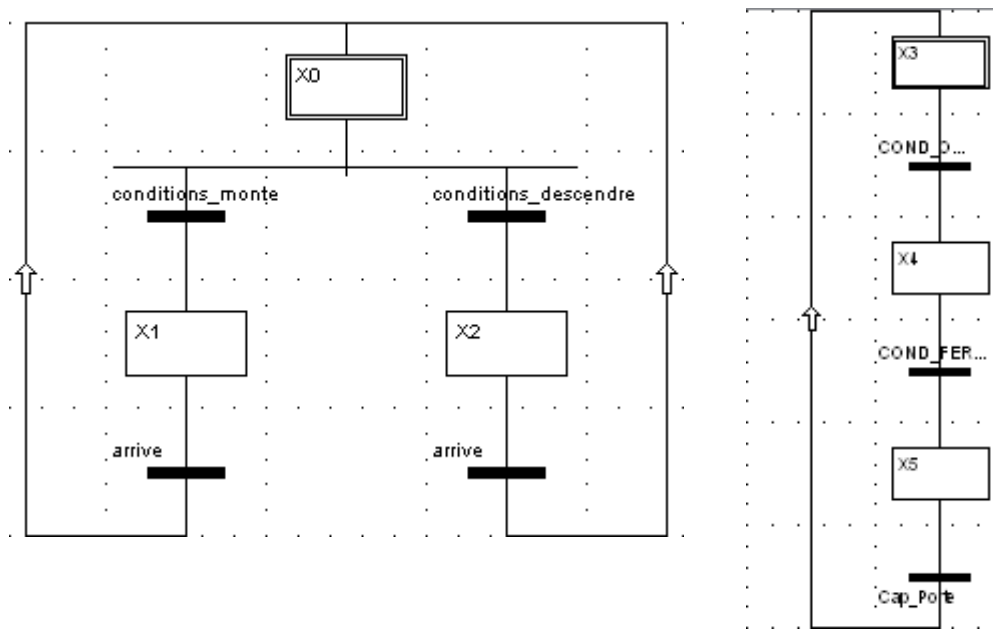


Figure III.11 Grafcet SFC

Il faut mettre X0 et X3 comme étapes initiales du grafcet pour qu'elles s'activent lorsque le programme commence à se dérouler.

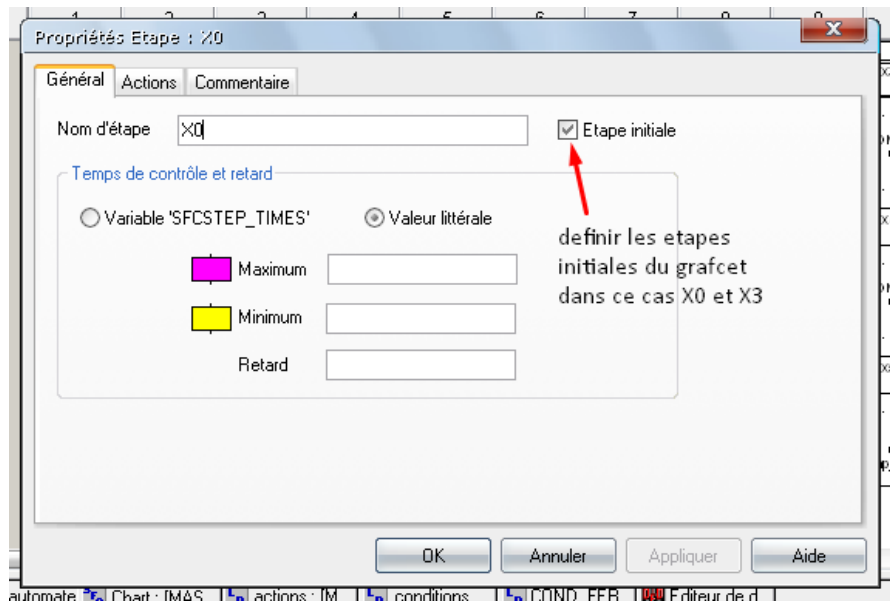


Figure III.12 Création d'une étape initiale

Création des Actions :

Pour programmer les actions il faut créer une nouvelle section en ladder :

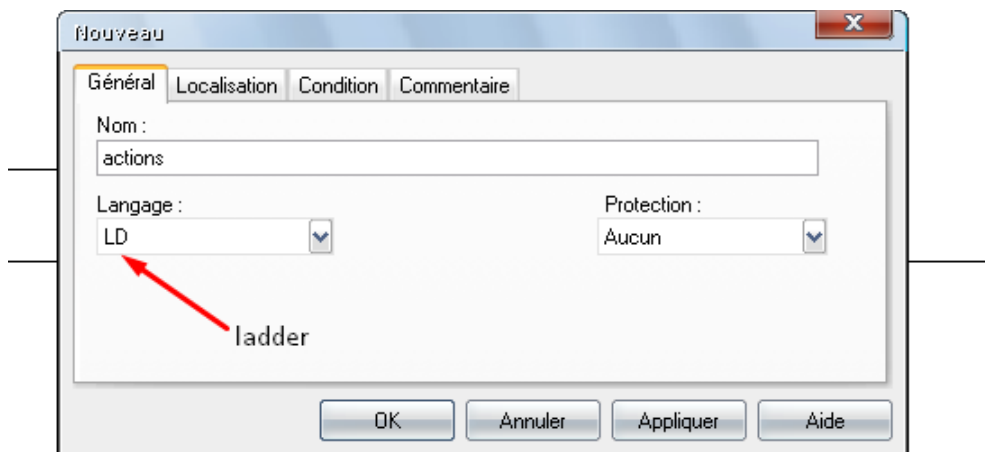


Figure III.13 création d'une section LD

Dans cette nouvelle section nous allons déclarer :

1) Timer (T1) :

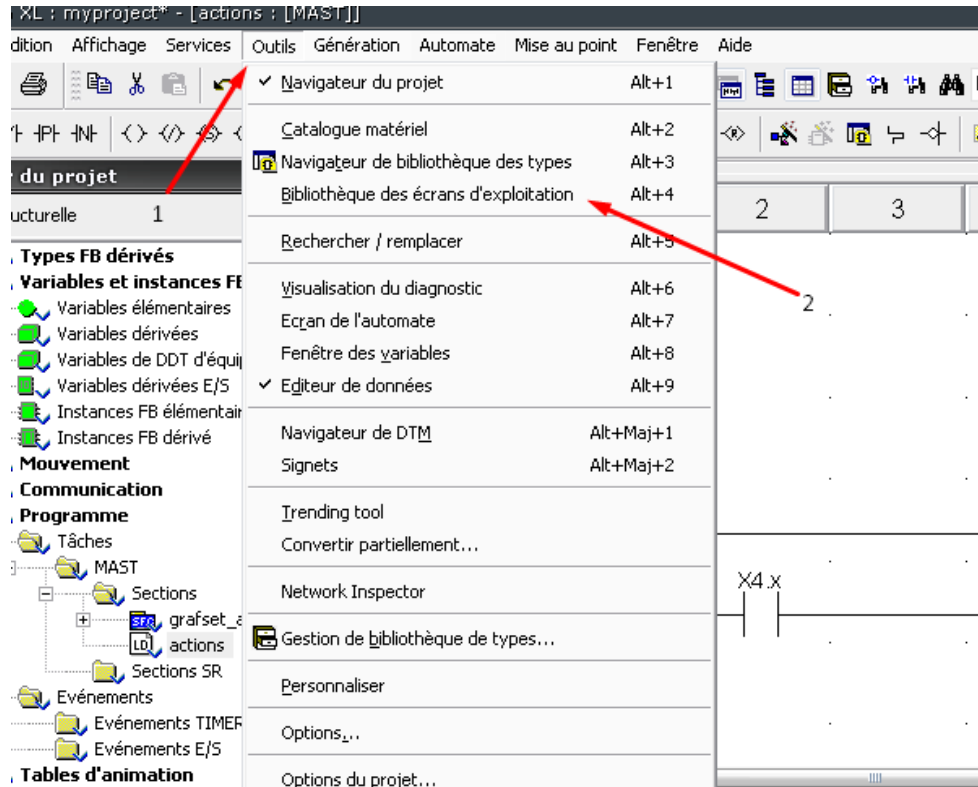


Figure III.14 Accéder à la bibliothèque de types

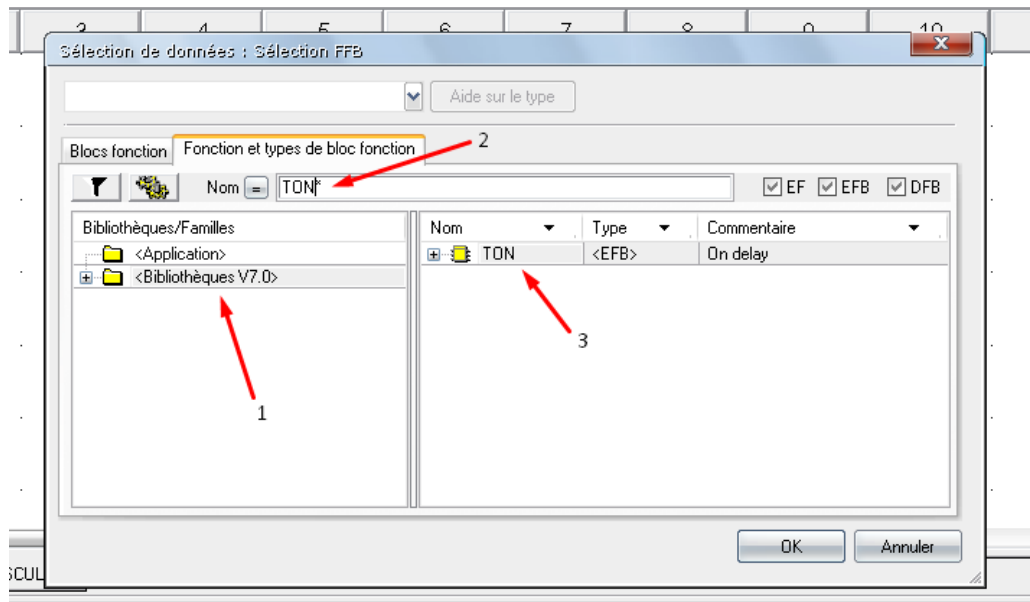
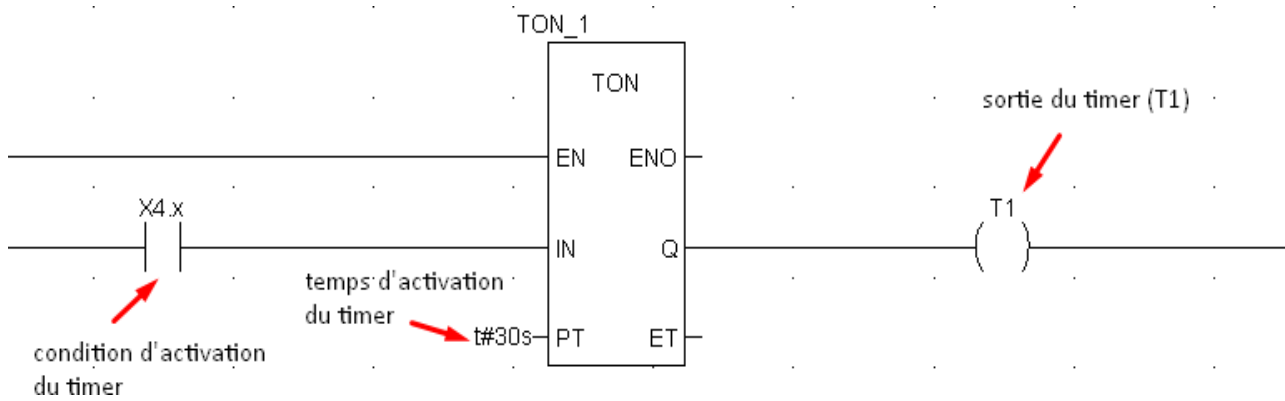
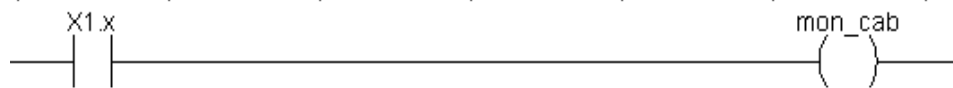


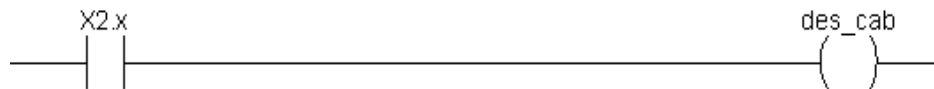
Figure III.15 Déclaration d'un temporisateur



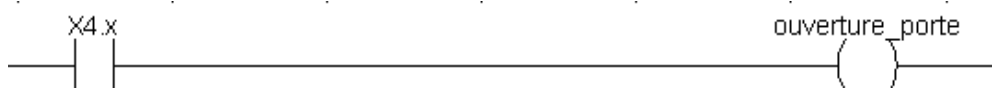
2) Montée de la cabine :



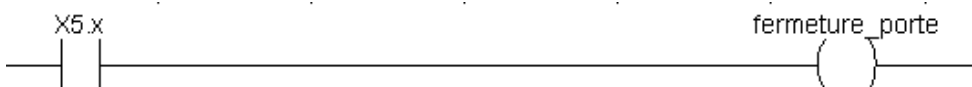
3) Descente de la cabine :



4) Ouverture des Portes :



5) Fermeture des Portes :



6) Bascules RS :

Pour programmer les bascules RS on utilise la barre d'outils en haut du logiciel :

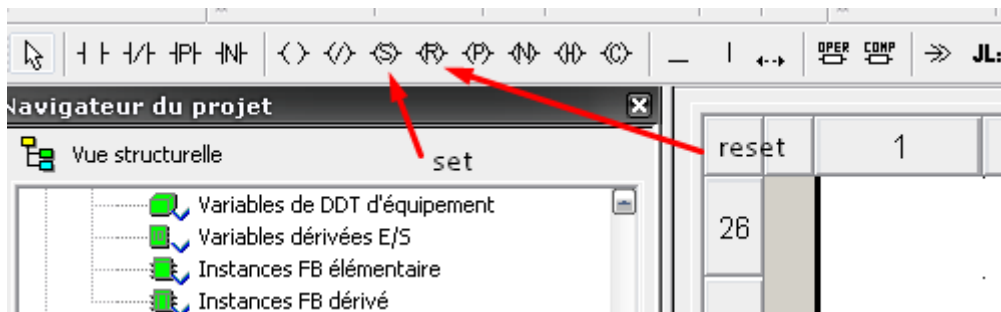
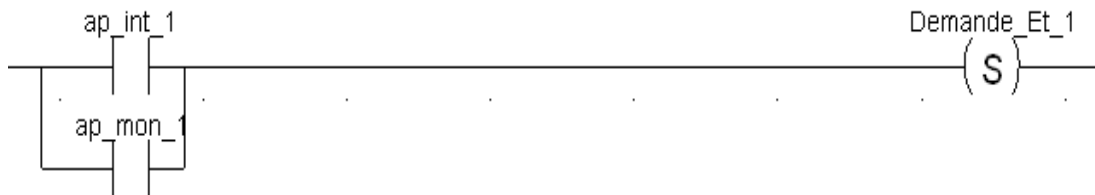


Figure III.16 Déclaration du SET/RESET des bascules

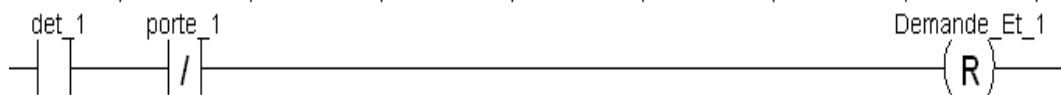
En l'utilisant on réalise les bascules RS suivantes :

- Demande_Et_1 :

Set :

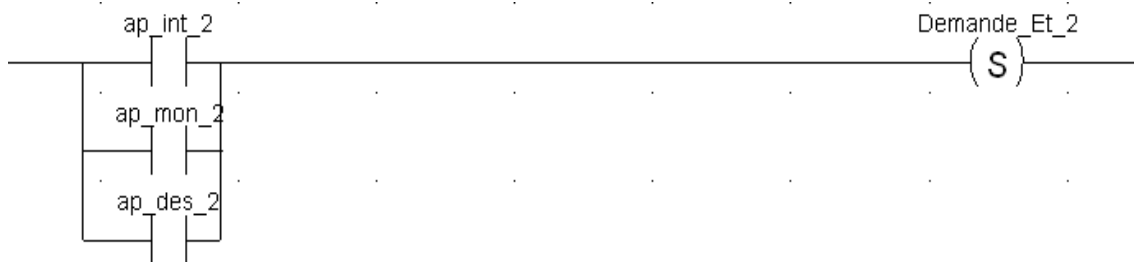


Reset :

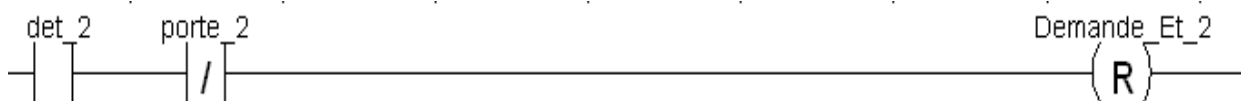


- Demande_Et_2 :

Set :

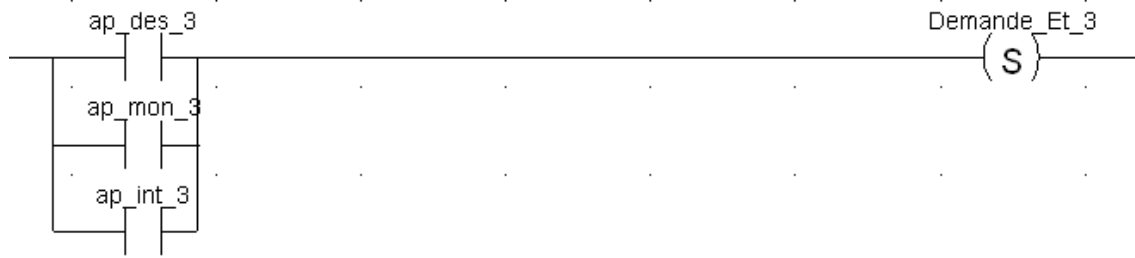


Reset :

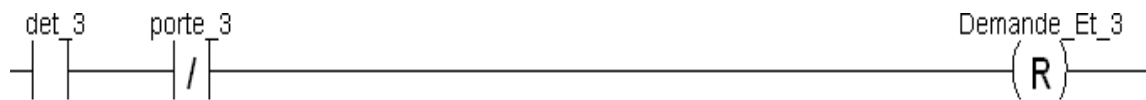


- Demande_Et_3 :

Set :

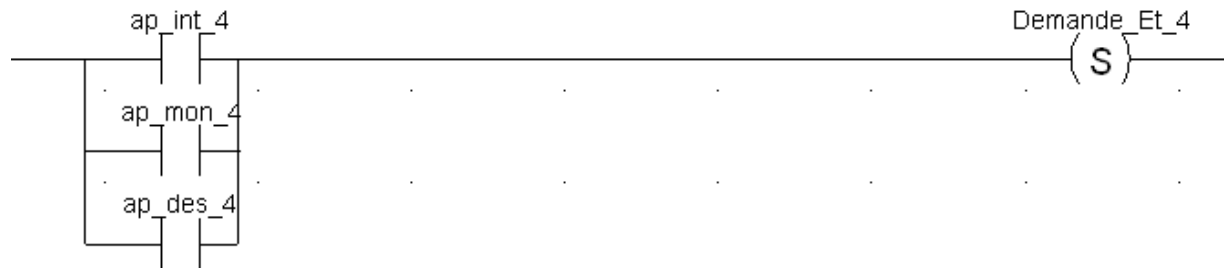


Reset :

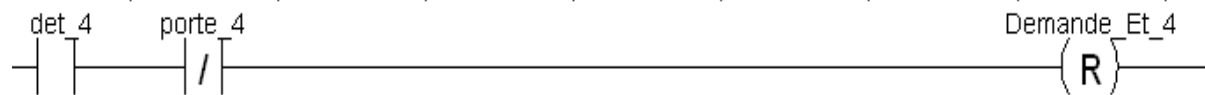


- Demande_Et_4 :

Set :

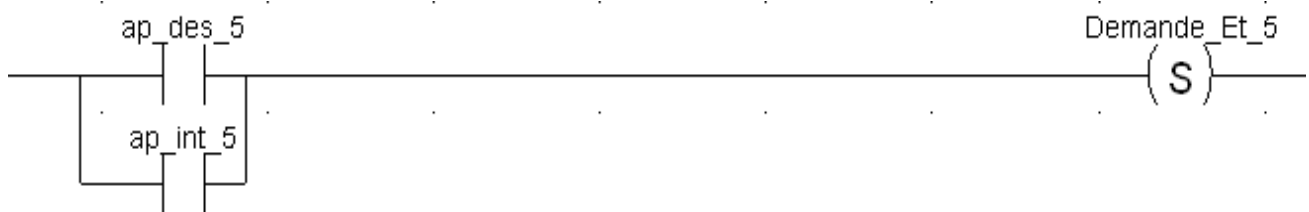


Reset :

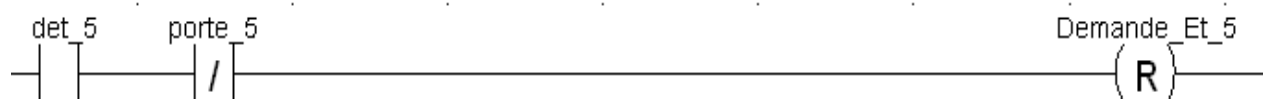


- Demande_Et_5 :

Set :



Reset :



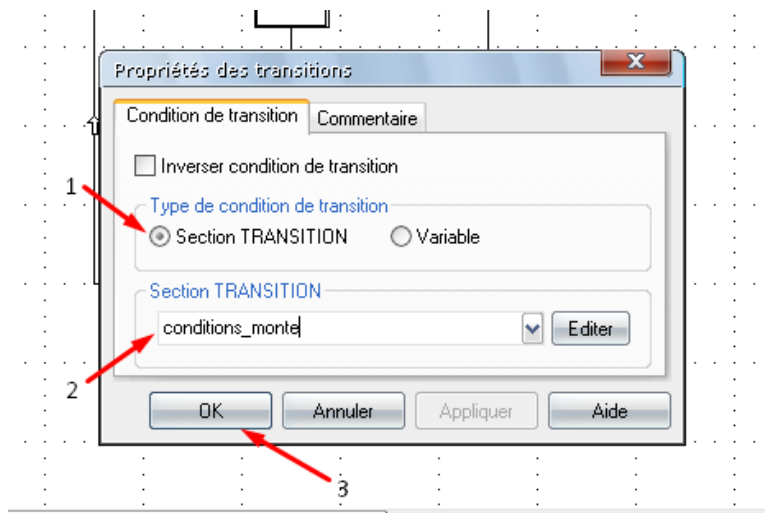
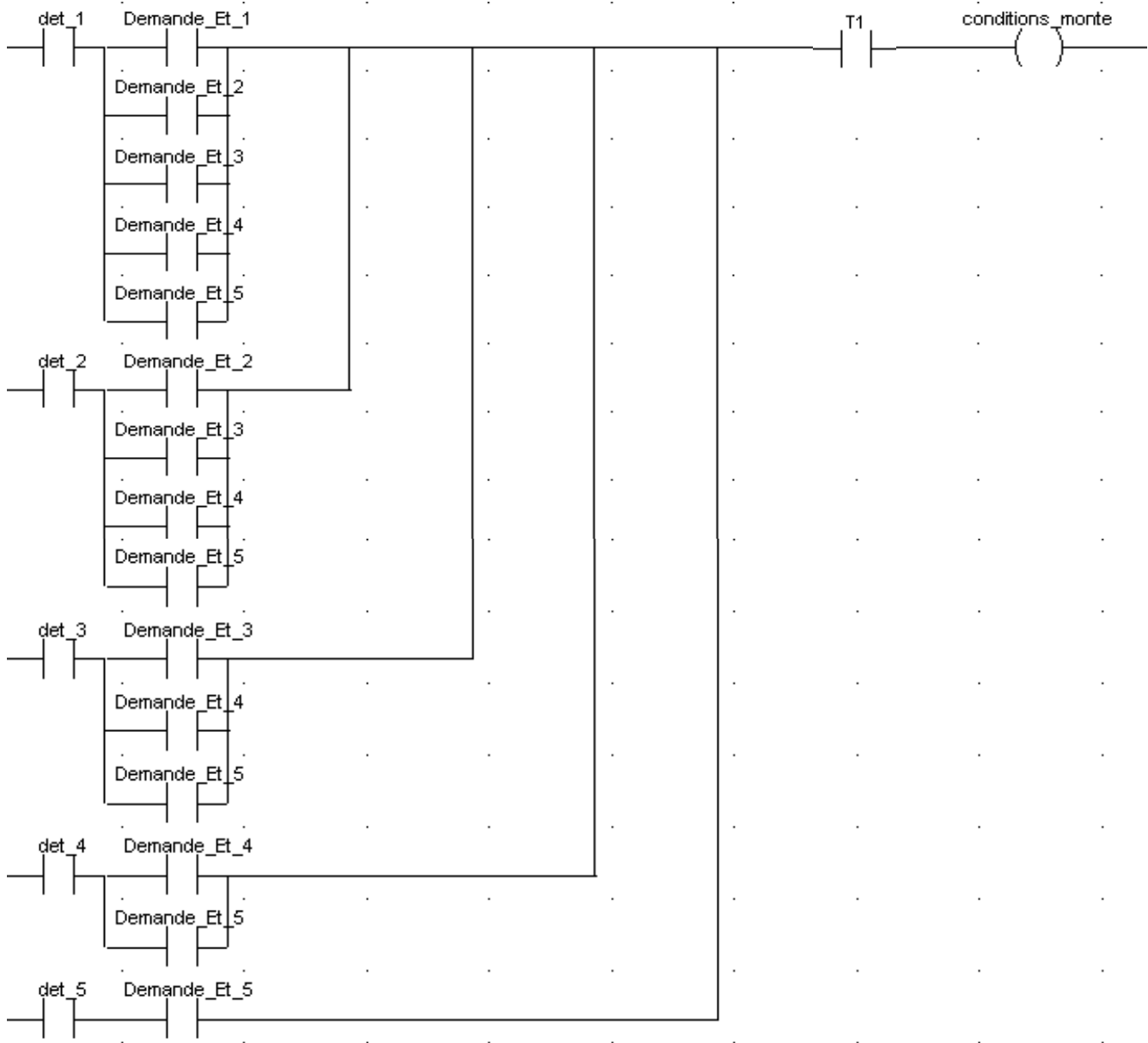
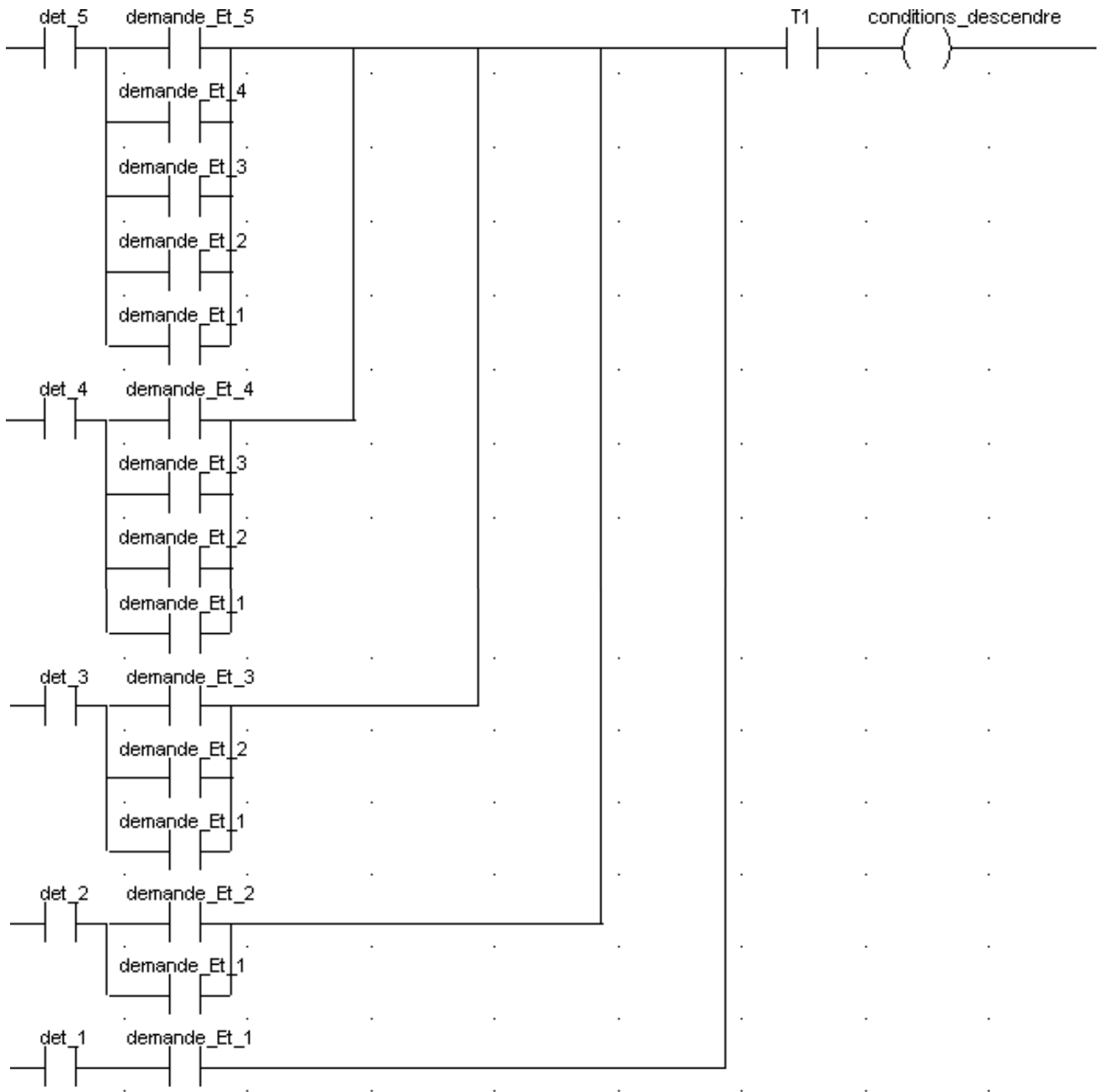


Figure III.17 Création d'une transition

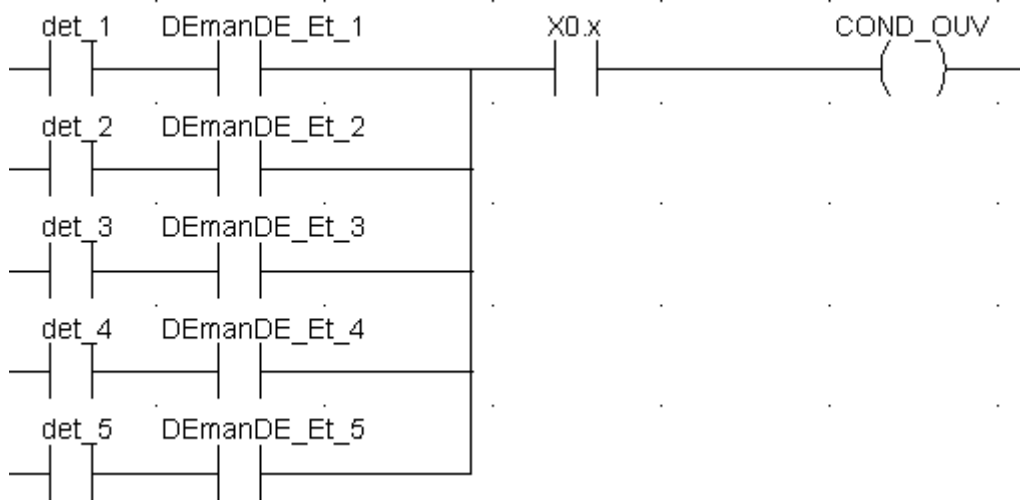
1) Conditions montée (conditions_monte) :



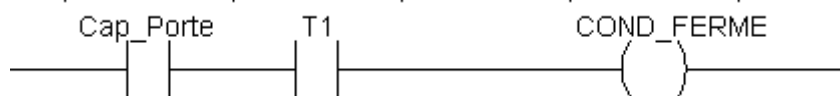
2) Conditions descente (Conditions_descendre) :



3) Conditions d'ouverture des portes (cond_ouv) :



4) Conditions de fermeture des portes (cond_ferme) :



II.9 Génération et transfert du programme vers l'automate :

Après avoir fini le projet il faut :

1) Sauvegarder le projet :

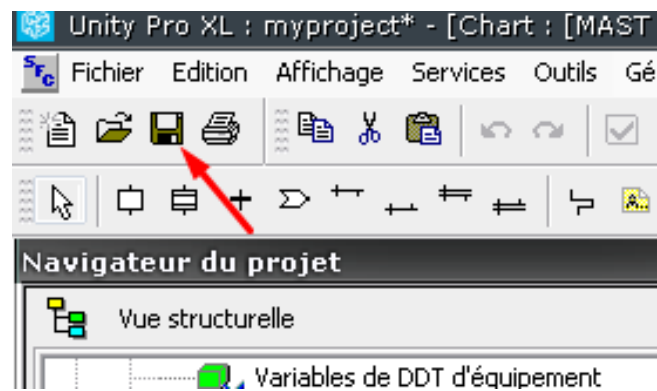


Figure III.18 Sauvegarder le projet

2) Générer le projet :

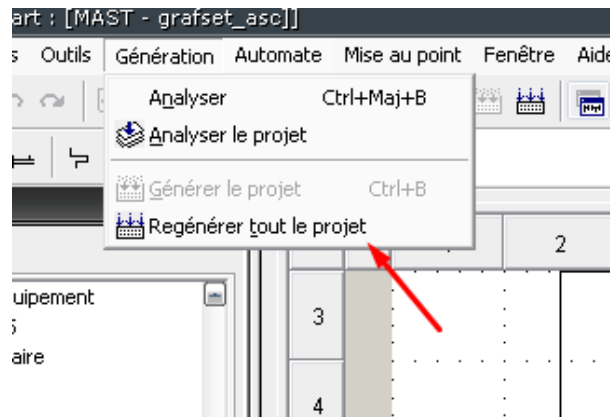


Figure III.19 Générer le projet

3) Se connecter à l'automate et transférer le projet :

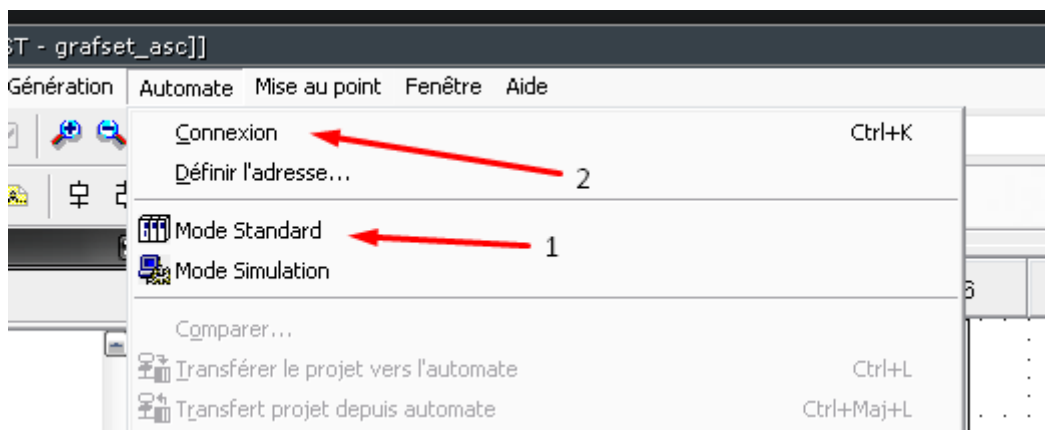


Figure III.20 Connexion avec l'automate

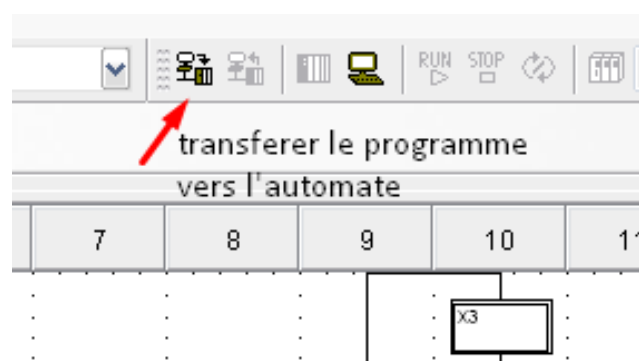


Figure III.21 Transfer du projet

Remarque : au cas où nous n'avons pas accès à l'automate on peut utiliser le mode simulation pour tester notre programme.

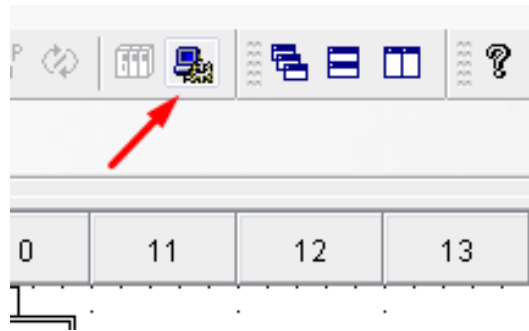


Figure III.22 Basculer au mode simulation

III.10 Supervision du projet :

III.10.1 Définition :

La supervision est une technique industrielle de suivi et de pilotage informatique de procédés de fabrication automatisés. La supervision concerne l'acquisition de données (mesures, alarmes, retour d'état de fonctionnement) et des paramètres de commande des processus généralement confiés à des automates programmables. [13]

III.10.2 Les taches de notre supervision :

Nous voulons faire une supervision qui va suivre les choses suivantes :

- L'état des portes (ouvertes/fermes).
- Le numéro affiché dans l'afficheur sept segments.
- L'emplacement de la cabine.

III.10.3 Réalisation de la supervision :

La supervision peut être faite en utilisant WINCC. Cependant nous allons réaliser cette supervision en utilisant le logiciel Unity pro.

Cette partie va démontrer comment faire cette supervision étape par étape.

1) Création d'un écran d'exploitation :

D'abord nous devons créer un écran d'exploitation ou nous pouvons faire notre supervision.

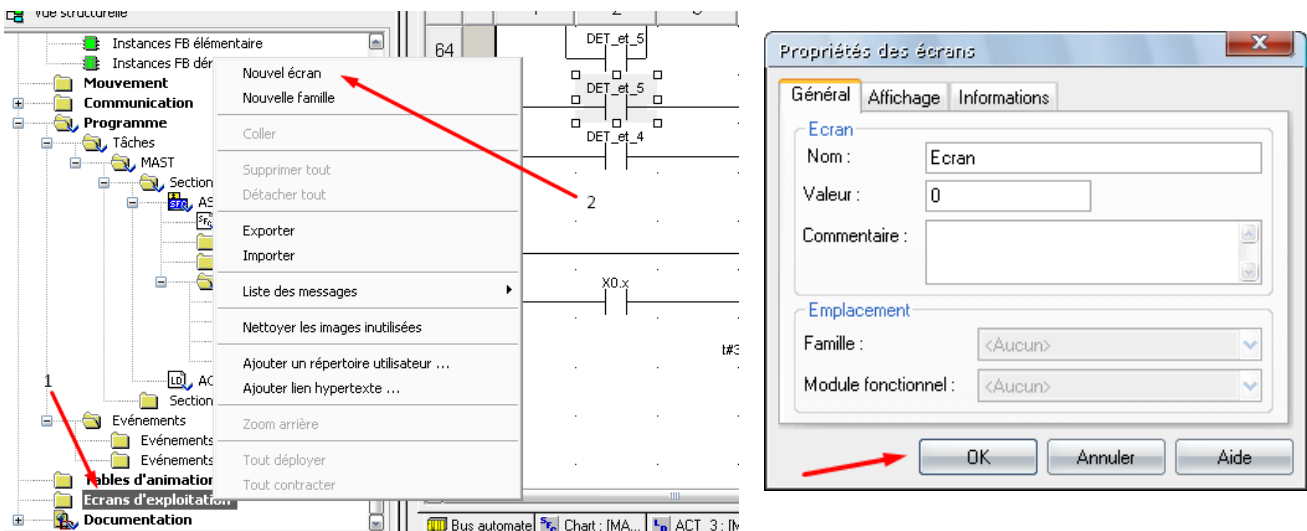


Figure III.23 Création d'un écran d'exploitation

2) Choix des outils de la bibliothèque des écran d'exploitation :

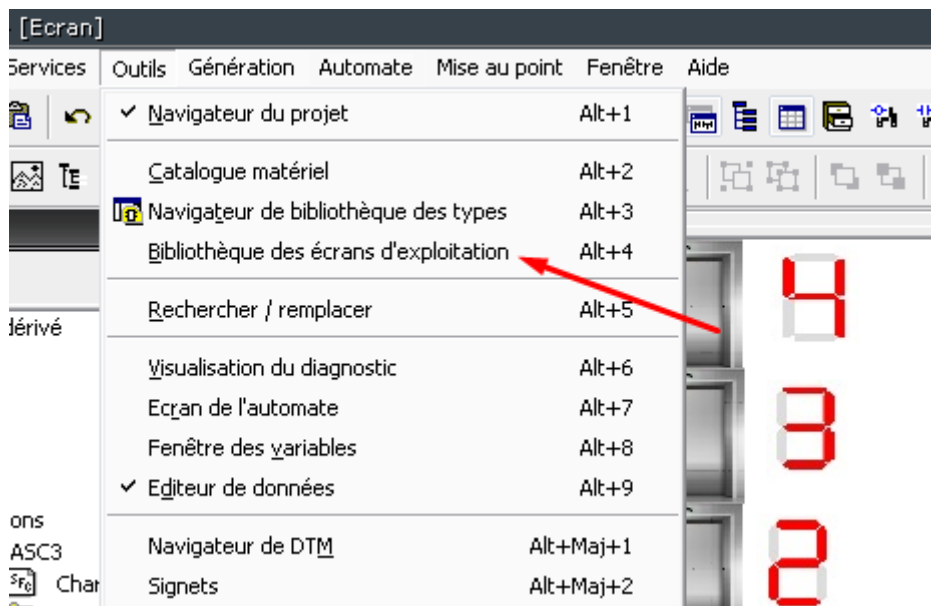


Figure III.24 Accéder à la bibliothèque des écrans d'exploitation

La bibliothèque des écrans contient tout ce qu'on a besoin pour faire la supervision de notre projet.

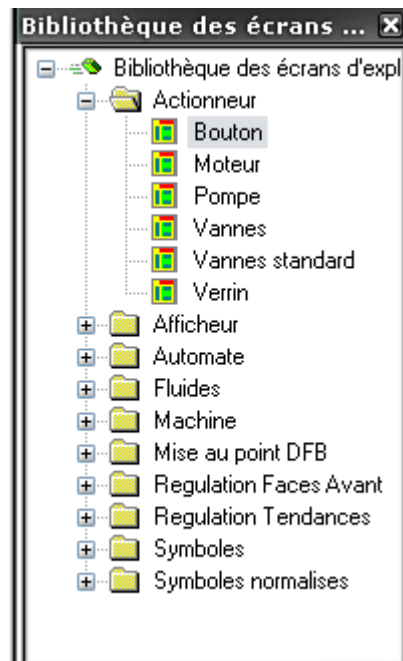
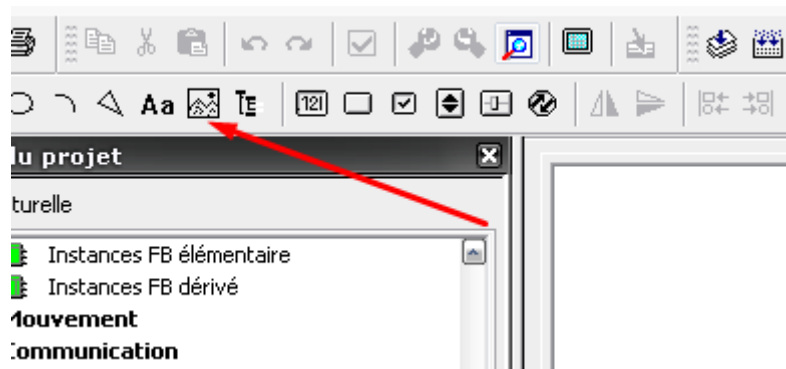


Figure III.25 Bibliothèque des écrans

Dans notre cas nous allons utiliser cette fonctionnalité :



Cette fonctionnalité nous permet d'importer les images suivantes :

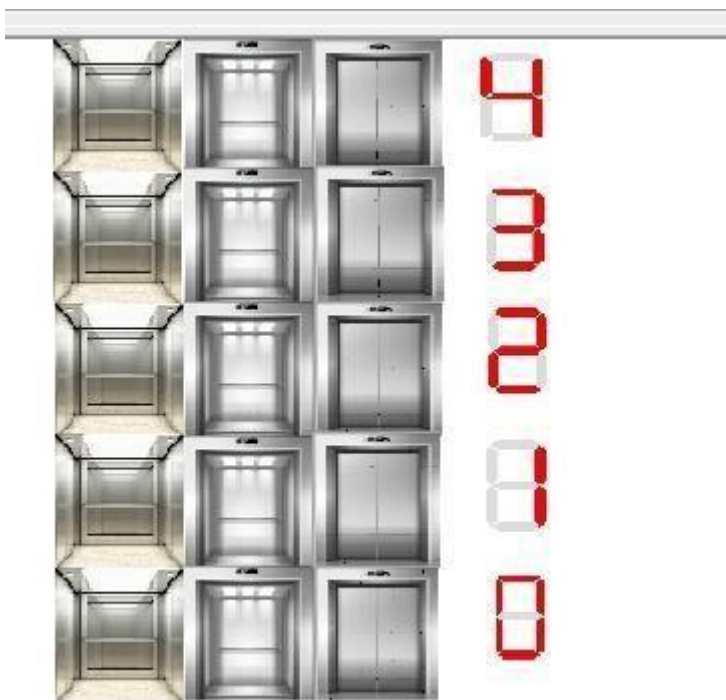


Figure III.26 Images de la supervision

Nous allons superposer les images des portes ouvertes et portes fermées pour avoir la supervision suivante :



Figure III.27 Supervision du projet

Dans cette supervision chaque image de cabine, porte et afficheur sept segment apparait à cause de l'activation d'une variable comme suit :

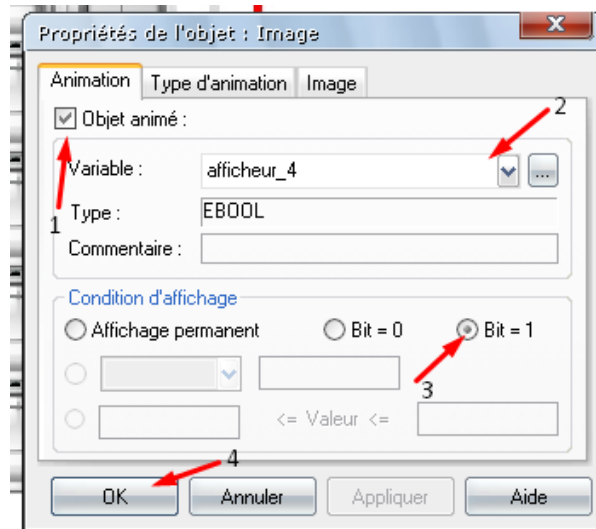


Figure III.28 Programmation de l'apparition/disparition de l'image

Image	Variable	Bit d'apparition
Cabine étage i (1 à 5)	Détecteur étage i (1 à 5)	1
Porte fermé étage i (1 à 5)	Détecteur de la porte étage i (1 à 5)	1
Porte ouverte étage i (1 à 5)	Détecteur de la porte étage i (1 à 5)	0
Afficher sept segment i (0 à 4)	Afficheur étage i (1 a 4)	1

Tableau III.5 : Liste des images et leur variables d'apparition

III.11 Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons parlé du logiciel Unity Pro, ces fonctionnalités de base et nous avons démontré comment réaliser un projet d'un ascenseur à 5 étages étape par étape. Nous avons fini par faire la supervision du projet réalisé.

Chapitre IV :
Programmation et
commande de
l'ascenseur

IV.1 Introduction :

Pour concevoir et commander notre ascenseur, on essayera dans ce chapitre de parler de l'ascenseur envisagé, son cahier de charge, les différents grafjets qu'on a décidé de réaliser et on finira par le résultat vu dans la machine.

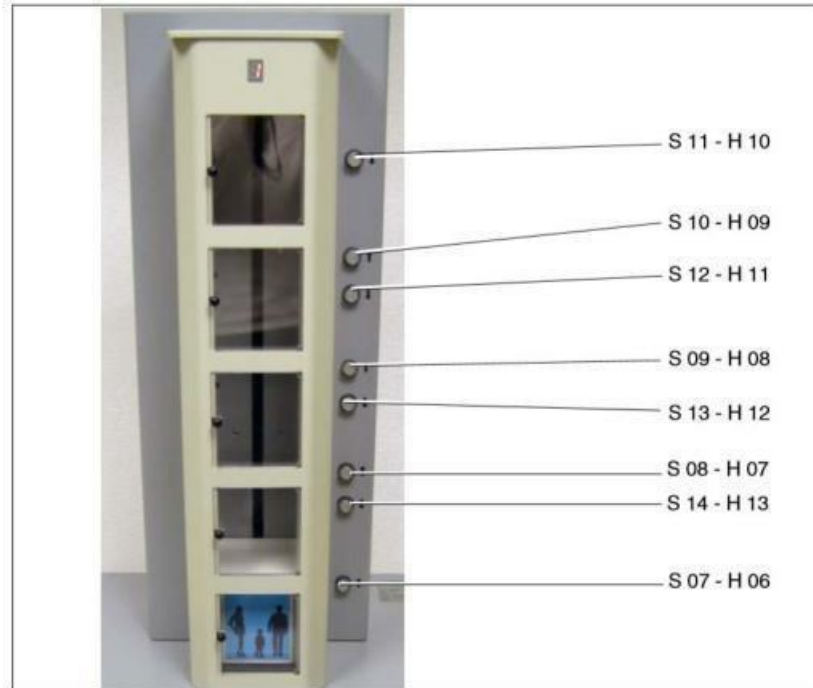


Figure IV.1 Notre ascenseur

IV.2 Description de l'équipement :

L'ensemble de l'ascenseur est composé de deux parties.

- 1) La partie opérative : qui contient un ascenseur monté sur un support et possède des actionneurs, des capteurs et des éléments de dialogues (boutons et voyants) nécessaires à son fonctionnement.
- 2) La partie commande : qui contient l'automate M340 de Schneider Electric avec son programme ainsi que l'alimentation 24 Vcc.

L'automatisme est réalisé par un automate programmable M340. [14]

IV.2.1 Partie opérative :

L'ensemble opérative fonctionne comme un ascenseur d'un immeuble à cinq niveaux, il est monté sur un socle support, il est composé des éléments suivants : [14]

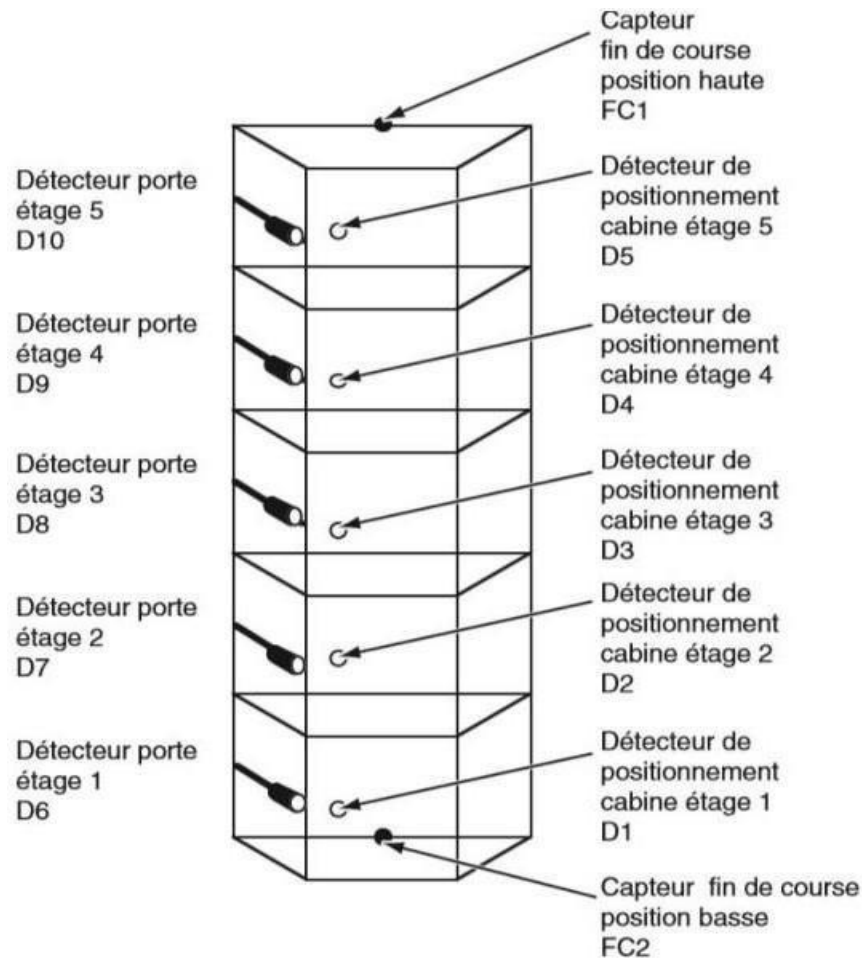


Figure IV.2 : Socle support de l'ascenseur

- Un capteur de sécurité "Position haute".
- Un capteur de sécurité "Position basse".
- Un capteur de présence cabine à l'étage
- Un capteur de contrôle de l'ouverture/fermeture de la porte palière
- Sur l'arrière du support deux connecteurs "sub D " mâles, un de 37 broches pour le raccordement des entrées, l'autre de 25 broches pour le raccordement des sorties.
- A l'intérieur du support quatre relais :
 - deux relais pour l'inversion du sens de marche de la cabine.
 - deux relais en relayage des capteurs de fin de course de sécurité haut et bas. [14]

IV.2.2 Partie commande :

Sur un support sont montés :

- Un automate Modicon M340 de Schneider Electric, équipé d'une alimentation, d'un processeur avec une carte mémoire et de deux cartes 32 entrées et 32 sorties TOR.
- Une alimentation 24V DC 4,2A suffisamment puissante pour alimenter les capteurs, les afficheurs et les actionneurs de l'équipement.
- Un commutateur 2 positions "Run/Stop".
- Un voyant blanc "Sous tension".
- Sur le côté deux connecteurs (25 et 37 broches) pour le raccordement à la partie opérative.



Figure IV.3 notre automate M340

- Une prise type "europa" équipée d'un fusible de protection pour le raccordement au réseau par le cordon secteur fourni. [14]

IV.3 Les entres et sorties E/S :

La machine est pré câblé et donc les entrées/sorties et leurs adresses sont pré déterminé. Et donc ils sont les mêmes dans les trois programmes

Ils sont présentés dans les tableaux suivants : [14]

IV.3.1 Capteurs :

Désignation	Nom	Adresse	Type
FC1- Fin de course haut	Fdc_haut	%I0.1.7	EBOOL
FC2- Fin de course bas	Fdc_bas	%I0.1.1	EBOOL
D1- Détecteur Etage 1	Det_et_1	%I0.1.2	EBOOL
D2- Détecteur Etage 2	Det_et_2	%I0.1.3	EBOOL
D3- Détecteur Etage 3	Det_et_3	%I0.1.4	EBOOL
D4- Détecteur Etage 4	Det_et_4	%I0.1.5	EBOOL
D5- Détecteur Etage 5	Det_et_5	%I0.1.6	EBOOL
D6- Détecteur porte Etage 1	Porte_et_1	%I0.1.14	EBOOL
D7- Détecteur porte Etage 2	Porte_et_2	%I0.1.15	EBOOL
D8- Détecteur porte Etage 3	Porte_et_3	%I0.1.20	EBOOL
D9- Détecteur porte Etage 4	Porte_et_4	%I0.1.21	EBOOL
D10- Détecteur porte Etage 5	Porte_et_5	%I0.1.22	EBOOL

Tableau IV.1 : Liste des capteurs

IV.3.2 Commandes manuelles :

Désignation	Nom	Adresse	Type
Run/Stop sélecteur sur run	Run_Stop	%I0.1.0	EBOOL
S1- Demande étage 1 en cabine	Ap_cab_1	%I0.1.17	EBOOL
S2- Demande étage 2 en cabine	Ap_cab_2	%I0.1.18	EBOOL
S3- Demande étage 3 en cabine	Ap_cab_3	%I0.1.19	EBOOL
S4- Demande étage 4 en cabine	Ap_cab_4	%I0.1.12	EBOOL
S5- Demande étage 5 en cabine	Ap_cab_5	%I0.1.13	EBOOL
S6- Arrêt d'urgence	Art_urg	%I0.1.16	EBOOL
S7- Appel étage 1 pour monter	Ap_mo_1	%I0.1.23	EBOOL
S8- Appel étage 2 pour monter	Ap_mo_2	%I0.1.28	EBOOL
S9- Appel étage 3 pour monter	Ap_mo_3	%I0.1.29	EBOOL
S10- Appel étage 4 pour monter	Ap_mo_4	%I0.1.30	EBOOL
Appel étage 5 pour descendre	Ap_des_5	%I0.1.11	EBOOL
Appel étage 5 pour descendre	Ap_des_4	%I0.1.10	EBOOL

Appel étage 5 pour descendre	Ap_des_3	%I.0.1.9	EBOOL
Appel étage 5 pour descendre	Ap_des_2	%I.0.1.8	EBOOL

Tableau IV.2 : Liste des commandes manuelles

IV.3.3 Actionneurs et afficheurs :

Désignation	Nom	Adresse	Type
KM1- Montée de la cabine	Mont_cab	%Q0.2.0	EBOOL
KM2- Descente de la cabine	Desc_cab	%Q0.2.1	EBOOL
H1- Voyant d'appel cabine étage 1	V_cab_1	%Q0.2.2	EBOOL
H2- Voyant d'appel cabine étage 2	V_cab_2	%Q0.2.3	EBOOL
H3- Voyant d'appel cabine étage 3	V_cab_3	%Q0.2.4	EBOOL
H4- Voyant d'appel cabine étage 4	V_cab_4	%Q0.2.5	EBOOL
H5- Voyant d'appel cabine étage 5	V_cab_5	%Q0.2.10	EBOOL
H6- Voyant d'appel montée étage 1	Voy_m_1	%Q0.2.6	EBOOL
H7- Voyant d'appel montée étage 2	Voy_m_2	%Q0.2.7	EBOOL
H8- Voyant d'appel montée étage 3	Voy_m_3	%Q0.2.8	EBOOL
H9- Voyant d'appel montée étage 4	Voy_m_4	%Q0.2.9	EBOOL
H10- Voyant d'appel descente étage 5	Voy_d_5	%Q0.2.11	EBOOL
H11- Voyant d'appel descente étage 4	Voy_d_4	%Q0.2.20	EBOOL
H12- Voyant d'appel descente étage 3	Voy_d_3	%Q0.2.19	EBOOL
H13- Voyant d'appel descente étage 2	Voy_d_2	%Q0.2.18	EBOOL
Afficheur 1	Aff_1	%Q0.2.14	EBOOL
Afficheur 2	Aff_2	%Q0.2.15	EBOOL
Afficheur 3	Aff_3	%Q0.2.16	EBOOL
Afficheur 4	Aff_4	%Q0.2.17	EBOOL

Tableau IV.3 : Liste des actionneurs et afficheurs

IV.4 Cahiers de charges :

Pour réaliser notre projet. Nous allons procéder d'une manière méthodologique et essayer de réaliser des programmes de complexité croissante à chaque fois pour bien se familiariser avec le logiciel Unity Pro, notre ascenseur et ces commandes.

IV.4.1 Cahier de charge simple :

IV.4.1.1 Conditions initiales :

- Il n'y a pas de position particulière au démarrage pour faire fonctionner la cabine en montée ou en descente.
- L'ascenseur marche même quand les portes sont ouvertes.
- Chaîne de sécurité
- Le bouton coup de poing "arrêt d'urgence" à accrochage mécanique, doit être déverrouillé par rotation horaire du bouton.

IV.4.1.2 Fonctionnement :

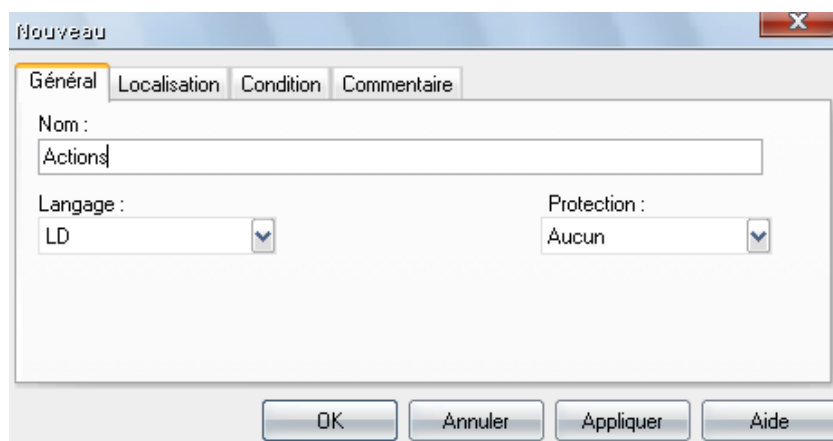
Nous allons réaliser un cahier de charge simple pour bien se familiariser avec la connexion automate/PC, l'adressage et le logiciel unity pro. Nous allons faire un programme qui contient trois boutons :

- Un qui fait monter l'ascenseur
- Un qui fait descendre l'ascenseur
- Un qui fait arrêter l'ascenseur

Nous allons aussi imposer que lorsque l'ascenseur est en monté le bouton de descente ne fonctionne pas et vice versa.

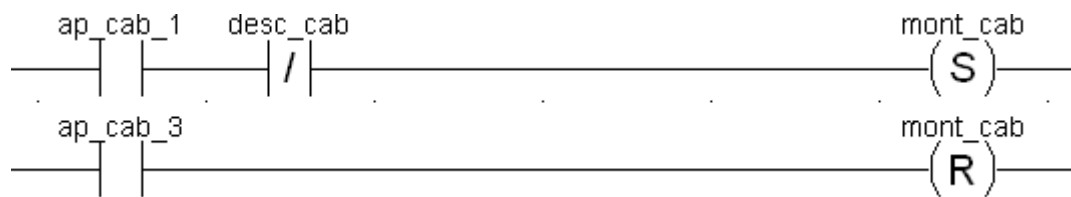
IV.4.1.3 Réalisation :

Ce cahier de charge simple nécessite seulement une seule section en ladder.

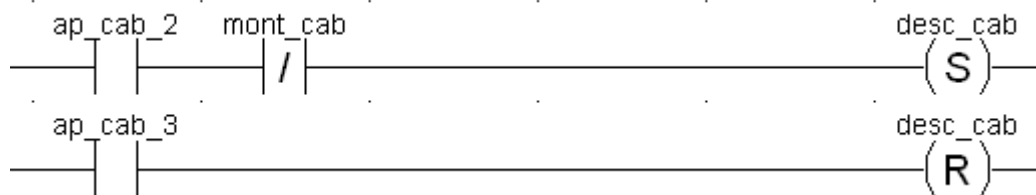


Dans cette nouvelle section nous allons daclarer :

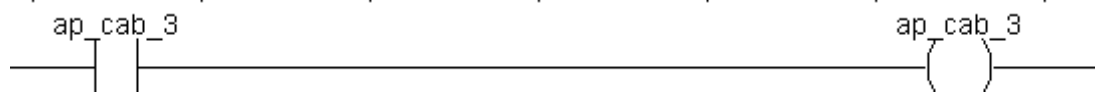
- Montée de la cabine :



- Descente de la cabine :



- Arrêt de la cabine :



- Les voyants :



IV.4.2 Cahier de charge de complexité moyenne :

IV.4.2.1 Conditions initiales :

- Il n'y a pas de position particulière au démarrage pour faire fonctionner la cabine en montée ou en descente
- Les portes palières doivent être fermées et le bouton coup de poing arrêt d'urgence en position déverrouillé pour que l'ascenseur marche
- Chaîne de sécurité

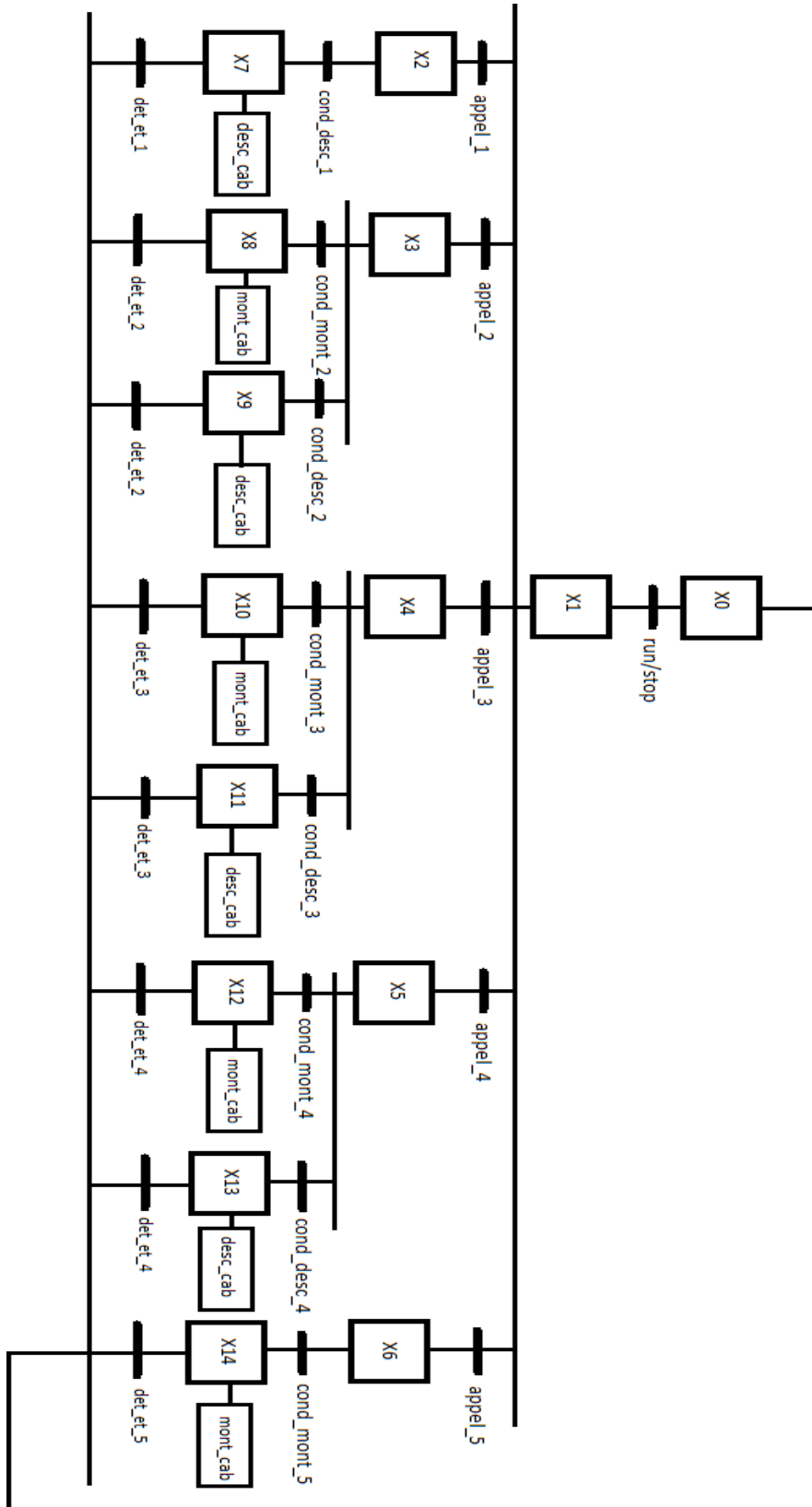
IV.4.2.2 Fonctionnement :

Dans notre 2ème projet nous allons réaliser un ascenseur qui traite une demande à la fois.

- Les boutons montée/descente de la cabine font le même travail. La cabine va vers l'étage dans tous les cas.
- L'ascenseur traite une demande à la fois.
- Les autres demandes sont ignorées quand l'ascenseur est en mouvement.

Le but de ce 2ème projet est de se familiariser avec le langage grafcet et de réaliser des conditions plus complexes que celles du 1^{er}

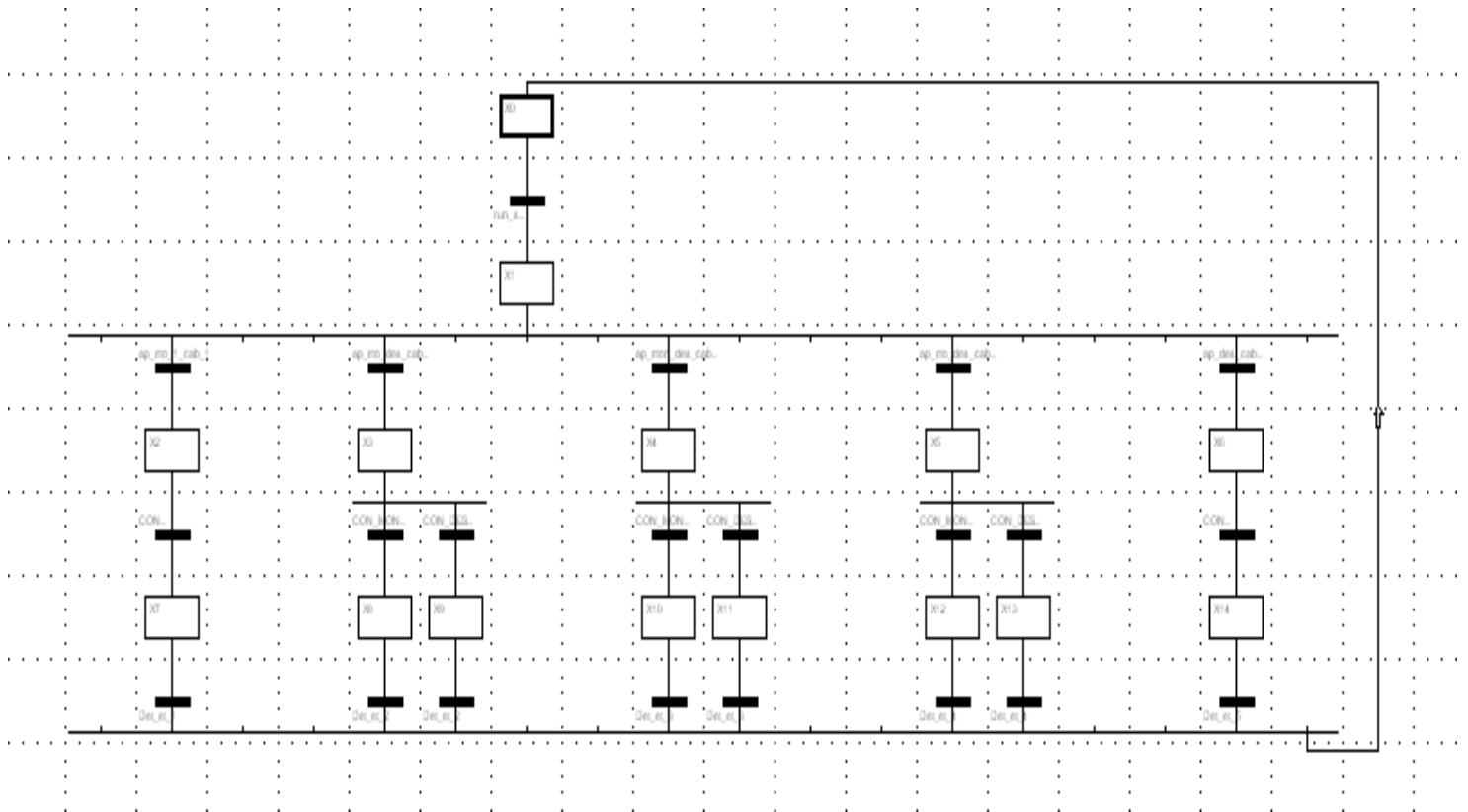
IV.4.2.3 Grafcet :



IV.4.2.4 Réalisation :

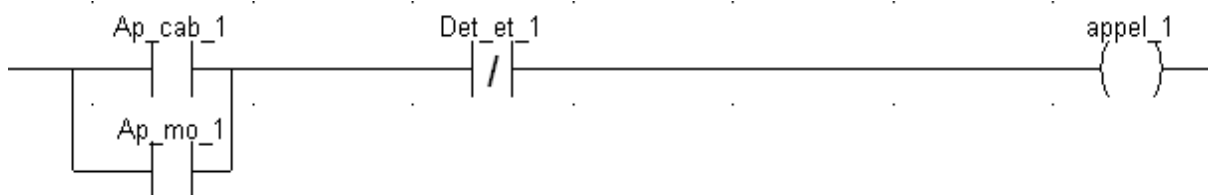
1) Section SFC :

Dans cette section nous allons programmer le grafcet de notre programme :

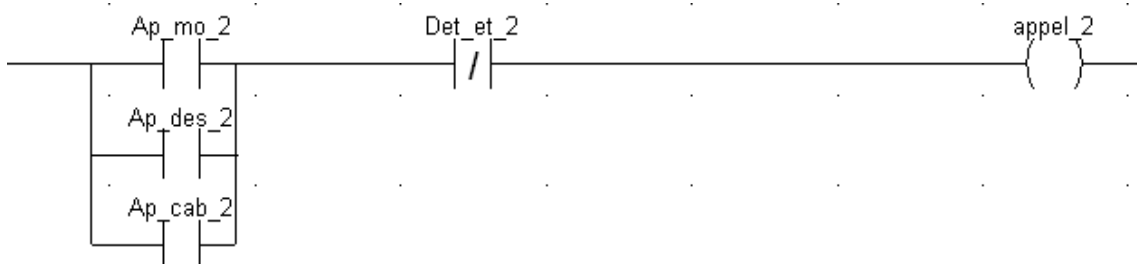


On va détailler les transitions :

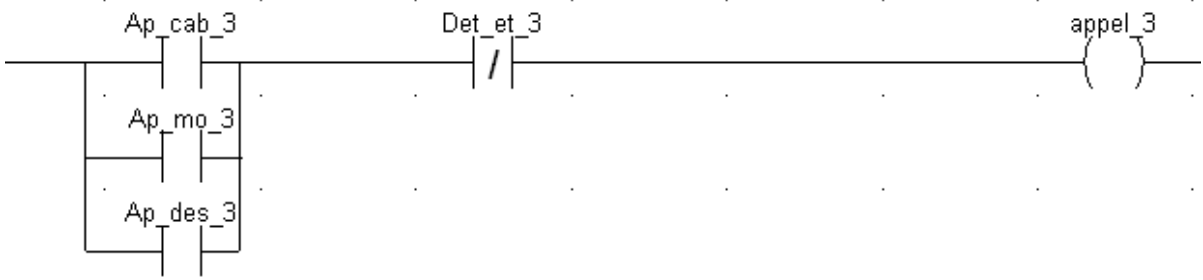
- Appel 1 (appel_1) :



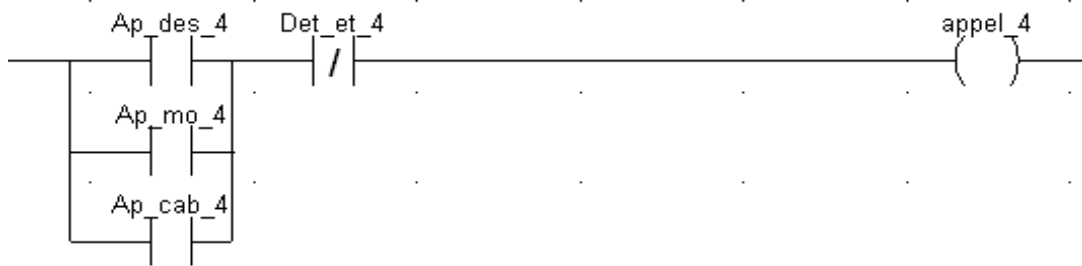
- Appel 2 (appel_2) :



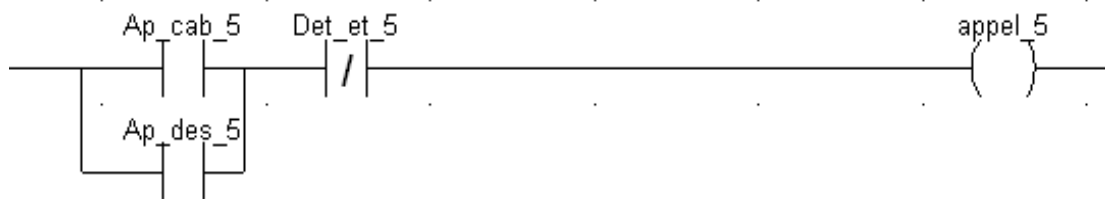
- Appel 3 (appel_3) :



- Appel 4 (appel_4) :



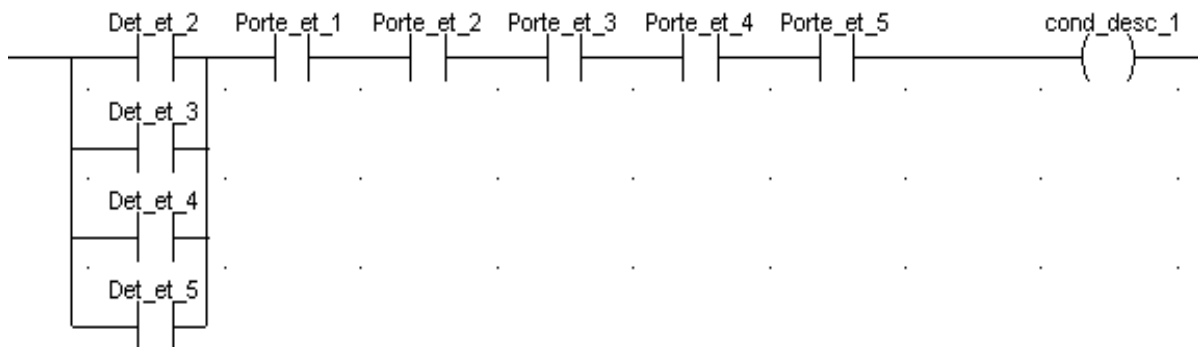
Appel 5 (appel_5) :



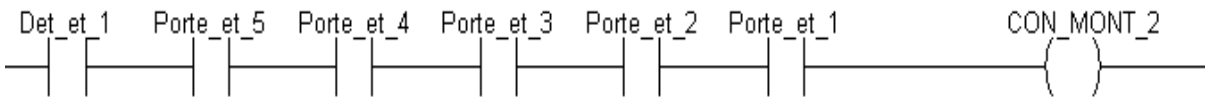
Remarque :

On note que les détecteurs bar de chaque étage sont mis en place car dans leur absence si on demande l'étage ou l'ascenseur est présent, le grafctet bloque.

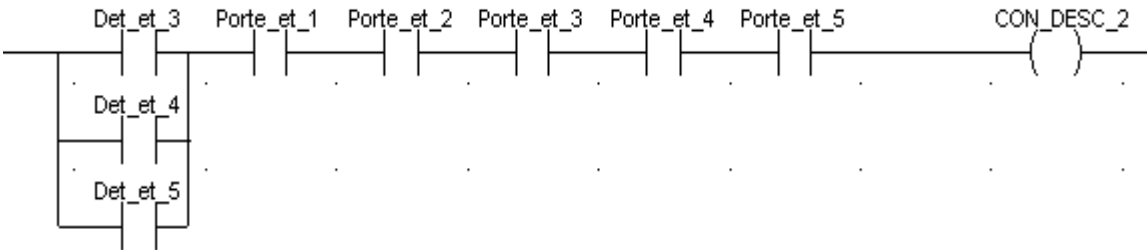
- Condition de descente 1 (cond_desc_1) :



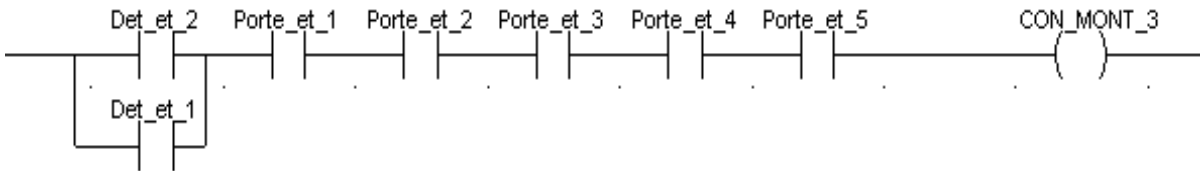
- Condition de montée 2 (cond_mont_2) :



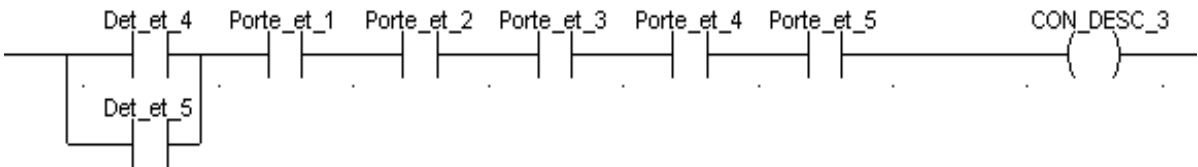
- Condition de descente 2 (cond_desc_2) :



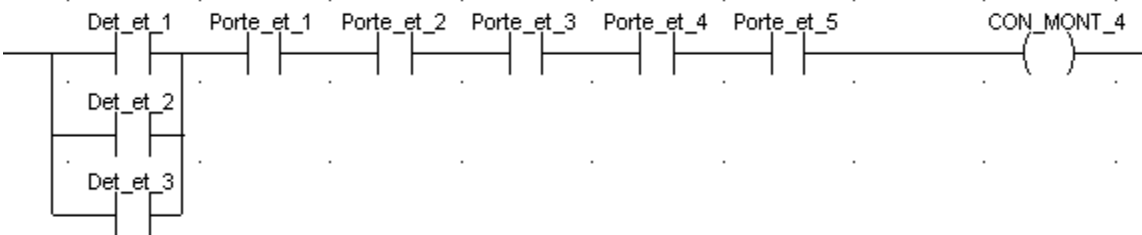
- Condition de montée 3 (cond_mont_3) :



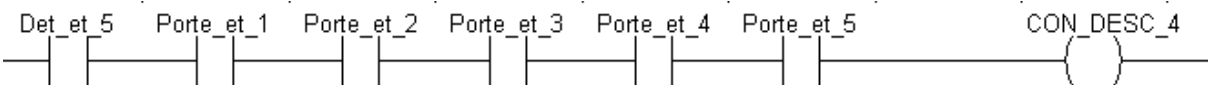
- Condition de descente 3 (cond_desc_3) :



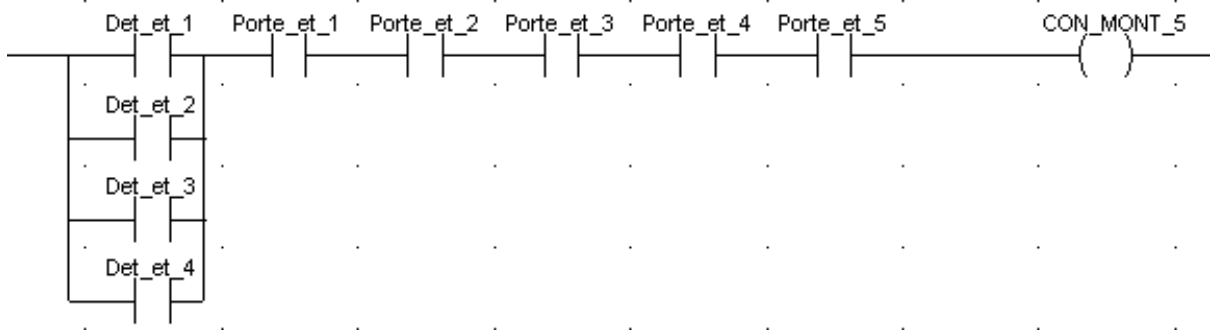
- Condition montée 4 (cond_mont_4) :



- Condition descente 4 (cond_desc_4) :



- Condition montée 5 (cond_mont_5) :



Remarque :

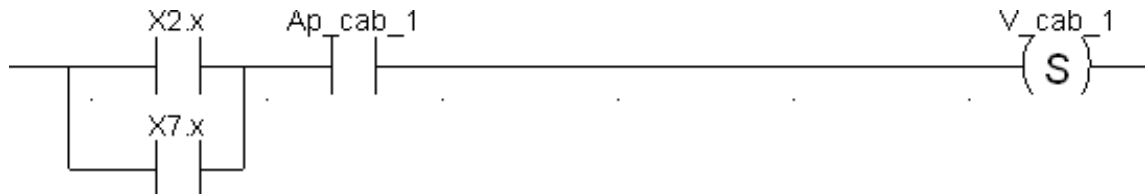
La présence des détecteurs des portes est pour que l'ascenseur n'accepte aucune demande tant que toutes les portes ne sont pas fermés.

2) Section ladder :

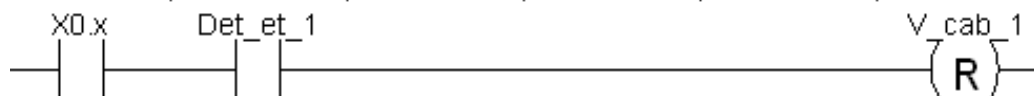
1. Voyants :

- Demande en cabine 1 :

Set :

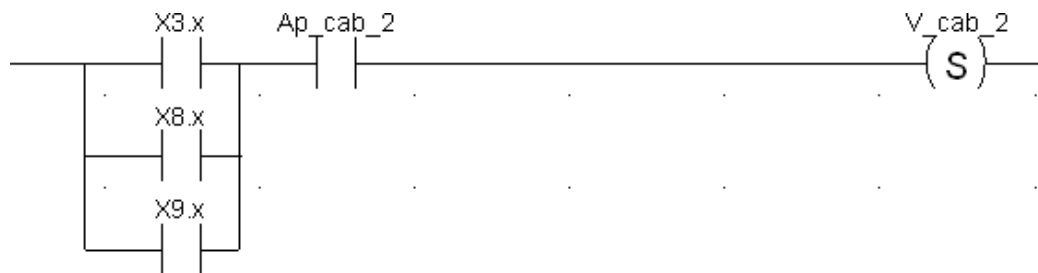


Reset :

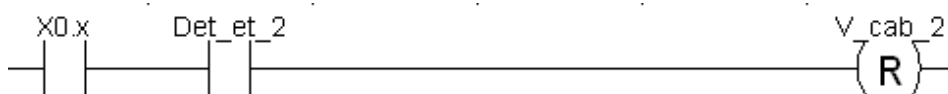


- Demande en cabine 2 :

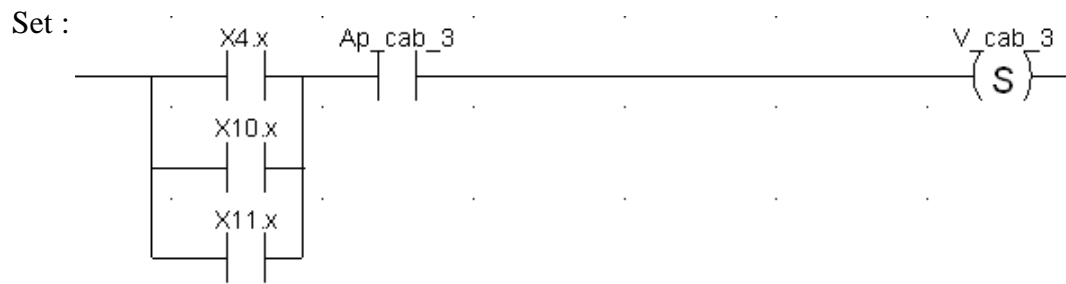
Set :



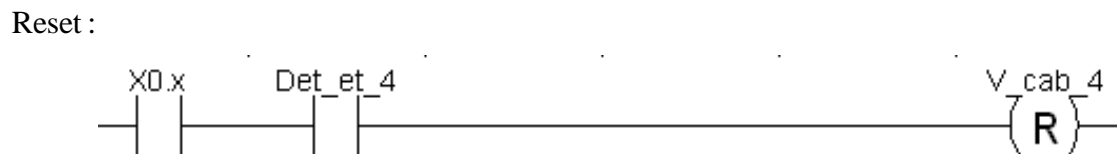
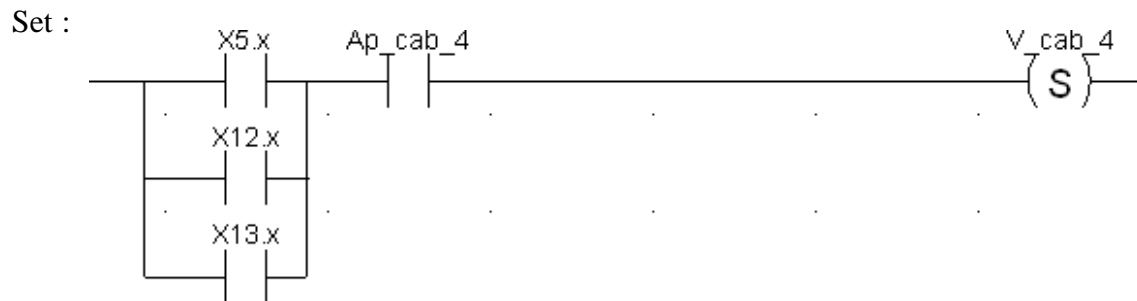
- Reset :



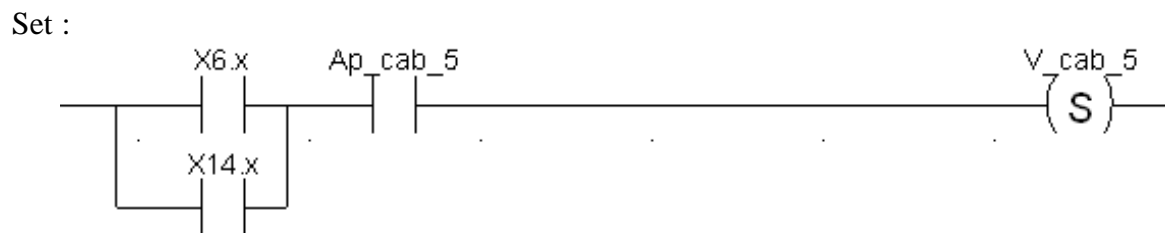
- Demande en cabine 3 :



- Demande en cabine 4 :

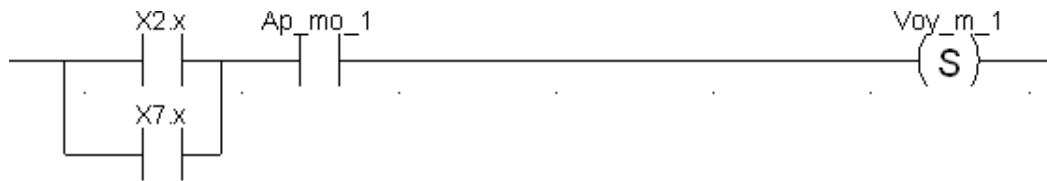


- Demande en cabine 5 :

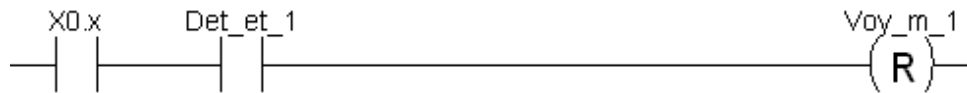


- Demande de montée étage 1 :

Set :

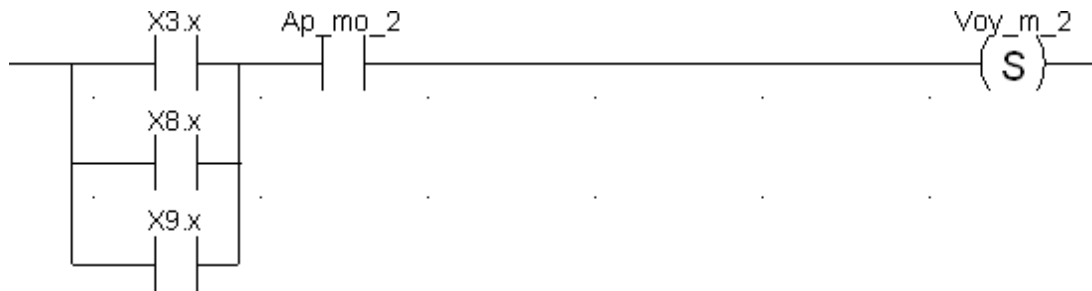


Reset :

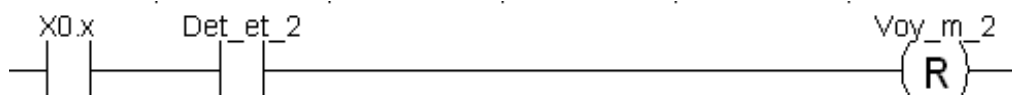


- Demande de montée étage 2 :

Set :

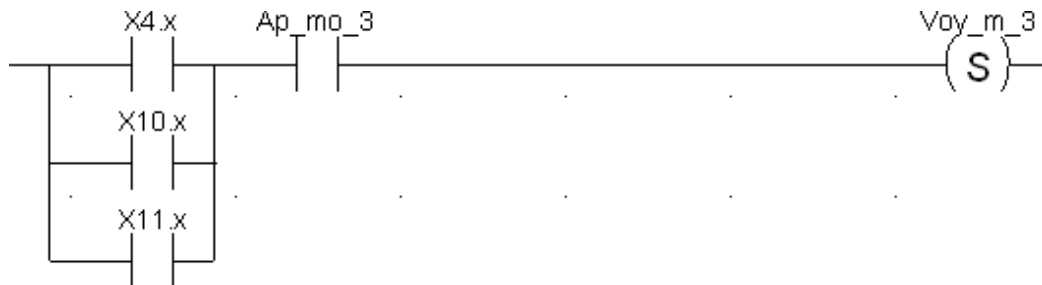


Reset :

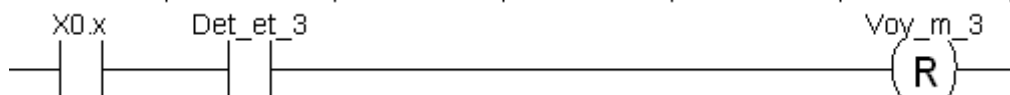


- Demande de montée étage 3 :

Set :

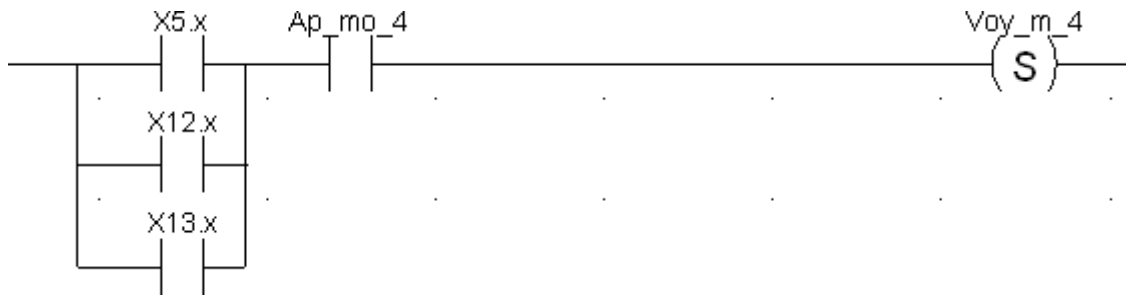


Reset :

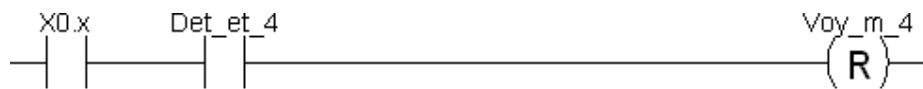


- Demande de montée étage 4 :

Set :

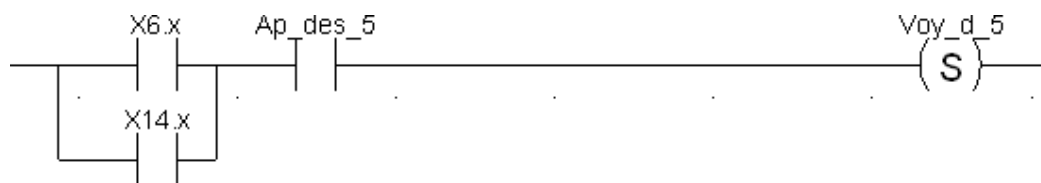


Reset :

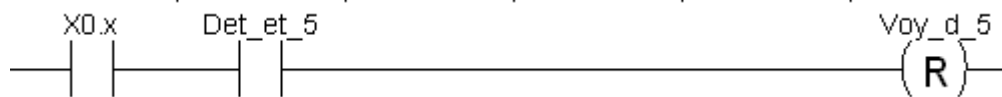


- Demande de descente étage 5 :

Set :

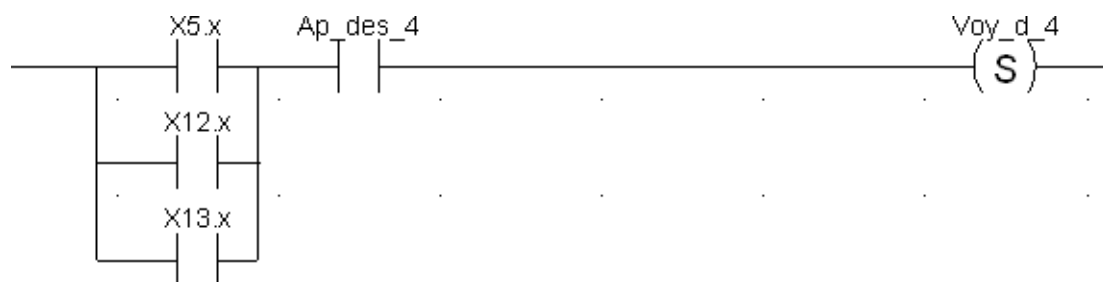


Reset :

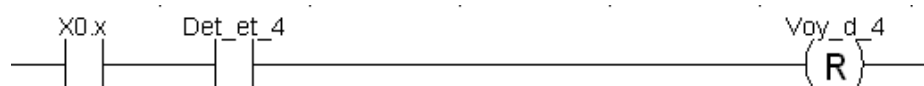


- Demande de descente étage 4 :

Set :

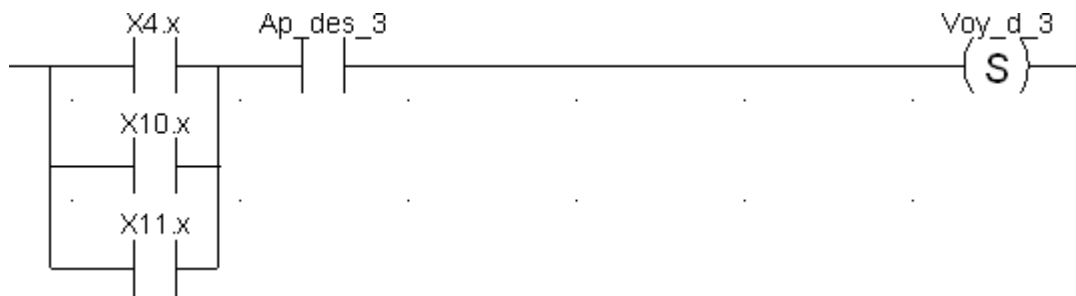


Reset :

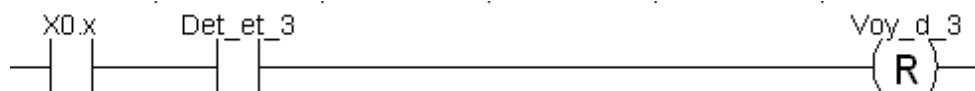


- Demande de descente étage 3 :

Set :

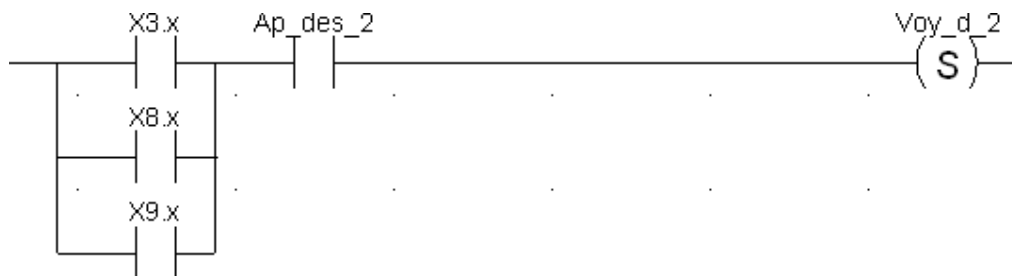


Reset :

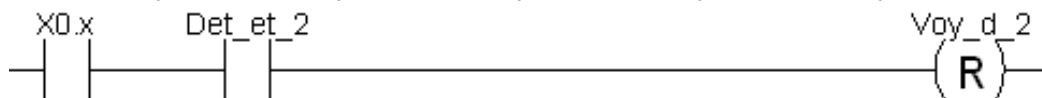


- Demande de descente étage 2 :

Set :



Reset :



2. Afficheurs sept segments :

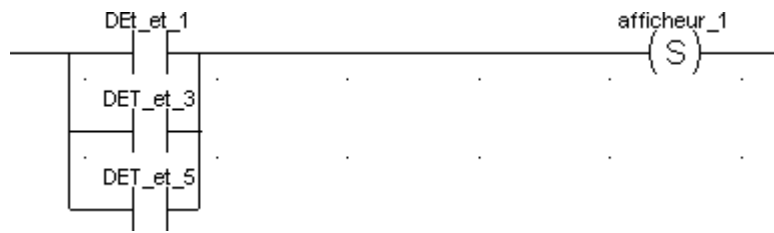
Les afficheurs ont quatre chiffres F4 F3 F2 F1

Le chiffre affiché en binaire sera affiché en décimal dans l’afficheur sept segments.

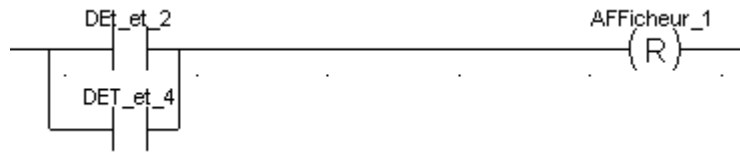
Etage	F4	F3	F2	F1	Valeur
1er	0	0	0	1	1
2ème	0	0	1	0	2
3ème	0	0	1	1	3
4eme	0	1	0	0	4
5eme	0	1	0	1	5

- Afficheur 1 :

Set :

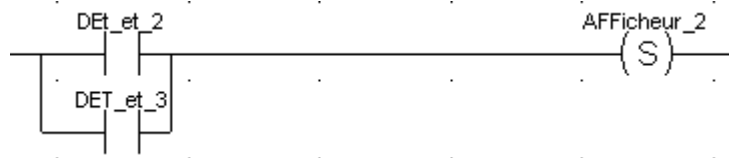


Reset :

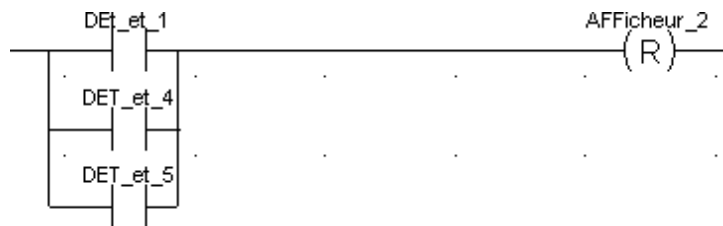


- Afficheur 2 :

Set :

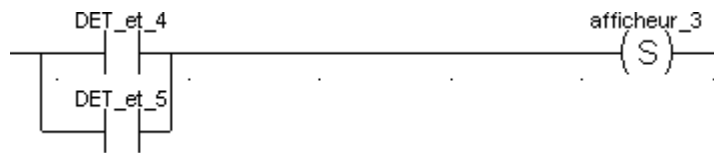


Reset :

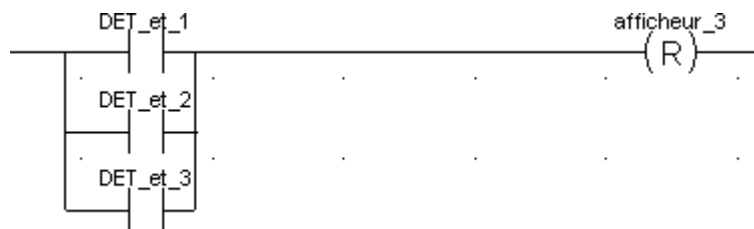


- Afficheur 3 :

Set :



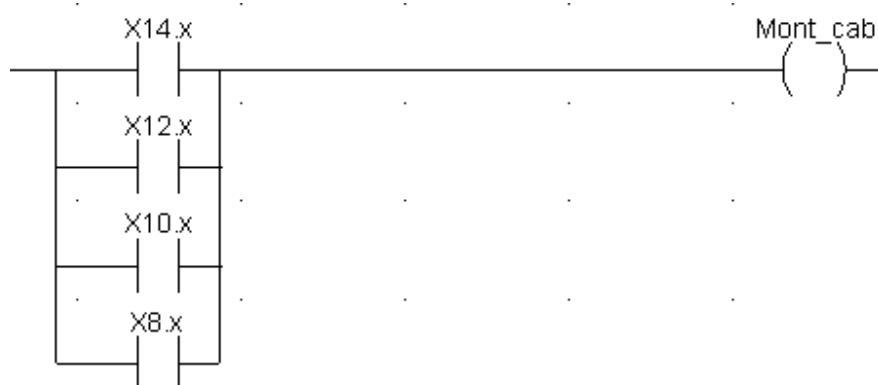
Reset :



Remarque :

Puisque nous allons afficher des chiffres de 1 à 5 nous n'aurons pas besoin du dernier afficheur.

3. Montée de la cabine :



4. Descente de la cabine :



IV.4.3 Cahier de charge final :

IV.4.3.1 Fonctionnement :

Cette ascenseur traite les demandes de la manière suivante :

- 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, l'ascenseur 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 ignorera les appels de descente et les traitera quand il retournera vers les niveaux inférieurs.

- 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.

IV.4.3.2 Grafcet :

Le grafcet du projet final est le suivant :

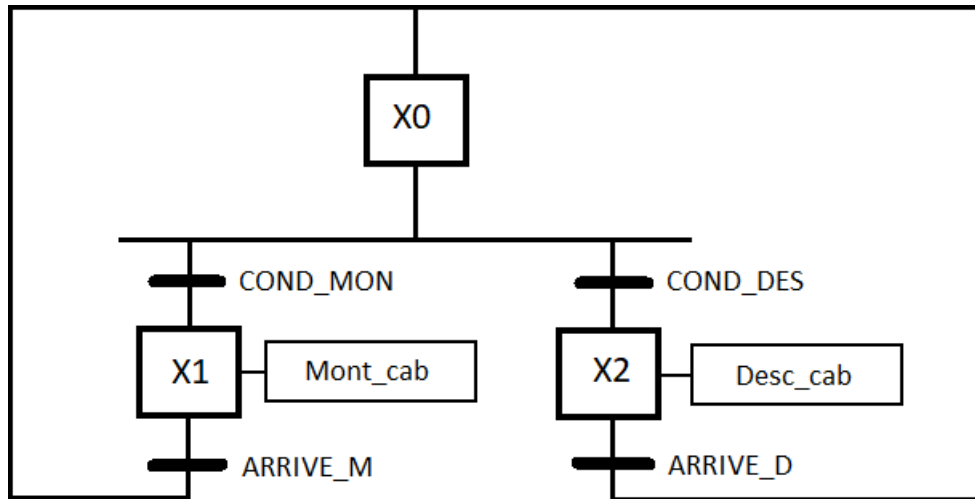
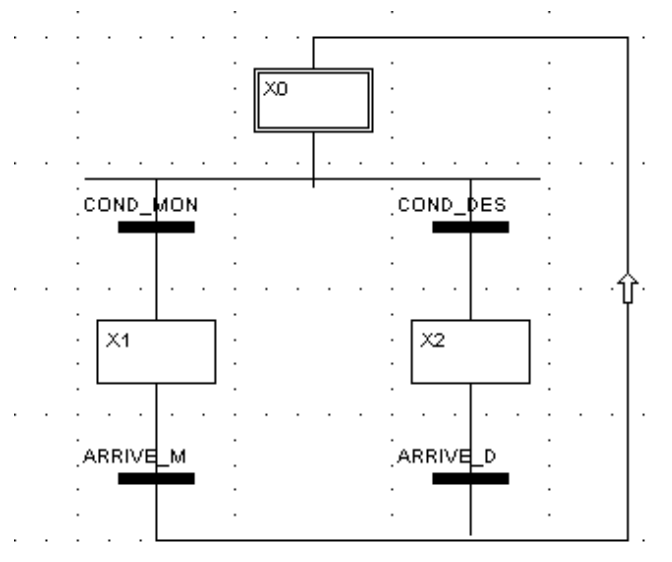


Figure IV.5 Grafcet projet 3

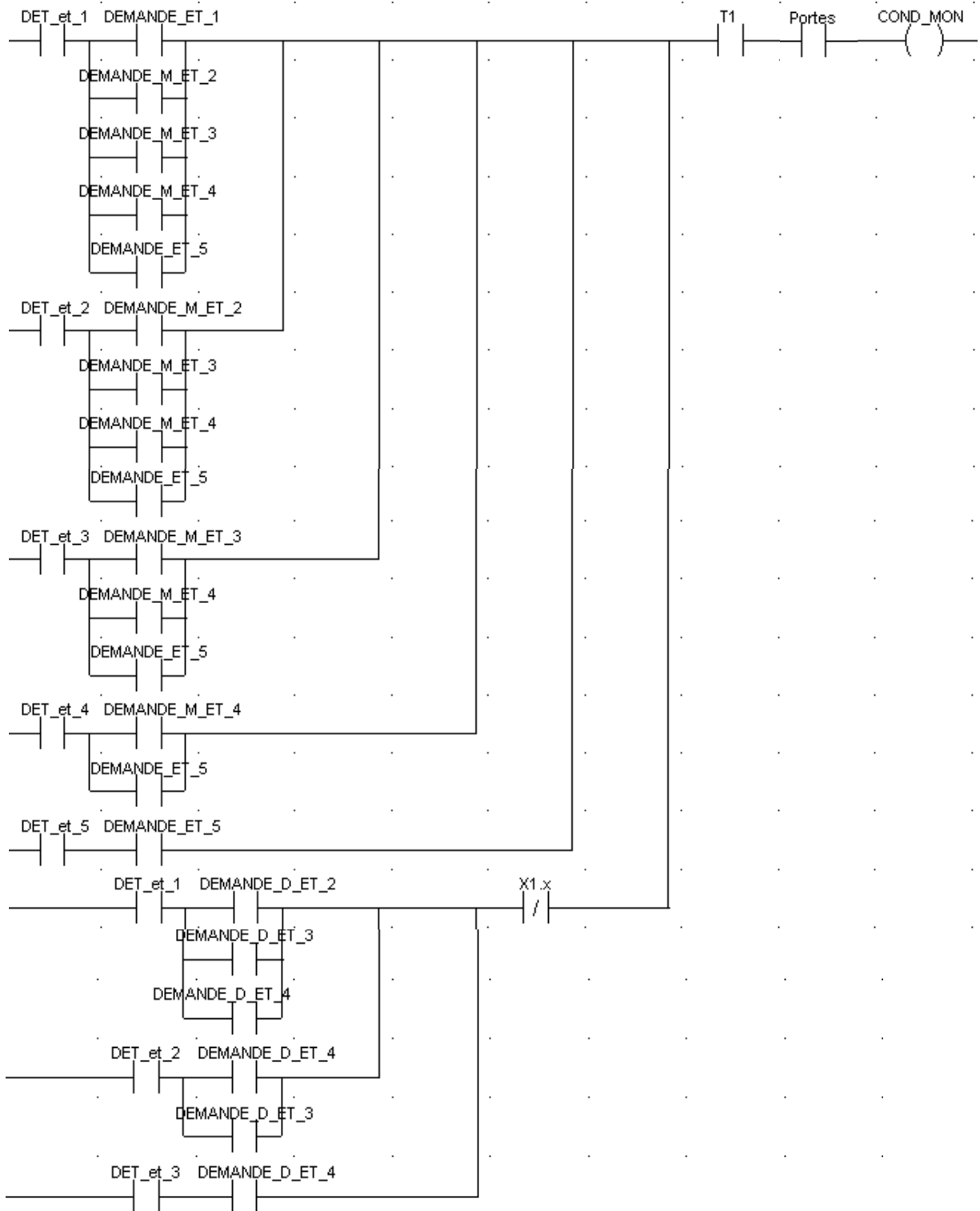
IV.4.3.3 Réalisation :

1) Section SFC :

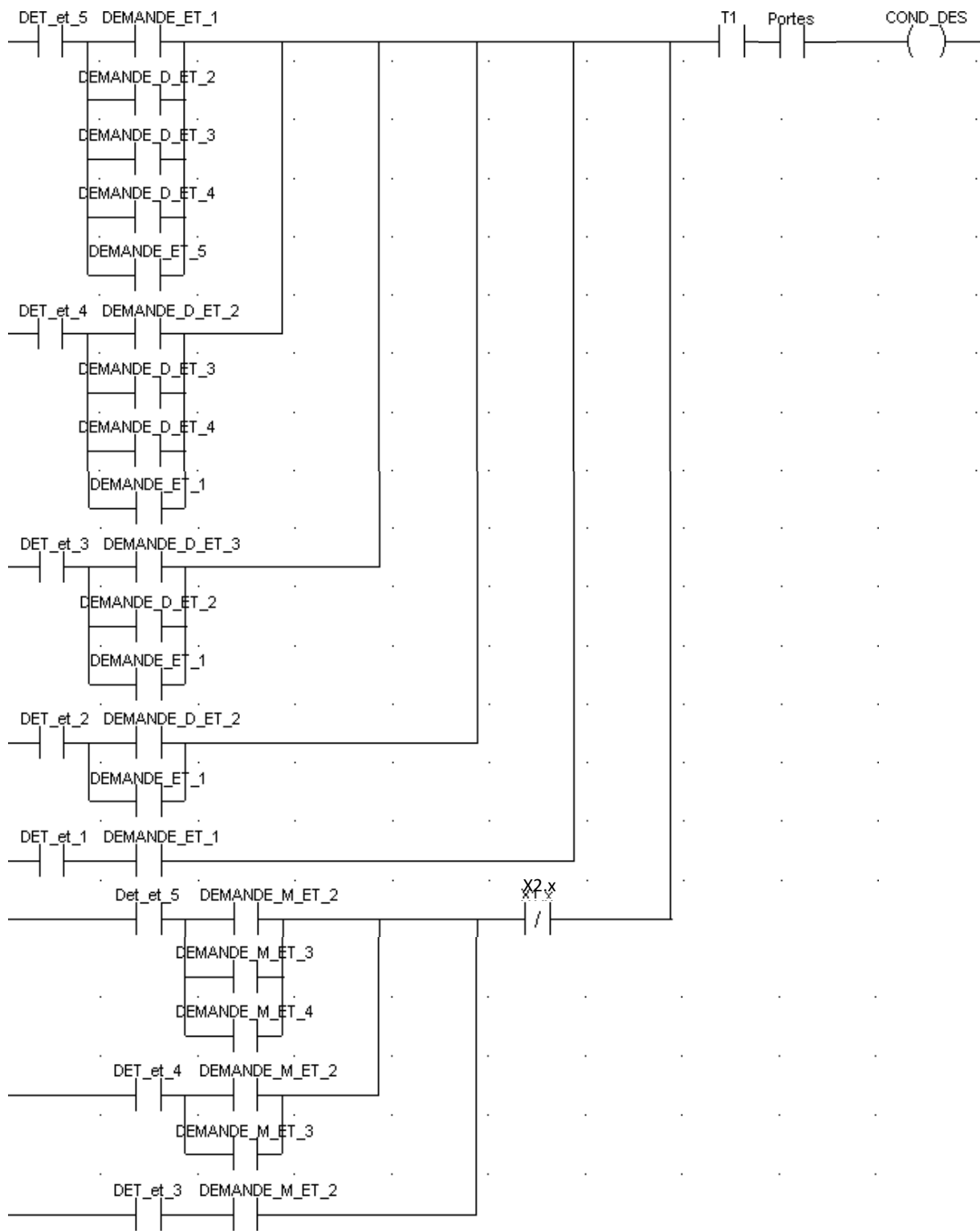
Dans cette section nous allons réaliser notre grafcet.



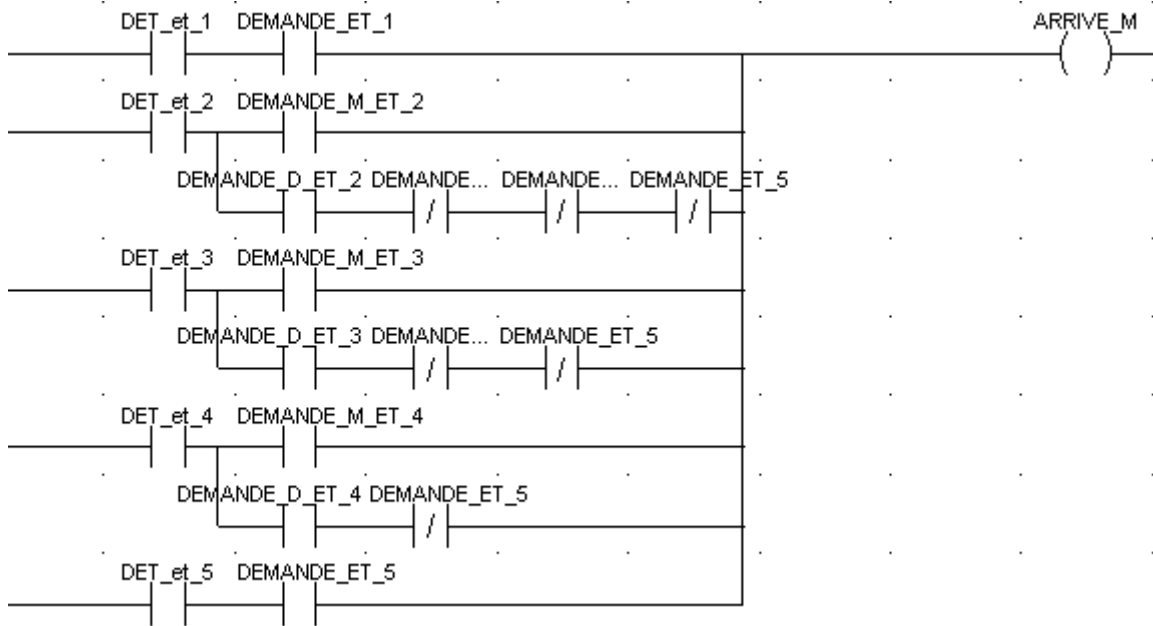
- Conditions de montée :



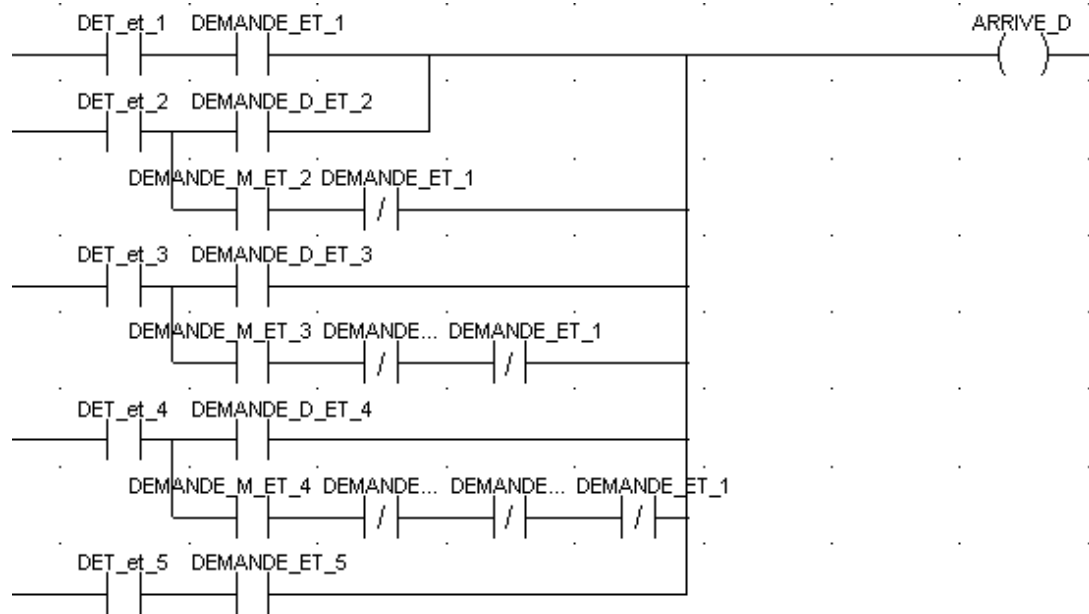
- Conditions de descente :



- Arrivé en montée (ARRIVE_M) :



- Arrivé en descente (ARRIVE_D) :

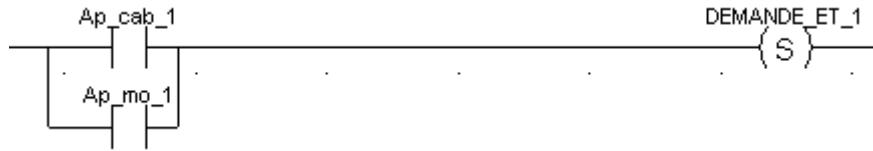


2) Section ladder :

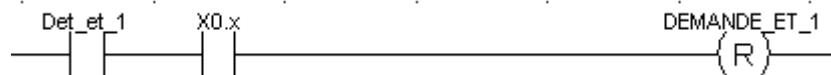
1. Demande des étages :

- Demande étage 1 :

Set :

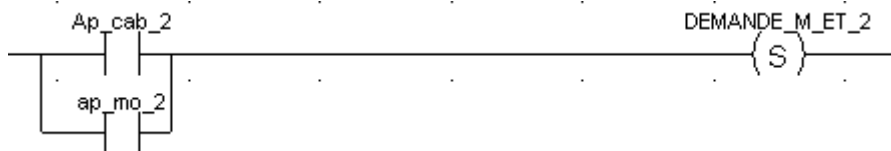


Reset :

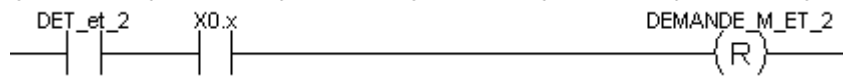


- Demande montée étage 2 :

Set :

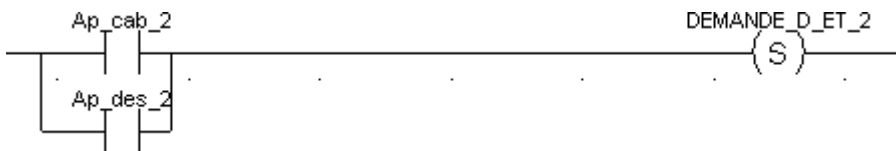


Reset :

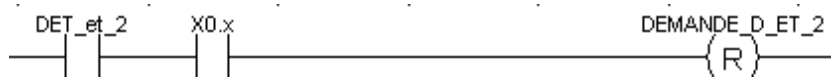


- Demande descente étage 2 :

Set :

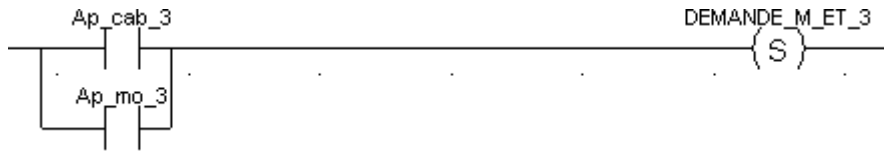


Reset :

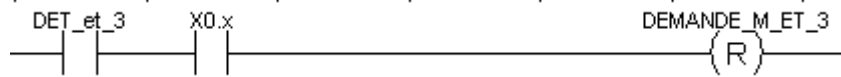


- Demande montée étage 3 :

Set :

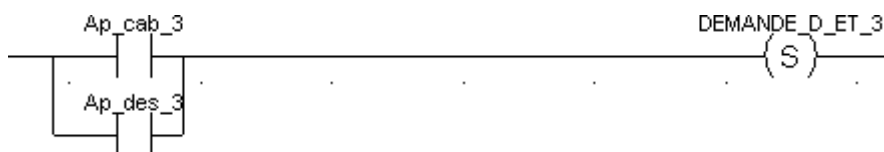


Reset :

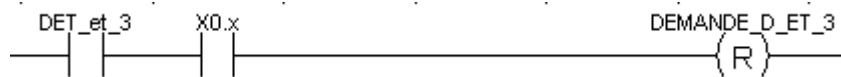


- Demande descente étage 3 :

Set :

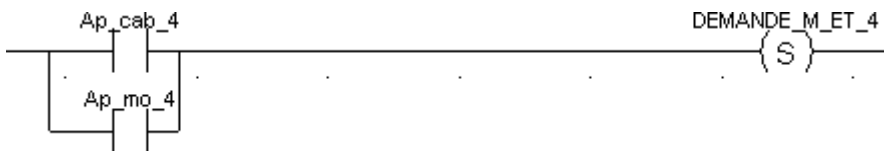


Reset :

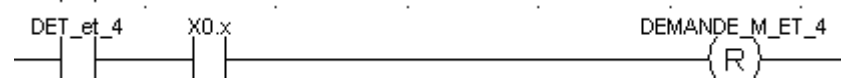


- Demande montée étage 4 :

Set :

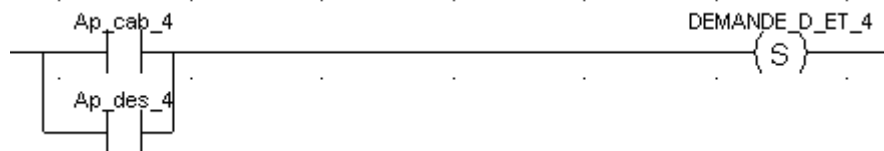


Reset :

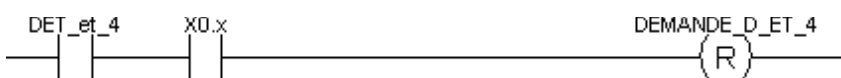


- Demande descente étage 4 :

Set :

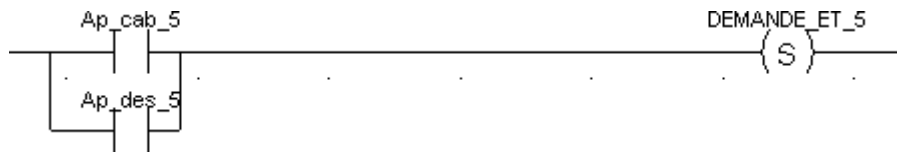


Reset :

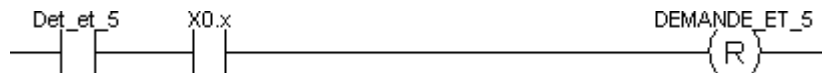


- Demande étage 5 :

Set :



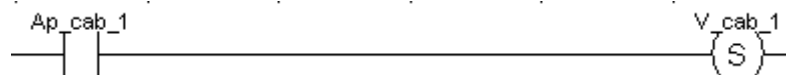
Reset :



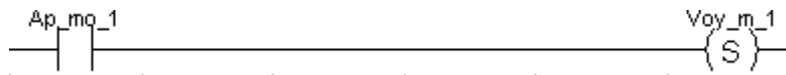
2. Voyants :

- Etage 1 :

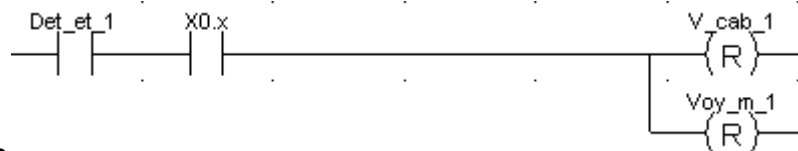
Set demande en cabine étage 1 :



Set demande de montée étage 1 :

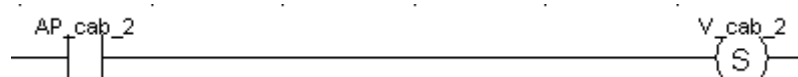


Reset étage 1 :

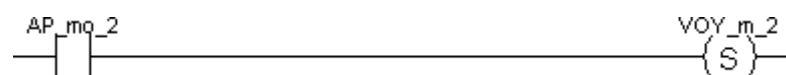


- Etage 2 .

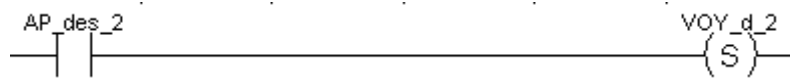
Set demande en cabine 2 :



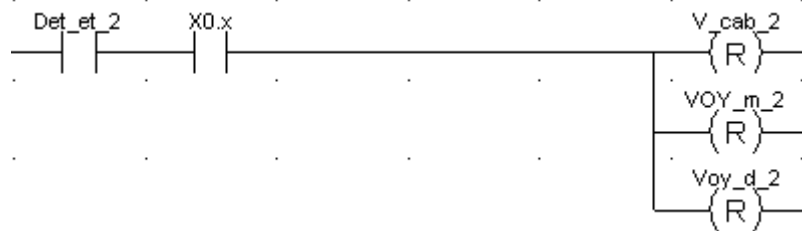
Set demande de montée étage 2 :



Set demande de descente étage 2 :

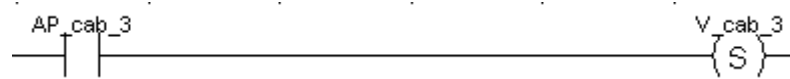


Reset étage 2 :

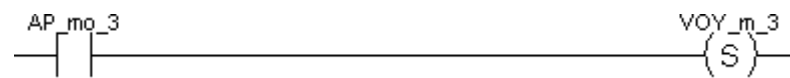


- Etage 3 :

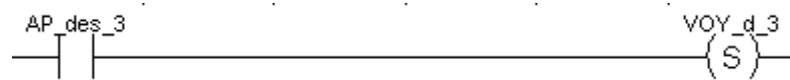
Set demande en cabine 3



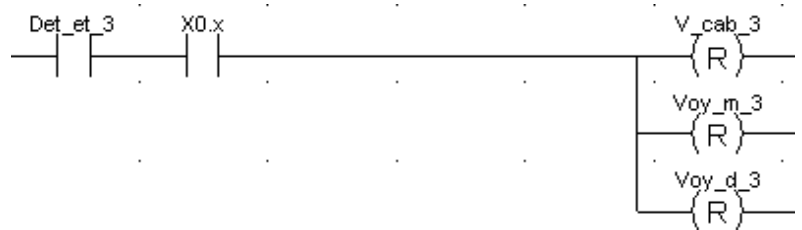
Set demande de montée étage 3 :



Set demande de descente étage 3 :

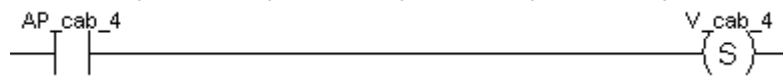


Reset étage 3 :

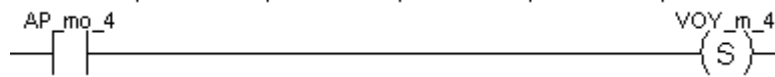


- Etage 4 :

Set demande en cabine 4 :



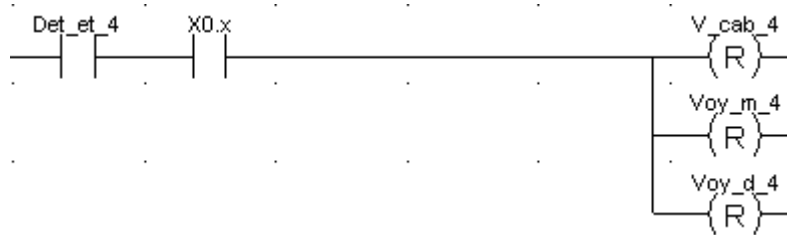
Set demande de montée étage 4 :



Set demande de descente étage 4 :



Reset étage 4 :

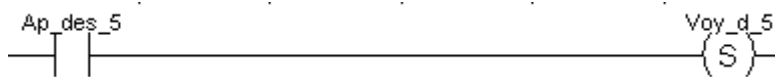


- Etage 5 :

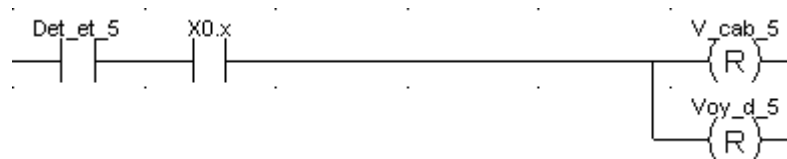
Set demande en cabine 5 :



Set demande de descente étage 5 :

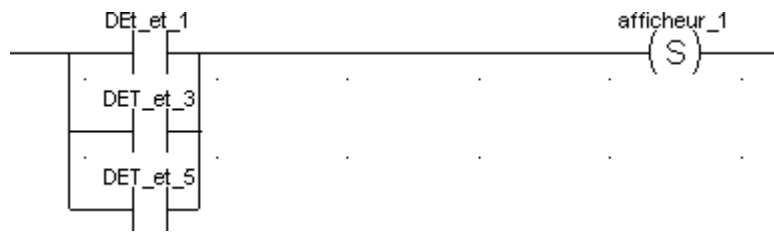


Reset étage 5 :

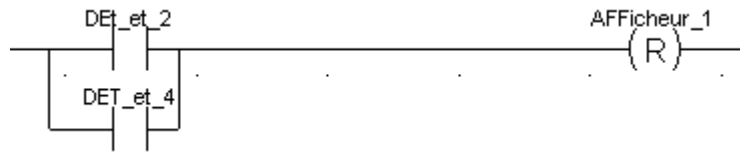


- Afficheur 1 :

Set :

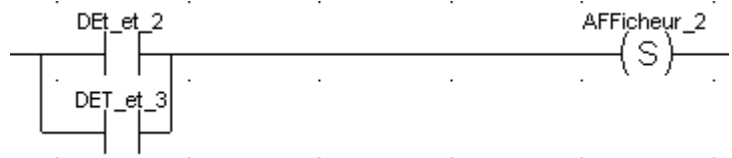


Reset :

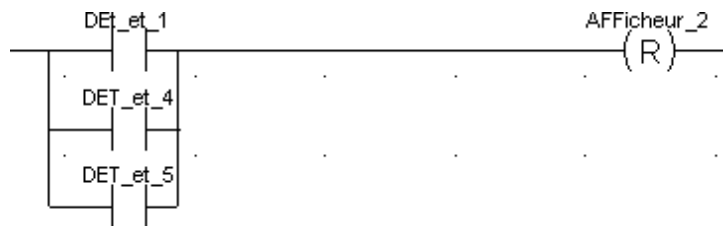


- Afficheur 2 :

Set :

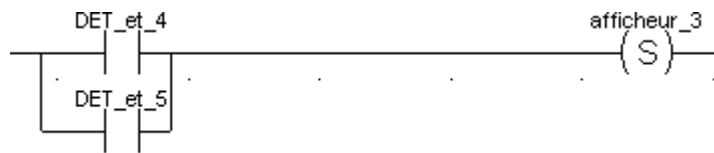


Reset :

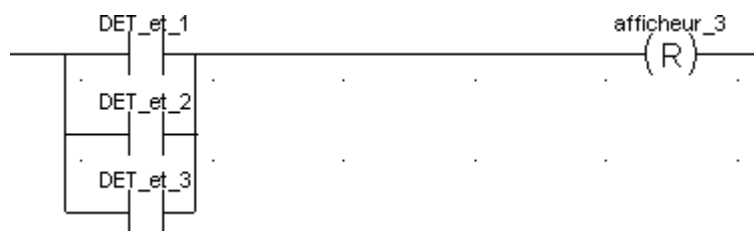


- Afficheur 3 :

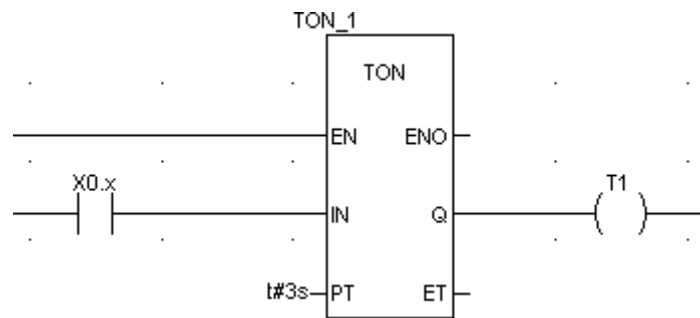
Set :



Reset :

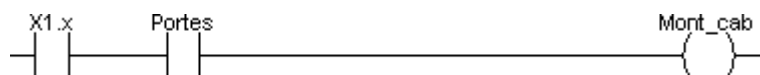


- Temporisateur :

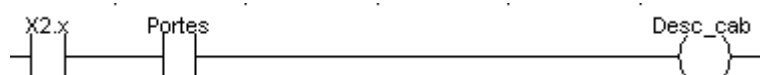


3. Actions :

- Monté de la cabine :



- Descente de la cabine :



- Détecteur des portes :



Remarque :

Le variable « Portes » est utilisé pour voir si toutes les portes sont fermées.

IV.5 Supervision :

Dans cette partie nous allons réaliser la supervision du projet final. Cette partie va contenir :

- La position de la cabine.
- L'état des portes ouvertes/fermés.
- Le numéro affiché dans l'afficheur sept segments.

Nous allons donner l'exemple où l'ascenseur est dans le 4ème étage et la porte est ouverte dans l'étage.



Figure IV.6 Ecran de supervision

IV.6 Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons parlé en détail de la machine qu'on a étudié, ces fonctionnalités de base, ces E/S et nous avons réalisé plusieurs cahiers de charge en terminant avec le cahier de charge d'un ascenseur réel qui trie les demandes d'une manière optimale et possède un système de sécurité adéquat.

Conclusion générale

La technologie est une chose qui évolue à tous moment.

L'ascenseur est l'un des résultats de cette technologie. Il assure au gens un moyen de déplacement rapide, confortable et sécurisé dans leur espace de vie ou de travail.

Dans ce projet nous avons discuté de l'ascenseur en général, les API, le logiciel Unity Pro et on a pu réaliser un cahier de charge réaliste, optimal et sécurisé.

L'automatisation de l'ascenseur a été faite avec un API M340. La commande ainsi que la supervision ont été réalisé avec le logiciel Unity Pro.

Enfin, on peut dire que ce travail nous a permis de développer nos connaissances en automatique et surtout l'automatique industriel.

Bibliographie :

- [1] M. Lbouhmadi, J. Laayoun « Etude d'ascenseur commandé par automate. programmable » projet de fin d'étude, Université sidi Mohammed ben Abdallah, Fès, Maroc 2007.
- [2] [Histoire de l'ascenseur Adresse URL : https://www.syderal.fr/histoire-ascenseur/](https://www.syderal.fr/histoire-ascenseur/).
- [3] La page wiki de l'ascenseur Adresse URL : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Ascenseur>.
- [4] Les types des ascenseurs Adresse URL : <https://energieplus-lesite.be/concevoir/ascenseurs2/choisir-le-type-d-ascenseur/>.
- [5] Les systèmes de motorisation des ascenseurs Adresse URL : <https://energieplus-lesite.be/techniques/ascenseurs7/systemes-de-motorisation/>.
- [6] Le choix de la motorisation de l'ascenseur Adresse URL : <https://energieplus-lesite.be/concevoir/ascenseurs2/choisir-la-motorisation-de-l-ascenseur-a-traction/>.
- [7] La sécurité des ascenseurs Adresse URL : <https://www.drieux-combaluzier.com/legislation-ascenseur-dispositifs>.
- [8] La page wiki des API Adresse URL : https://fr.wikipedia.org/wiki/Automate_programmable_industriel.
- [9] Les généralités sur les API Adresse URL : GE-S2-M8.1-Automatismes logiques Industriels-CRS-El Hammoumi.
- [10] Etude et commande d'un ascenseur par API par IOUSSAIDENE Sarah (2020).

- [11] Unity Pro Langages de programmation et structur Manuel de reference (2010).
- [12] Unity Pro Modes de marche (2018).
- [13] La page wiki de la supervision Adresse URL :
[https://fr.wikipedia.org/wiki/Supervision_\(informatique\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Supervision_(informatique)).
- [14] Ascenseur (Automate modicon M340) Manuel technique et pédagogique.