

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Mouloud Mammeri De Tizi-Ouzou



Faculté De Génie Electrique Et D'informatique
DEPARTEMENT D'AUTOMATIQUE

Mémoire de Fin d'Etude
De MASTER PROFESSIONNEL
Spécialité : **Automatique et Informatique Industrielle**

Présenté par
Mohand-Ameziane AOUALLI
Arezki MALLEK

Mémoire dirigée par M^{me} F. BOUDJEMAA et co-dirigé par M^{me} S. LABRAOUI

Thème

**Commande et supervision de la station
d'épuration des eaux usées de la ville de
Tamanrasset**

Mémoire soutenu publiquement le 25 juin 2014 devant le jury composé de :

M Prénom NOM

Grade, Lieu d'exercice, Président

M Prénom NOM

Grade, Lieu d'exercice, Rapporteur

M Prénom NOM

Grade, Lieu d'exercice, Examineur

M Prénom NOM

Grade, Lieu d'exercice, Examineur

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

À mon père et meilleur ami qui m'as tout offert

À ma très chère mère pour son grand amour et son soutien

À mon cher frère Ahmed

À mes deux chères sœurs Djamila & Nassima

À toute ma famille sans exception

*À tous mes amis : Nassim, Krimou, Abdeslam, Moha,
Yazid, Amirouche, Saïd*

À mon très cher ami Abderrahmane

À tous ceux qui se reconnaîtront en ce mot « ami »

*À mon ami Rezki avec qui j'ai eu l'honneur de partager ce
travail ainsi que toute sa famille*

Mohand-Ameziane

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

À mes très chers parents qui ont su être toujours présent à mes côtés, tout au long de ma vie pour me soutenir.

À mes très chers frères et sœurs

À mes amis que j'admire énormément.

À mon ami Ameziane avec qui j'ai eu l'honneur de partager ce travail ainsi que toute sa famille

Et à tous ceux qui se reconnaîtront en ce mot « ami »

Ainsi qu'à tous ceux qui m'ont aidé durant mon cursus.

Arezki

REMERCIEMENT

C'est avec humilité et gratitude que nous reconnaissons ce que nous devons

Nous commencerons par remercier et rendre grâce à « ALLAH » tout puissant pour nous avoir donné le courage et la volonté de mener à bon terme ce travail.

Nos sincères remerciements à notre encadreur M^{re} LABRAOUI, et toute l'équipe de MCR électric pour leur aide inestimable et leurs précieux conseils.

Nos remerciements vont en particulier à M^{re} BOUDJEMAA, notre enseignante et promotrice, qui nous a dirigés afin de bien mener à terme ce travail.

Que tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail, trouvent ici notre sincère reconnaissance.

Aux membres de jury qui nous feront l'honneur de juger ce travail

A tous les enseignants de département Automatique

SOMMAIRE

SOMMAIRE

| | |
|---|----------|
| INTRODUCTION GENERALE | 1 |
| CHAPITRE I : ANALYSE FONCTIONNELLE DE LA STATION..... | 2 |
| I.1. Introduction | 3 |
| I.2. Présentation de l'entreprise | 3 |
| I.3. Généralités sur la station d'épuration de Tamanrasset..... | 4 |
| I.4. Structure de la station..... | 4 |
| I.5. Fonctionnement de la station : | 6 |
| I.6. Description des ouvrages : | 6 |
| I.6.1. Le prédégrilleur | 7 |
| I.6.2. Le poste de relevage..... | 7 |
| I.6.3. Le dégrilleur fin..... | 7 |
| I.6.4. Le désableur/déshuileur | 7 |
| I.6.5. Les bassins d'aérations..... | 7 |
| I.6.6. Les décanteurs | 8 |
| I.6.7. Bassin de stockage | 8 |
| I.7. Conclusion..... | 8 |
| CHAPITRE II : MATERIEL ELECTRIQUE ET INSTRUMENTATION | 9 |
| II.1. Introduction..... | 10 |
| II.2. Description de l'installation électrique de la station..... | 10 |
| II.3. Equipements électriques de la station..... | 10 |
| II.3.1. Les pompes de relevages | 10 |
| II.3.2. Le moteur de dégrilleur..... | 10 |
| II.3.3. Les aérateurs | 11 |
| II.3.4. Le démarreur ATS 48 | 11 |
| II.3.4.1. Définition | 11 |
| II.3.4.2. Constitution..... | 12 |
| II.3.4.3. Principe de fonctionnement | 13 |
| II.4.4. Le moteur asynchrone triphasé..... | 15 |
| II.4.4.1. Constitution..... | 15 |
| II.4.4.2. Principe de fonctionnement | 16 |
| II.4. Equipement des armoires..... | 17 |
| II.4.1. Le disjoncteur | 17 |

SOMMAIRE

| | |
|---|-----------|
| II.4.2. Le contacteur..... | 17 |
| II.4.3. Relais miniature | 18 |
| II.5. L'instrumentation..... | 19 |
| II.5.1. Poire de niveau..... | 19 |
| II.5.2. Oxymètre | 20 |
| II.5.3. Débitmètre | 20 |
| II.6. Conclusion | 21 |
| CHAPITRE III : MODELISATION PAR L'OUTIL GRAFCET | 22 |
| III.1. Introduction | 23 |
| III.2. Le GRAFCET..... | 23 |
| III.2.1. Définition..... | 23 |
| III.2.2. Structure graphique : | 23 |
| III.2.3. Niveau d'un Grafcet | 24 |
| III.2.4. Règles d'évolution de GRAFCET | 24 |
| III.2.5. Macro étape | 25 |
| III.2.5.1. Définition..... | 25 |
| III.2.5.2. Règles et représentation..... | 25 |
| III.3. Description de cahier des charges de la station | 26 |
| III.3.1. Poste de relevage | 26 |
| III.3.1.1. Fonctionnement en mode manuel..... | 27 |
| III.3.1.2. Fonctionnement en mode automatique..... | 27 |
| III.3.2. Poste de lagunage | 27 |
| III.3.2.1. Fonctionnement en mode manuel | 28 |
| III.3.2.2. Fonctionnement en mode automatique | 28 |
| III.3.3. Table des mnémoniques | 29 |
| III.3.3.1. Poste de relevage | 29 |
| III.3.3.2. Poste de lagunage | 29 |
| III.4. GRAFCET niveau 2 de la station | 31 |
| III.4.1. Poste de relevage | 31 |
| III.4.2. Poste de lagunage | 36 |
| III.5. Conclusion..... | 51 |
| CHAPITRE IV : DEVELOPPEMENT DE LA SOLUTION PROGRAMMABLE..... | 52 |
| IV.1. Introduction | 54 |

SOMMAIRE

| | |
|--|-----------|
| IV.2. Les automates programmables industriels | 54 |
| IV.2.1. Architecture des automates | 54 |
| IV.2.1.1. Aspect extérieur : | 54 |
| IV.2.2.2. Aspect interne : | 55 |
| IV.2.3. Langage de programmation des API : | 55 |
| IV.2.4. Critère de choix d'un automate : | 56 |
| IV.3. Présentation générale de l'automate ZELIO : | 56 |
| IV.3.1. Face avant de l'automate | 57 |
| IV.3.2. Prise en main de module : | 57 |
| IV.3.2.1. Présentation des menus : | 58 |
| IV.3.2.2. Présentation du Menu configuration : | 59 |
| IV.3.2.3. Présentation de l'atelier ZELIO Soft : | 59 |
| IV.3.2.4. Création d'une application : | 60 |
| IV.3.3. Fenêtre Supervision : | 61 |
| IV.4. Présentation générale de l'automate S7-300 | 62 |
| IV.4.1. Caractéristique de l'automate S7-300 | 62 |
| IV.4.2. Constitution de l'automate S7-300 | 63 |
| IV.4.3. Programmation de l'API S7-300 | 63 |
| IV.4.3.1. Le bloc du programme utilisateur | 63 |
| IV.4.3.2. Bloc d'organisation (OB) | 63 |
| IV.4.3.3. Bloc fonctionnel (FB) | 64 |
| IV.4.3.4. Fonction (FC) : | 64 |
| IV.4.3.5. Bloc de données (DB) | 64 |
| IV.4.4. Création d'un projet dans S7-300 | 64 |
| IV.4.5. Programmation de poste de langage | 64 |
| IV.4.6. Test et simulation du programme utilisateur | 65 |
| IV.5. Conclusion : | 65 |
| CHAPITRE V: DEVELOPPEMENT DE LA PLATEFORME DE SUPERVISION | 66 |
| V.1. Introduction | 67 |
| V.2. La supervision | 67 |
| V.2.1. Les tâches d'un système IHM | 67 |
| V.2.2. Le logiciel de supervision WinCC FLEXIBLE | 68 |
| V.3. Le WinCC Flexible et le STEP 7 : | 69 |

SOMMAIRE

| | |
|--|-----------|
| V.3.1. Intégration de WinCC flexible dans STEP7..... | 69 |
| V.3.2. Avantages de l'intégration au STEP7..... | 69 |
| V.3.3. Création d'un projet sous WinCC flexible 2008 | 70 |
| V.3.4. Les vues de projet :..... | 72 |
| V.3.4.1. Vue d'accueil..... | 72 |
| V.3.4.2. Vue poste de relevage..... | 73 |
| V.3.4.3. Vue pupitre de commande :..... | 74 |
| V.3.4.4. Vue poste de lagunage :..... | 74 |
| V.3.4.5. Vue pupitre de commande aérateurs : | 75 |
| V.4. Conclusion :..... | 75 |
| CONCLUSION GENERALE..... | 76 |
| BIBLIOGRAPHIE | 78 |
| ANNEXE A | 79 |
| ANNEXE B..... | 84 |

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

Les contraintes croissantes de rentabilité et d'amélioration de la productivité, ont conduit à une automatisation de plus en plus poussée des systèmes de production.

En Algérie, l'automatisation a déjà pris une grande place dans le milieu industriel, toutes les installations industrielles se mettent à cette pratique, qui est en évolution constante et se tourne vers des systèmes de plus en plus autonome, fiable et sécurisé.

L'entreprise **Maintenance, Conception, Réalisation (MCR) ELECTRIC** utilise, depuis sa création, les nouvelles technologies pour la conception et la réalisation des systèmes de commande automatique pour les stations d'épuration des eaux usées et de traitement de l'eau potable en utilisant des techniques modernes.

Le travail qui nous est assigné, consiste à faire l'étude et la conception d'un système de commande automatique pour la station d'épuration des eaux usées de la ville de Tamanrasset. A cet effet, on a partagé le travail en cinq chapitres.

Dans le premier chapitre de ce mémoire, nous allons décrire d'une façon générale la station d'épuration des eaux usées de la ville de Tamanrasset et en particulier les différents ouvrages qu'elle possède.

Dans le second chapitre, nous allons aborder les équipements électriques et l'instrumentation utilisée dans cette station.

Le troisième chapitre sera consacré à la modélisation de cahier des charges imposé pour le fonctionnement de la station.

Pour le quatrième chapitre, nous allons aborder le choix de la structure d'automatisation choisie qui est constituée de deux automates : un automate ZELIO Logic de marque Schneider, et un S7-300 de chez Siemens.

Le dernier chapitre sera consacré à l'installation d'un système de supervision pour la station avec le logiciel WINCC Flexible. Le travail consiste à créer des vues correspondantes aux différents ouvrages de la station.

CHAPITRE I

ANALYSE FONCTIONNELLE DE LA STATION

ANALYSE FONCTIONNELLE DE LA STATION

I.1. Introduction

Conscient des dégâts causés par le rejet de ses déchets dans la nature, l'homme construit des stations d'épuration qui permettent de traiter les eaux usées.

Les stations d'épuration sont installées généralement à l'extrémité d'un réseau de collecte, juste en amont de la sortie des eaux usées vers le milieu naturel. La station d'épuration rassemble une succession de dispositifs, empruntés tour à tour par les eaux usées. Chaque dispositif est conçu pour extraire au fur et à mesure les différents polluants contenus dans l'eau.

En Algérie, les pouvoirs publics ont porté un grand intérêt au traitement des eaux usées qui s'est manifesté par l'allocation de crédits importants à la réalisation de stations d'épurations qui sont en grand nombre déjà réalisées ou en voie de réalisation.

I.2. Présentation de l'entreprise

MCR ELECTRIC est une entreprise d'étude et de réalisation de projets électromécanique, automatismes industriels et hydraulique. Elle a été créée en 2001.

De par son expérience et sa compétence, elle est en mesure de répondre aux besoins et aux exigences techniques de ses clients en assurant les missions suivantes [1] :

- Etude de plans technique ;
- Câblage et automatismes ;
- Etude et installation de tuyauteries et d'infrastructures hydromécaniques ;
- Instrumentation, régulation et automates programmables ;
- Equipements électromécaniques des stations de pompes, forages et stations de traitement d'eau potable.
- Installation de la télécommande et télégestion.
- Maintenance et rénovation des équipements électromécaniques (armoires de commandes, pneumatique, hydraulique, électronique de puissance, etc...).
- Installation et entretien de postes de livraison (transformateurs MT/BT, protection amont et aval, ...).

L'activité de MCR ELECTRIC s'exerce dans trois secteurs :

- Electromécanique : ces prestations englobent l'étude, la conception, la réalisation, les essais et mise en service d'installations de machines électriques (moteurs, démarreurs, variateurs, ...).
- Automatismes industriels :
 - Conseil, études et installations ;
 - Conceptions, programmation et supervision ;
 - Instrumentation et régulation ;
 - Assistance et Maintenance ;
 - Mise en service ;

ANALYSE FONCTIONNELLE DE LA STATION

De tout processus automatique (chaîne automatique de fabrication, processus de traitement d'eau potable et d'eau usée, ...).

- Hydraulique urbaine : ces prestations englobent l'étude d'exécution, la réalisation, la mise en service, la maintenance d'installation d'AEP (équipements de forages, boosters, stations de pompage, de traitement et d'épuration, postes de pompage des eaux usées).

I.3. Généralités sur la station d'épuration de Tamanrasset

La station d'épuration des eaux usées de la ville de Tamanrasset est située à Tihaguine au sud-ouest du centre-ville. Elle s'étale sur une superficie totale de 30 Hectares. Elle épure les eaux d'origine domestique avec un débit nominal de 20042.5 m³/jour à l'horizon 2015 soit une capacité équivalente à 167020 habitants. [9]

Cette Station répond à l'augmentation de la population, au développement de plusieurs activités artisanales et industrielles mais aussi, aux nouvelles normes de traitement des eaux usées.[9]

Résolument tournée vers la protection des ressources en eau et des générations futures. Cette Station d'épuration permet de traiter la totalité des polluants et elle est dimensionnée de façon à répondre, pour les années à venir, aux besoins de l'ensemble de la ville de Tamanrasset.[9]

Caractéristiques des eaux usées [9] :

- Débit = 20042.5 m³/jour.
- Taux de matière en suspension (MES) = 583 mg/l.
- Taux de matière organique produite en 5 jours (DBO₅) = 450 mg/l.

*DBO₅ : Demande biologique en oxygène pendant 5 jours.

*MES : matière en suspension.

I.4. Structure de la station

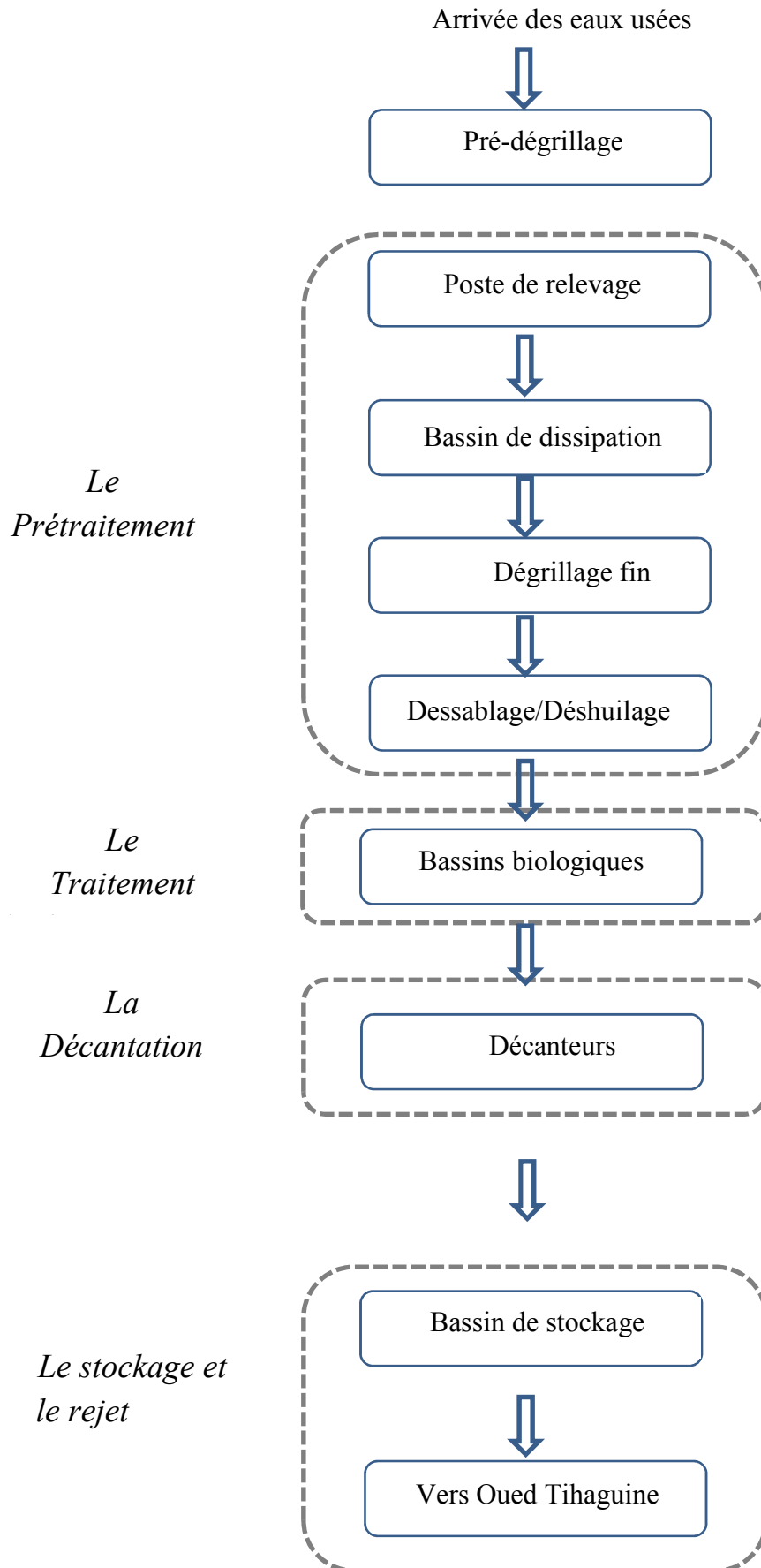
La station d'épuration est prévue pour les eaux usées de la ville de Tamanrasset qui sont à prépondérance domestique ;

La chaîne de traitement est composée de deux lignes en parallèle, le débit est partagé équitablement en deux sur les ouvrages afin d'améliorer la fiabilité de traitement, les opérations de maintenance et la souplesse de fonctionnement de la station [9].

La filière de traitement comprend (figure I.1) :

- Le prétraitement (traitement physique) ;
- Le traitement biologique;
- La décantation ;
- Le stockage et le rejet.

ANALYSE FONCTIONNELLE DE LA STATION



ANALYSE FONCTIONNELLE DE LA STATION

Figure I.1 : Diagramme fonctionnel de la station.

I.5. Fonctionnement de la station :

La station est aménagée pour traiter la pollution carbonée, azotée et phosphorée.

Les effluents de type urbain parviennent à la station, à travers un réseau de type séparatif, par le cheminement suivant [9]:

- Les eaux usées collectées arrivent dans une bache équipée de pompes immergées (1 + 1 en réserve) ;
- Elles sont refoulées ensuite vers un bassin de dissipation puis un dégrilleur fin manuel afin d'y être débarrassées des matières les plus volumineuses ;
- Les eaux brutes suivent ensuite deux files fonctionnant en parallèle pour être épurées et rejetées en milieu naturel ;
- Les eaux brutes dégrillées parviennent ainsi dans un ouvrage de dessablage/déshuilage permettant la séparation des graisses par flottation et la séparation des sables par décantation ;
- L'effluent passe ensuite dans la zone de traitement biologique comportant deux bassins d'aération longitudinaux de 80000 m³ équipés chacun de 06 aérateurs flottants ;
- La liqueur mixte issue des bassins d'aération est dirigée vers 02 décanteurs de 14000 m³, ouvrage de séparation des boues et de l'eau traitée ;
- Les eaux épurées passent à travers une conduite de diamètre 400mm vers un bassin de stockage et rejoignent ensuite l'oued Tihaguine affluent de l'oued de Tamanrasset ;
- Les boues dans le décanteur sont stockées pendant un certain temps dans cet ouvrage ;
- Ces boues seront extraites manuellement ou par pompage. Elles seront stockées, soit dans le bassin existant sur le site de la station ou dans une aire de stockage à l'extérieur de la clôture, soit sur une plate-forme qui sera aménagée à l'intérieur de la clôture en vue d'une éventuelle valorisation.

I.6. Description des ouvrages :

La station est équipée des ouvrages suivants [9]:

- Un prédégrilleur ;
- Un poste de relevage ;
- Deux dégrilleurs ;
- Un dessableur/déshuileur ;
- Deux bassins d'aération ;
- Deux décanteurs ;
- Un bassin de stockage.

I.6.1. Le prédégrilleur

L'opération de prédégrillage consiste à faire passer l'effluent entre les barreaux d'une grille fixe, il retire ainsi les fragments supérieurs à l'écartement de la grille.

I.6.2. Le poste de relevage

Il est situé en aval du prédégrilleur et en amont du bassin de dissipation (qui est en aval de dégrilleur fin). Deux pompes émergées fonctionnent selon le niveau d'eau usée dans le poste, pour relever l'eau à une hauteur considérable vers le bassin de dissipation et après vers le dégrilleur fin via un canal à ciel ouvert.

I.6.3. Le dégrilleur fin

L'eau de poste de relevage est pompée et refoulée vers les deux dégrilleurs fins qui sont à nettoyage manuel. Ils sont composés de deux grilles avec un espace entre barreaux de 10mm.

Le nettoyage de ces grilles s'effectue d'une manière très simple par une racle rigide. Les grilles peuvent être isolées, chacune en amont et en aval, par des vannes murales et ce pour les opérations d'entretien et de maintenance.

Cet ensemble est en communication hydraulique directe avec l'ouvrage de déshuilage/dessablage.

Les refus des deux dégrillages fins sont déversés dans une benne tractable de 3m³ de volume, placée à côté de l'ouvrage de dégrillage.

Cet ouvrage est précédé d'un canal de by-pass.

I.6.4. Le déssableur/déshuileur

Le but dessablage est l'extraction des eaux brutes, les graviers, sables et particules minérales plus au moins fines, de façon à éviter les dépôts dans les bassins d'aération.

La forme du radier est adaptée à la reprise des sables. L'extraction de ce dernier est réalisée manuellement par pompe suceuse ou pelle, déversant la sable dilué dans une benne tractable.

Le déshuilage a pour but la rétention des graisses par flottation naturelle.

Ces deux phases sont ainsi combinées et réalisées dans un même ouvrage.

Tout l'ouvrage peut être isolé en amont et en aval respectivement par deux vannes murales.

I.6.5. Les bassins d'aérations

Le procédé d'épuration mis en œuvre est le traitement des eaux usées par lagunage aéré.

L'eau ainsi dessablée et déshuilée est répartie dans deux bassins identiques où s'effectue la transformation des matières organiques en matières minérales en présence des micro-organismes. Ces deux bassins sont protégés par un géotextile et une géo membrane.

Le bassin est un réacteur biologique alimenté en continu dans lequel la biomasse est brassée et aérée en même temps que l'eau usée. L'aération se fait avec six aérateurs pour chaque bassin, ils ont pour but de dissoudre de l'oxygène dans la liqueur mixte, afin de

ANALYSE FONCTIONNELLE DE LA STATION

répondre au besoin des micro-organismes épurateur.

Après un temps de contact suffisant, la liqueur mixte est envoyée vers les décanteurs.



Figure I.2 : bassin d'aération de la STEP.

I.6.6. Les décanteurs

Le mélange d'eau et de boues est évacué des bassins d'aération vers les décanteurs pour achever la séparation des phases solides et liquides. La séparation se fait par décantation des boues au fond du bassin, il est important de conserver un niveau constant de boues dans le décanteur pour maintenir une biomasse suffisante dans le système.

I.6.7. Bassin de stockage

À la sortie de la décantation, les eaux épurées sont envoyées ensuite, à travers une conduite en PVC de diamètre 400mm, vers un Bassin de stockage afin d'y être rejeté vers le milieu naturel.

I.7. Conclusion

Dans ce premier chapitre, nous avons décrit le fonctionnement de la station d'épuration de la ville de Tamanrasset et les différentes étapes et ouvrages que suivent les eaux usées pendant le processus de traitement.

Le chapitre suivant sera consacré à la description de matériel électrique et à l'instrumentation utilisée.

Chapitre II

**MATERIEL ELECTRIQUE ET
INSTRUMENTATION**

II.1. Introduction

La station d'épuration des eaux usées de la wilaya de Tamanrasset est dotée d'équipement électrique et d'instrumentation de nouvelle technologie. Ce matériel est connu pour ses performances, sa robustesse et sa sécurité.

Après avoir étudié la station et après une bonne compréhension de processus de traitement, nous donnons une description ainsi qu'une étude sur les équipements électriques (pompes, aérateurs, moteurs, ...) et l'instrumentation (capteur, ...) utilisée. Cette étude nous permettra de concevoir notre commande de fonctionnement automatisée qui répondra aux exigences de fonctionnement de la station.

II.2. Description de l'installation électrique de la station

L'installation électrique, servant à alimenter la station d'épuration est composée des parties suivantes :

- Une ligne d'alimentation 30 KV ;
- Un poste de livraison électrique 30 kV à comptage moyenne tension ;
- Deux sous stations de transformation électrique 30 / 0.4 kV ;
- Deux armoires de distribution principale (ADP) au niveau du local technique (salle de commande) ;
- Coffrets de commande moteurs [2].

II.3. Equipements électriques de la station

La partie opérative (puissance) de la station est équipée de :

- Les pompes de relevage ;
- Les aérateurs ;
- Le moteur de dégrilleur.

II.3.1. Les pompes de relevages

Les pompes de relevages utilisées sont au nombre de deux (une de fonctionnement et l'autre en réserve) et d'une puissance de 155 kW chacune, elles sont émergées dans la station de relevage et permettent de relever l'eau usée vers le dégrilleur fin. Le démarrage des pompes se fait par démarrage progressif à l'aide de démarreur progressif ATS 48. Ce type de démarrage est utilisé pour éviter l'appel important du courant au démarrage et les arrêts brusques [2].

II.3.2. Le moteur de dégrilleur

C'est un moteur asynchrone triphasé d'une puissance de 0,9 kW. Il est actionné manuellement afin de dégager les déchets récupérer vers une benne tractable [2].

II.3.3. Les aérateurs

L'alimentation des bassins biologiques (d'aérations) par l'oxygène, dont ont besoin les micro-organismes pour se développer afin d'éliminer les matières organiques, est assurée par six aérateurs dans chaque bassin. Pour alimenter les turbines de ces aérateurs de surfaces afin d'assurer un brassage de toute la biomasse, et un apport suffisant d'oxygène aux micro-organismes, les aérateurs ont une puissance de 55 kW chacun [2].

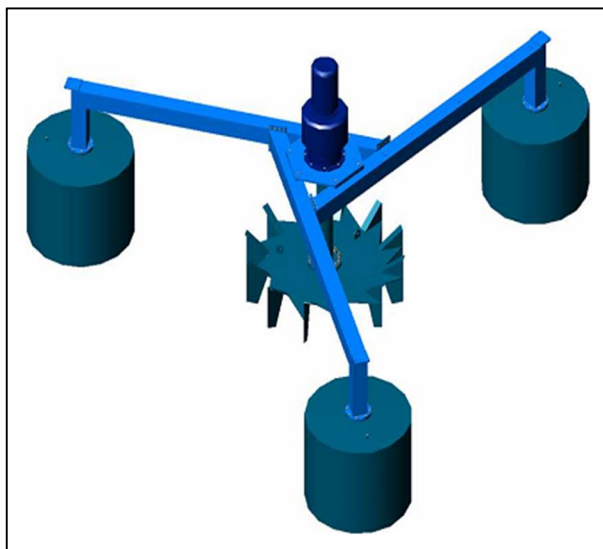


Figure II.1: aérateur KAMPS AIRMAX.

II.3.4. Le démarreur ATS 48

Pour démarrer les moteurs qui équipent les aérateurs et les pompes de relevage, on a opté pour un démarrage progressif en utilisant un démarreur Schneider ATS 48. Le choix s'est posé sur ce démarreur progressif comme solution convenable grâce aux avantages qu'il offre : moderne, fiable, économique et sans entretien.

II.3.4.1. Définition

Les démarreurs progressifs sont des appareils de commande électroniques conçus pour le démarrage progressif des machines asynchrones à courant triphasé. Par le biais d'une commande en angle de phase, les trois phases du moteur sont influencées par des thyristors de telle sorte que les intensités puissent augmenter constamment. Le couple du moteur se comporte de la même manière au cours de l'accélération. Ceci permet au moteur de démarrer sans secousses. On évite aussi la détérioration d'éléments de commande en réduisant le couple au démarrage qui se manifeste brutalement dans le cas d'un enclenchement direct.

Cette propriété permet de réduire les coûts de fabrication des éléments du moteur. La fonction d'arrêt progressif a pour but de prolonger la durée naturelle de décélération des moteurs et d'éviter ainsi leurs arrêts brutaux [5].

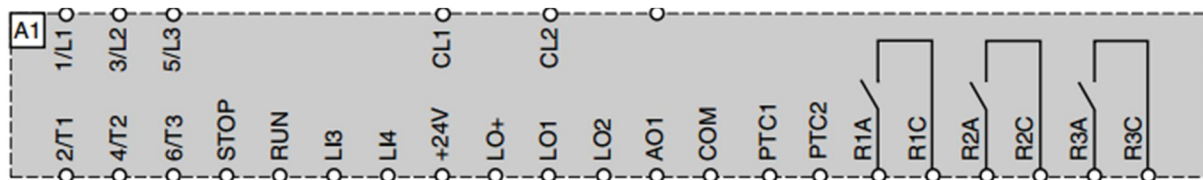


Figure II.2 : Schéma représentatif du l'ATS 48.

II.3.4.2. Constitution

Les démarreurs modernes sont composés de deux modules généralement regroupés dans une même enveloppe (Figure II.3):

- Un module de contrôle qui gère le fonctionnement de l'appareil ;
- Un module de puissance qui alimente le moteur en énergie électrique.

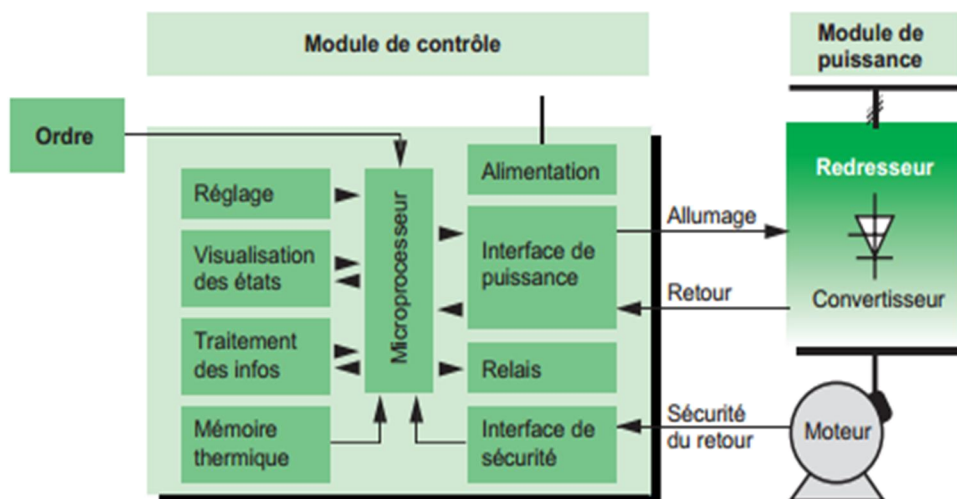


Figure II.3: structure générale d'un démarreur progressif.

➤ Le module de contrôle :

Sur les démarreurs modernes, toutes les fonctions sont commandées par un microprocesseur qui exploite les réglages, les ordres transmis par un opérateur ou par une unité de traitement, et les résultats de mesures comme la vitesse, le courant, ...etc. à partir de ces informations, le microprocesseur gère :

- L'allumage des composants de puissance ;
- Les rampes d'accélération et de décélération ;
- L'asservissement de la vitesse ;
- La limitation en courant ;
- Les protections.

➤ Le module de puissance : Il est principalement constitué de :

- Composants de puissance (diode, thyristors, Transistors,...) ;
- Interface de tension ou de courant ;

- Fréquemment d'un ensemble de ventilation.

Les composants de puissance sont des semi-conducteurs fonctionnant en tout ou rien, donc comparables à des interrupteurs statiques pouvant prendre les deux états : passant ou bloqué [5].

II.3.4.3. Principe de fonctionnement

Le démarreur ralentisseur, réalise la mise en vitesse et le ralentissement progressif des moteurs asynchrones a cage sans a coup et sans pointes de courant ni chute de tension excessives mêmes en cas de fortes inerties.

Son circuit de puissance comporte, par phase, deux thyristors en tête bêche, la variation de la tension est obtenue en faisant varier le temps de conduction de ces thyristors au cours de chaque demi période. Plus l'instant de l'amorçage est retardé, plus la valeur de la tension résultante est faible. C'est le principe de gradateur de tension.

L'amorçage des thyristors est géré par un microprocesseur qui assure les fonctions suivantes :

- Contrôle des rampes d'accélération et de décélération réglable ;
- Limitation du courant réglable sur couple ou décollage ;
- Commande de freinage par injection de courant continu ;
- Protection des démarrages contre les surcharges ;
- Protection du moteur contre les échauffements dus aux surcharges ou au démarrage trop fréquent ;
- Détection de déséquilibre ou absence de phase ;
 - Les surtension et chutes de tension ;
 - Les courts-circuits entre phases et entre phase et neutre.

Un démarreur peut commander le démarrage et le ralentissement :

- D'un seul moteur ;
- De plusieurs moteurs simultanément, dans la limite de son calibre ;
- De plusieurs moteurs successivement par commutation.

➤ Gradateur de tension

Le gradateur est un convertisseur qui permet de transformer une source de tension sinusoïdale alternative de valeur efficace fixe en une tension alternative de valeur efficace variable de même fréquence.

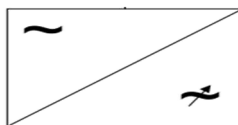


Figure II.4 : Symbole du gradateur.

a. Principe de fonctionnement

Le gradateur se comporte comme un interrupteur. Il permet d'établir ou d'interrompre la liaison entre la source de tension et le récepteur. La tension aux bornes du récepteur évolue en fonction de la commande de l'interrupteur. Le réglage de l'intensité du courant débité par la source permet de moduler l'énergie absorbée par le récepteur.

b. Constitution

L'interrupteur qui constitue le gradateur est composé de 2 thyristors montés tête-bêche ou d'un triac. Cet étage de puissance est associé à une « électronique » de commande permettant de faire varier l'angle d'amorçage α des thyristors.

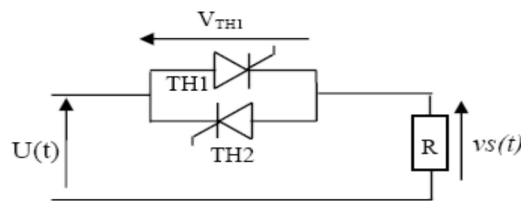


Figure II.5: Principe de gradateur de tension

L'alimentation du moteur asynchrone triphasé, par montée progressive de la tension au démarrage, est obtenue par l'intermédiaire d'un gradateur dont le circuit se compose de 6 thyristors, montés tête-bêche dans chaque phase du réseau.

Il permet, en fonction de l'instant et de l'angle d'amorçage des thyristors, de délivrer une tension qui augmente progressivement à fréquence fixe.

La montée progressive de la tension de sortie peut être, soit contrôlée par la rampe d'accélération, soit asservie à la valeur du courant de limitation, soit liée à ces deux paramètres [5].

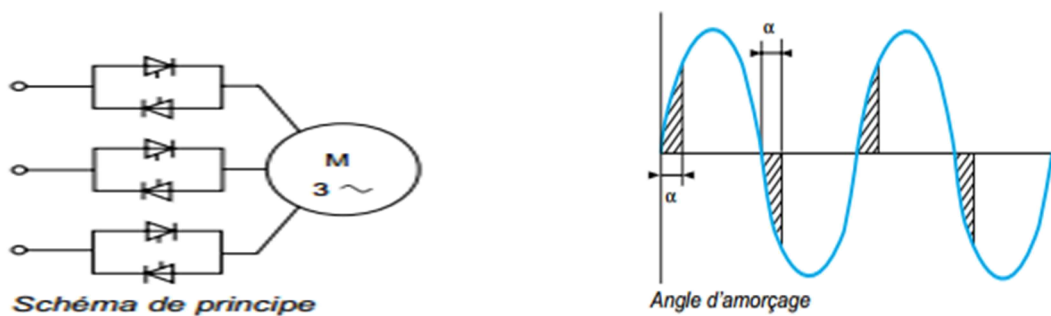


Figure II.6: principe de fonctionnement d'un gradateur.

II.4.4. Le moteur asynchrone triphasé

L'actionneur électrique le plus utilisé dans les équipements automatiques et les machines-outils (exemple : tour, fraiseuses) est le moteur asynchrone triphasé à cage (ou à

rotor en court-circuit). Il représente plus de 80% du parc moteur électrique. Ils sont utilisés pour transformer l'énergie électrique en énergie mécanique grâce à des phénomènes électromagnétiques.

C'est une machine robuste, économique et nécessitant peu de maintenance. De plus la vitesse de rotation est presque constante sur une large plage de puissance.

Ce type de moteur est utilisé dans la station pour les pompes de relevage, le dégrilleur et les aérateurs de surface.

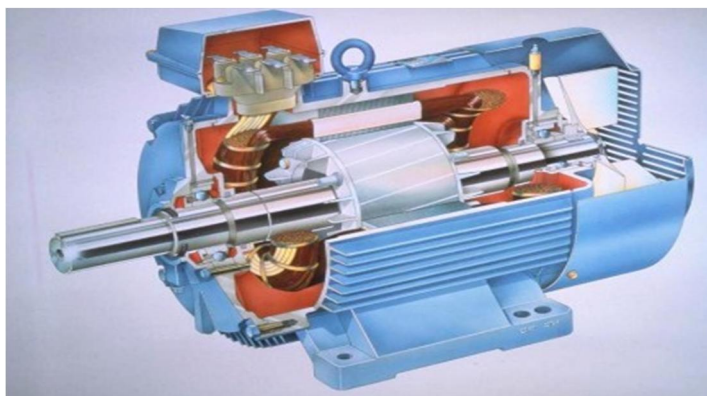


Figure II.7 : Vue en coupe d'un moteur asynchrone.

II.4.4.1. Constitution

Le moteur asynchrone triphasé est constitué de deux parties : une partie tournante appelée rotor ou induit, et une partie fixe appelée stator ou bien inducteur.

- **Le stator**

Le stator est formé d'une carcasse ferromagnétique qui contient trois enroulements électriques. C'est la partie fixe du moteur. Le passage d'un courant dans les enroulements crée un champ magnétique à l'intérieur du stator. Sur les moteurs triphasés, il y a 3 enroulements alimentés (en étoile 230V ou en triangle 400V) chacun par une phase. Pour le moteur asynchrone, le stator est l'inducteur (celui qui "induit", qui crée le champ magnétique). Au centre des trois bobines se trouve le rotor.

- **Le rotor**

C'est l'élément en rotation qui transmet la puissance mécanique. Il se trouve au centre du moteur et est soumis au champ magnétique créé par le stator. Pour le moteur asynchrone, le rotor est l'induit (celui qui subit les courants « induit »).

II.4.4.2. Principe de fonctionnement

- **Création d'un champ tournant**

Les 3 enroulements du stator sont orientés à 120° l'un par rapport à l'autre. Alimentés en courant triphasé (chaque courant est déphasé de $1/3$ période), ces enroulements créent un champ magnétique tournant. Sa vitesse de rotation s'appelle vitesse de

synchronisme. Sa valeur en tours par secondes vaut la fréquence du réseau qui alimente les bobines en Hz (50Hz pour l'Algérie).

La vitesse de synchronisme est nommée Ω_s en rad/s ou n_s en tours/s. on a alors $\Omega_s = 2\pi n_s$.

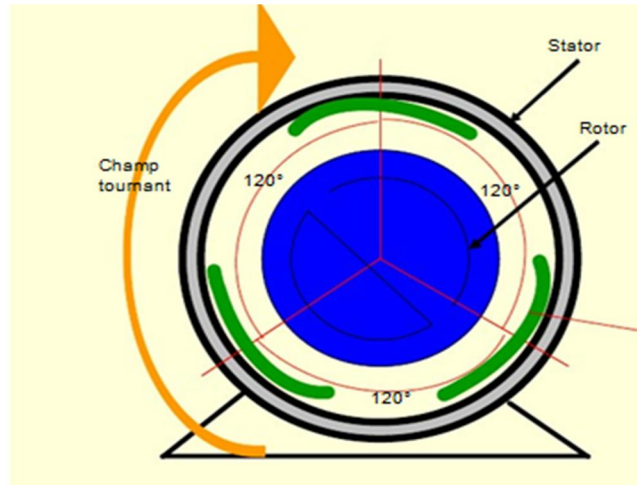


Figure II.8: Principe du moteur asynchrone triphasé.

- **Glissement**

Il existe donc toujours une différence de vitesse de rotation entre le stator (Ω_s) et le rotor (Ω). Cette différence s'appelle le glissement. Un observateur placé sur le rotor voit ainsi glisser le champ magnétique autour de lui.

Le glissement (g) est défini comme un rapport et n'a pas d'unité :

$$g = \frac{\Omega_s - \Omega}{\Omega_s} = \frac{n_s - n}{n_s}$$

n_s : La fréquence de rotation du champ \vec{B} en tours par seconde [tr.s^{-1}].

n : La fréquence de rotation du rotor en tours par second [tr.s^{-1}].

C'est à cause du glissement que le moteur est appelé "asynchrone".

II.4. Equipement des armoires

II.4.1. Le disjoncteur

Le disjoncteur est un appareil mécanique de connexion, placé en tête de l'installation pour la protéger contre les courts-circuits et les surcharges, les défauts d'isolement, par ouverture rapide du circuit en défaut. Il remplit aussi la fonction de sectionnement (isolement d'un circuit). Certains disjoncteurs permettent une télécommande à distance.[11]

Il comporte essentiellement :

- Un circuit principal, constitué des parties conductrices liant le réseau d'alimentation et le circuit à protéger.

- Un circuit de commande qui englobe toutes les parties insérées dans le circuit pour commander l'ouverture et la fermeture.
- Un circuit auxiliaire qui peut assurer des fonctions de signalisation ou de verrouillage.



Figure II.9 : disjoncteur compact

II.4.2. Le contacteur

C'est un appareil mécanique de connexion ayant une seule position de repos, capable d'établir et d'interrompre les courants dans les conditions normales de fonctionnement. La commande de contacteur peut être obtenue à la main soit par une commande extérieure (l'énergie électrique ou pneumatique ...)

Les contacteurs sont caractérisés par leur faculté de commander des puissances élevées avec un facteur d'amplification qui peut atteindre 2000. Ils garantissent une séparation électrique entre circuit d'entrée et de sortie. Leur propriété de télécommander permet de réaliser des automatismes très complexes.[11]



Figure II.10: Quelques exemples de contacteurs.

Le contacteur comporte quatre parties essentielles :

- Circuit principal qui est constitué de pôles principaux, contacts principaux et éléments de liaison électrique.
- Circuit de commande qui comporte le contact de commande.
- Circuit auxiliaire qui sert à verrouiller ou à signaler la position du circuit de commande principal.
- L'organe moteur qui est constitué d'une bobine alimentée par courant électrique.

II.4.3. Relais miniature

Un relais électromécanique est un organe électrotechnique permettant la commutation de liaisons électriques. Le plus important est que le relais est un conducteur magnétique. Il est chargé de transmettre un ordre de la partie commande à la partie puissance d'un appareil électrique et permet, entre autres une isolation galvanique entre les deux parties.[11]



Figure II.11 : Relais miniature

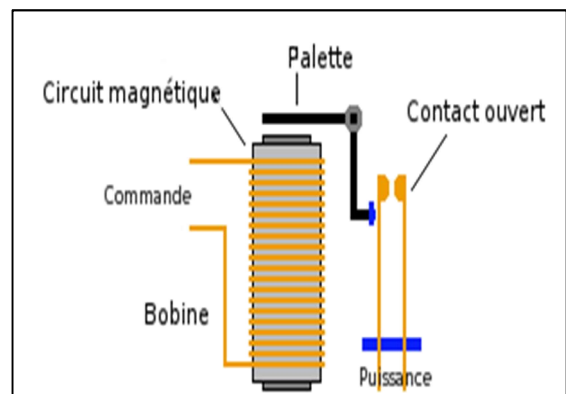


Figure II.12 : schéma d'un relais électromécanique

II.5. L'instrumentation

C'est les instruments qui permettent de mesurer les grandeurs physiques et de les convertir en signaux électriques, tensions ou courants numériques ou analogiques.

Dans notre station, nous distinguons :

- Poires de niveau ;
- Oxymètres ;
- Débitmètres.

II.5.1. Poire de niveau

Une poire de niveau (ou *interrupteur à flotteur*) est un dispositif suspendu au-dessus d'un plan d'eau (ou d'un autre liquide) au moyen d'un câble électrique souple constitué de deux fils isolés qui permet de détecter si le niveau de l'eau atteint ou non une certaine cote d'alerte.



-a- Circuit fermé



-b- Circuit ouvert

Figure II.13: Intérieur d'une poire.

Notre station est équipée de poire au niveau de poste de relevage pour détecter le niveau haut et le niveau bas qui vont commander le démarrage et l'arrêt des pompes.

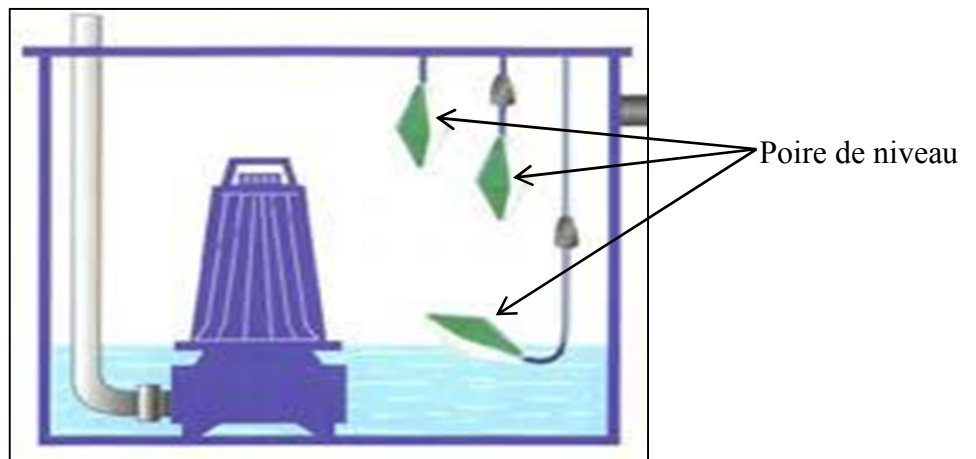


Figure II.14: Emplacement des poires de niveau dans un poste de relevage.

II.5.2. Oxymètre

Les bassins biologiques (d'aérations) sont équipés d'oxymètres (sondes d'oxygène) pour la mesure du taux d'oxygène dissous dans l'eau afin de mettre en marche ou en arrêt les aérateurs de surfaces.



Figure II.15 : Oxymètre.

II.5.3. Débitmètre

Le débitmètre est un appareil qui permet la mesure du débit des fluides. Dans notre station d'épuration, deux débitmètres ont été utilisés. Ils sont de type ultrasonique et sont placés pour la mesure du débit d'entrée de l'effluent et la mesure du débit de sortie de l'eau traité.

Le débitmètre par ultrason s'utilise pour des mesures de contrôle ou pour détecter de façon rapide le débit d'un tuyau. Il travaille selon la méthode de différence dans le temps d'exécution. Le principe de mesure du débitmètre par ultrason est très simple. Dans une mesure diagonale dans un tube on a besoin de moins de temps pour une mesure en direction du courant que pour une mesure en direction contraire. Plus le débit augmente, plus on a besoin de temps pour mesurer si la mesure est contre le courant, et moins on a besoin de temps si la mesure est dans le sens du courant. La différence entre les temps de flux en direction du courant, ou en sens inverse, dépend directement de la vitesse du flux. Le débitmètre par ultrason utilise cet effet pour déterminer la vitesse du flux et du débit. Les transducteurs électro-acoustiques du débitmètre par ultrason reçoivent et émettent de brèves impulsions ultrasoniques à travers du milieu qui flue dans la tuyauterie. Les transducteurs se situent en direction verticale de façon décalée des deux côtés du tube à mesurer. Les capteurs non destructifs se posent sur le tube et sont fixés par exemple avec une bride. En peu de temps l'écran vous indique la vitesse du flux. Le débitmètre par ultrason peut s'utiliser dans des tubes métalliques, en plastique ou dans des tuyauteries en caoutchouc.



Figure II.16 : Débitmètre ultrasonique.

II.6. Conclusion

Dans ce second chapitre, nous avons procédé à une description de tout le matériel électrique et l'instrumentation utilisée dans la station de façon détaillée ainsi que leur principe de fonctionnement.

Le prochain chapitre sera consacré à l'élaboration de cahier des charges régissant le fonctionnement de la station d'épuration et le modéliser en utilisant l'outil GRAFCET.

Chapitre III

**MODELISATION PAR L'OUTIL
GRAFCET**

II.1. Introduction

La conception d'un système automatisé passe impérativement par la modélisation du procédé, et cela se fait par différents outils précis et relativement simple à mettre en œuvre à savoir le réseau de pétri ou le GRAFCET.

Nous allons à présent, dans ce chapitre, proposer les solutions envisagées pour réduire l'intervention humaine dans le cycle de fonctionnement, améliorer la qualité et augmenter la productivité, ainsi que la sécurité de l'équipement.

Nous terminerons la présentation de l'outil GRAFCET utilisé par les modèles de conduite de notre système automatisé.

III.2. Le GRAFCET

III.2.1. Définition

Le diagramme fonctionnel ou GRAFCET est un moyen de description du cahier des charges d'un automatisme.

C'est une méthode de représentation graphique qui décrit les comportements successifs de la partie commande d'un système automatisé (ordre à émettre, actions à effectuer, événements à surveiller).

Le langage de spécification GRAFCET permet d'établir une représentation appelée grafcet exprimant le comportement attendu de la partie séquentielle d'un système déterminé. Ce langage se caractérise principalement par ses éléments graphiques qui offrent une représentation synthétique du comportement reposant sur une description indirecte de la situation de système [6].

III.2.2. Structure graphique :

Le GRAFCET est défini par un ensemble constitué d'éléments graphiques de base :

- Les étapes : Situation dans laquelle le comportement du système par rapport à ses entrées et ses sorties est invariant. Elle est identifiée par un carré et un repère alphanumérique.
Les étapes qui sont actives au début du processus de commande (à l'instant initial) correspondent à la situation initiale, ce sont les étapes initiales.
- les transitions : c'est une caractéristique essentielle, elle indique la possibilité d'évolution entre étapes. On associe à chaque transition une condition logique appelée **réceptivité** qui permet de distinguer parmi toutes les informations d'entrée possible, uniquement celles qui sont susceptibles de faire évoluer la partie commande.
- Les liaisons orientées : elles indiquent les voies d'évolutions en reliant des étapes aux transitions et réciproquement. Le sens conventionnel de lecture se fait de haut en bas, sauf si une flèche précise un sens différent [7]. (figure III.1)

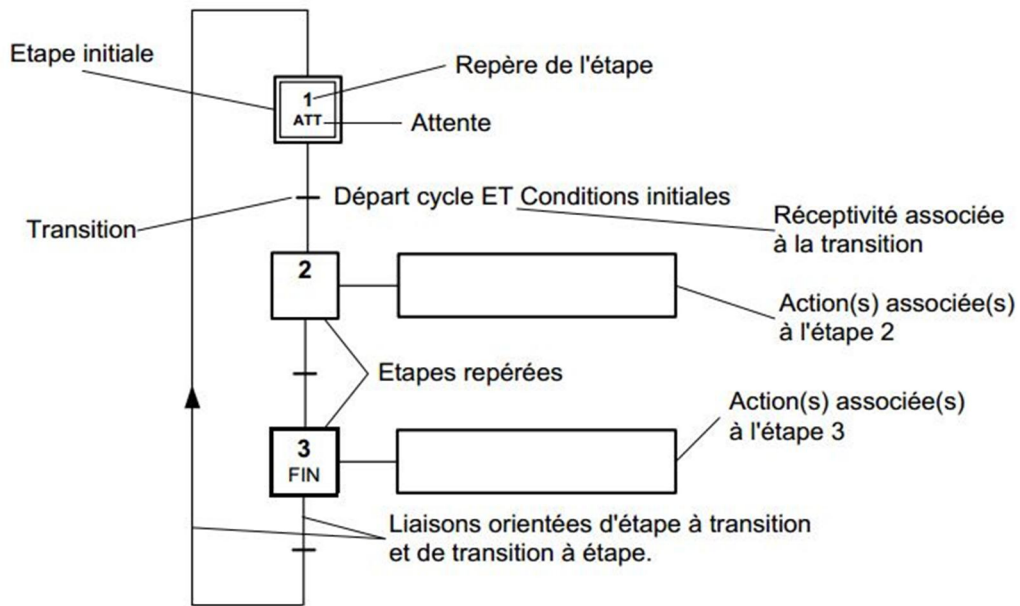


Figure III.1 : structure graphique d'un GRAFCET.

III.2.3. Niveau d'un Grafcet

- **Grafcet niveau 1 (spécifications fonctionnelles) :**

C'est le niveau de la PC, il décrit l'aspect fonctionnel du système et les actions à faire par la PC en réaction aux informations provenant de la PO indépendamment de la technologie utilisée. Les réceptivités sont décrites en mots et non en abréviations [6].

- **Grafcet niveau 2 (spécifications technologiques et opérationnelle):**

Appelé aussi niveau de la partie opérative, il tient compte de plus de détails des actionneurs, des pré-actionneurs et des capteurs, la représentation des actions et réceptivité est écrite en abréviation et non en mots [6].

III.2.4. Règles d'évolution de GRAFCET

- **Règle 1 : situation initiale**

La situation initiale d'un Grafcet caractérise l'état de la partie opérative au démarrage de la partie commande. Elle correspond aux étapes actives au début de fonctionnement appelées **étapes initiales** [7].

- **Règle 2 : Franchissement d'une transition**

L'évolution de la situation du grafcet s'accomplit par le franchissement d'une transition, ce qui ne peut se produire :

- Que lorsque cette transition est validée ;
- Et que lorsque la réceptivité associée à cette transition est vraie.

Lorsque ces deux conditions sont réunies, la transition est alors franchie [7].

- **Règle 3 : Evolution des étapes actives**

Le franchissement entraîne immédiatement l'activation de toutes les étapes immédiatement suivantes et la désactivation de toutes les étapes immédiatement précédentes [7].

- **Règle 4 : Evolutions simultanées**

Toutes les transitions franchissables sont simultanément franchies. Cette règle de franchissement simultané permet de décomposer un grafcet en plusieurs parties, tout en assurant de façon rigoureuse leurs interconnexions. Dans ce cas, il est indispensable de faire intervenir, dans les réceptivités, les états actifs ou inactifs des étapes i notés Xi et \overline{Xi} respectivement [7].

- **Règle 5 : Activation et désactivation simultanée**

Si, au cours du fonctionnement de l'automatisme, une même étape est en même temps désactivée et activée, elle reste active [7].

III.2.5. Macro étape

III.2.5.1. Définition

Une Macro-étape est utilisée pour simplifier la représentation, pour la rendre plus lisible, ou pour insister sur certaines structures sans se perdre dans les détails.

Une macro-étape est la représentation unique d'un ensemble unique d'étapes et de transitions, nommé expansion de la macro-étape.

III.2.5.2. Règles et représentation

L'expansion d'une macro-étape comporte une étape d'entrée repérée E et une étape de sortie repérée S . Tout Franchissement d'une transition en amont de la macro-étape provoque l'activation de l'étape d'entrée E_i de son expansion (figure III.2).

L'étape de sortie S_i de l'expansion participe à la validation de la transition en aval de la macro-étape.

Il n'existe aucune liaison structurale entre d'une part, une étape ou une transition de l'expansion de la macro-étape, d'autre part, une étape ou une transition d'un autre graphe de la représentation [6]. (Figure III.2)

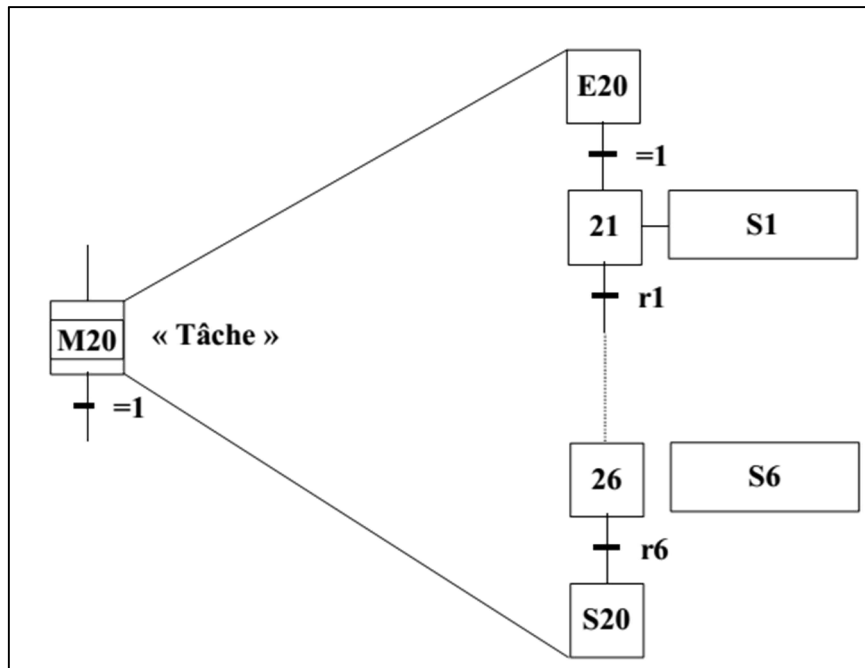


Figure III.2 : Représentation d'une macro-étape.

III.3. Description de cahier des charges de la station

III.3.1. Poste de relevage

Le démarreur Schneider ATS 48 est pourvu de trois relais : R1, R2, R3. Chaque relais un rôle bien spécifique :

- R1 (relais de défaut) : Le relais R1 est destiné à commander le contacteur de ligne à partir des ordres de commande RUN et STOP et à signaler un défaut.
- R2 (relais de court-circuitage démarreur ou bien relais de By-pass) : est enclenché lorsque le démarreur est sous tension, qu'il n'est pas en défaut, et que le démarrage du moteur est terminé. Il est déclenché sur demande d'arrêt et sur défaut.
- R3 (relais moteur alimenté) : relais indiquant que le moteur est alimenté.

La solution programmable du poste de relevage doit être munie au départ d'une stabilisation réseau électrique, le voyant « stabilisation réseau » clignote pendant 3 min puis se fixe.

La mise en activation initial des pompes passe par la détection du niveau haut du la cuve de poste de relevage ainsi que du contact R1 du démarreur progressif **ATS 48** qui doit être initialement fermé.

La sélection d'une pompe activable passe par le respect des conditions de mise en réserve, préalablement imposé par l'opérateur d'exploitation.

Le pupitre est doté d'un relais de niveau qui permet de protéger les pompes contre les démarrages à vide.

Le démarreur est muni de plusieurs protections (ex : protection thermique, perte de phase, pente d'accélération, pente de décélération, ...) qui sont signalées comme « Default ».

Le choix de mode du fonctionnement passe par un commutateur Manuel/Auto.

III.3.1.1. Fonctionnement en mode manuel

La validation de l'opérateur de conduite du bouton poussoir d'activation MARCHE active la commande RUN/STOP de démarreur progressif ce qui enclenche la fermeture du contact NO du relais R3 indiquant que le moteur est alimenté. Ce dernier active la phase d'accélération (ACC 7 secondes) finissant par la fermeture du contact By-Pass R2 suivi d'un blocage d'une durée de 4 min afin d'éviter un 2ème démarrage.

La validation de l'opérateur de conduite du bouton poussoir de désactivation « Arrêt », entraîne la désactivation du voyant « MARCHE » ce qui enclenche l'ouverture du contact By-Pass R2, qui actionne la phase de décélération (DEC 7 secondes) ;

La fin de la phase de décélération commande l'ouverture du contact relais R3 indiquant la mise hors tension du moteur.

L'arrêt progressif des pompes est actionné soit par un bouton poussoir d'arrêt ou par la détection du niveau bas du réservoir de stockage ou bien le changement de la pompe en réserve.

III.3.1.2. Fonctionnement en mode automatique

Le choix de mode Auto active la commande RUN/STOP de démarreur progressif ce qui enclenche la fermeture du contact NO du relais R3 indiquant que le moteur est alimenté. Ce dernier active la phase d'accélération (ACC 7 secondes) finissant par la fermeture du contact By-Pass R2 suivi d'un blocage d'une durée de 4 min afin d'éviter un 2ème démarrage.

L'arrêt progressif des pompes est actionné soit par la détection du niveau bas du réservoir de stockage ou bien le changement de la pompe en réserve.

L'arrêt progressif des pompes entraîne la désactivation du voyant « MARCHE » ce qui enclenche l'ouverture du contact By-Pass R2, qui actionne la phase de décélération (DEC 7 secondes) ;

La fin de la phase de décélération commande l'ouverture du contact relais R3 indiquant la mise hors tension du moteur.

L'arrêt brusque du système de pompage est actionné uniquement par l'arrêt d'urgence, d'une coupure subite de courant d'alimentation ou d'un Default (protections du démarreur).

Lors d'un « arrêt d'urgence » ou « défaut », le système sera bloqué et aucun démarrage ne sera possible qu'après l'opérateur d'exploitation aura validé le bouton « acquittement ».

III.3.2. Poste de lagunage

La solution programmable du poste de lagunage doit être munie au départ d'une stabilisation réseau électrique, le voyant « stabilisation réseau » clignote pendant 3 min puis se fixe.

La sélection de mode de fonctionnement des aérateurs passe préalablement par la sélection de l'opérateur de conduite de la position de commutateur (Manuel/Auto).

III.3.2.1. Fonctionnement en mode manuel

Dans ce mode de fonctionnement, l'opérateur de conduite peut mettre en marche un ou plusieurs aérateurs en même temps selon le besoin.

La mise en marche de l'aérateur passe par la validation de l'opérateur de conduite du bouton poussoir d'activation MARCHE qui active le contact du démarreur progressif RUN/STOP ce qui enclenche la fermeture du contact NO du relais R3 indiquant que le moteur de l'aérateur est alimenté. Ce dernier active la phase d'accélération (ACC 7 secondes) finissant par la fermeture du contact By-pass R2. La mise en marche de chaque aérateur est indépendante des autres.

La validation de l'opérateur de conduite du bouton poussoir de désactivation « Arrêt », entraîne la désactivation du voyant « MARCHE » ce qui enclenche l'ouverture du contact by-pass R2, qui actionne la phase de décélération (DEC 7 secondes) ;

La fin de la phase de décélération commande l'ouverture du contact relais R3 indiquant la mise hors tension du moteur.

Le basculement du mode manuel vers le mode automatique enclenche l'arrêt progressif des aérateurs en fonctionnement afin de pouvoir démarrer le premier cycle.

L'arrêt brusque du système d'aération est actionné uniquement par l'arrêt d'urgence, d'une coupure subite de courant d'alimentation ou d'un Default (protections du démarreur).

III.3.2.2. Fonctionnement en mode automatique

Le premier aérateur démarre en faisant sa pente d'accélération, 2s après c'est le deuxième aérateur qui s'enclenche, 2s après c'est le troisième aérateur qui se mettra en service et 2s après c'est le quatrième aérateur qui démarrera. Ce premier cycle composé de : 1-2-3-4 aérateurs durera 30mn.

Une fois que les 30mn sont achevées, le premier aérateur s'arrête en faisant sa pente de décélération puis le second s'arrêtera, c'est le cinquième aérateur qui va démarrer et 2s après, c'est le sixième aérateur qui s'enclenchera.

Ce deuxième cycle composé de : 3-4-5-6 aérateurs durera 30mn.

Une fois que les 30mn sont terminées, le troisième aérateur s'arrête en faisant sa pente de décélération puis le quatrième s'arrêtera, c'est le premier aérateur qui va démarrer et 2s après c'est le deuxième aérateur qui s'enclenchera.

Ce troisième cycle composé de : 5-6-1-2 aérateurs durera 30mn.

Une fois que les 30mn sont achevées, le cinquième aérateur s'arrête en faisant sa pente de décélération puis le sixième s'arrêtera, c'est le troisième aérateur qui va démarrer et 2s après c'est le quatrième aérateur qui s'enclenchera.

Ce quatrième cycle composé de : 1-2-3-4 aérateurs durera 30mn.

MODELISATION PAR L'OUTIL GRAFCET

Le basculement de mode automatique vers le mode manuel n'arrête pas les aérateurs en cours de fonctionnement mais c'est à l'opérateur de faire ce choix.

En cas de défaut de l'un ou de plusieurs aérateurs, les cycles de fonctionnement ne seront pas perturbés.

Lorsque, au cours d'un cycle de fonctionnement, un ou plusieurs aérateurs sont en défauts, le cycle continu et le voyant Défaut s'allume.

Si le Défaut est réglé, l'aérateur redémarre et continue son cycle.

L'arrêt brusque du système d'aération est actionné uniquement par l'arrêt d'urgence ou d'une coupure subite de courant d'alimentation.

III.3.3. Table des mnémoniques

III.3.3.1. Poste de relevage

| Niveau 1 | Niveau 2 |
|--------------------------------------|------------------|
| Voyant réseau stabilisé | Réseau stabilisé |
| Alimentation électrique | Réseau |
| Acquittement | ACK |
| Commutateur sur position manuel | Manu |
| Commutateur sur position automatique | Auto |
| Niveau haut | NIV_HAUT |
| Niveau bas | NIV_BAS |
| Pompe 1 en réserve | Res_P1 |
| Pompe 2 en réserve | Res_P2 |
| Commande RUN /STOP pompe 1 | RUN/STOP_P1 |
| Commande RUN /STOP pompe 2 | RUN/STOP_P2 |
| Bouton poussoir marche pompe 1 | BPM_P1 |
| Bouton poussoir marche pompe 2 | BPM_P2 |
| Bouton poussoir arrêt pompe 1 | BPA_P1 |
| Bouton poussoir arrêt pompe 2 | BPA_P2 |
| Voyant marche pompe 1 | Marche_P1 |
| Voyant marche pompe 2 | Marche_P2 |
| Voyant ACC/DEC pompe 1 | ACC/DEC_P1 |
| Voyant ACC/DEC pompe 2 | ACC/DEC_P2 |
| Relais de défaut pompe 1 | R1(1) |
| Relais de défaut pompe 2 | R1(2) |
| Relais fin de démarrage pompe 1 | R2(1) |
| Relais fin de démarrage pompe 2 | R2(2) |
| Moteur alimenté pompe 1 | R3(1) |
| Moteur alimenté pompe 2 | R3(2) |

tableau III.1 : mnémonique de poste de relevage.

III.3.3.2. Poste de lagunage

| Niveau 1 | Niveau 2 |
|-------------------------|------------------|
| Voyant réseau stabilisé | RESEAU STABILISE |
| Alimentation électrique | RESEAU |
| Acquittement | ACK |

MODELISATION PAR L'OUTIL GRAFCET

| | |
|--------------------------------------|-------------|
| Commutateur sur position manuel | MANU |
| Commutateur sur position automatique | AUTO |
| Commande RUN /STOP aérateur 1 | RUN/STOP_A1 |
| Bouton poussoir marche aérateur 1 | BPM_A1 |
| Bouton poussoir arrêt aérateur 1 | BPA_A1 |
| Voyant marche aérateur 1 | MARCHE_A1 |
| Voyant défaut aérateur 1 | DEF_A1 |
| Voyant ACC/DEC aérateur 1 | ACC/DEC_A1 |
| Relais de défaut aérateur 1 | R1(1) |
| Relais fin de démarrage aérateur 1 | R2(1) |
| Moteur alimenté aérateur 1 | R3(1) |
| | |
| Commande RUN /STOP aérateur 2 | RUN/STOP_A2 |
| Bouton poussoir marche aérateur 2 | BPM_A2 |
| Bouton poussoir arrêt aérateur 2 | BPA_A2 |
| Voyant marche aérateur 2 | MARCHE_A2 |
| Voyant défaut aérateur 2 | DEF_A2 |
| Voyant ACC/DEC aérateur 2 | ACC/DEC_A2 |
| Relais de défaut aérateur 2 | R1(2) |
| Relais fin de démarrage aérateur 2 | R2(2) |
| Moteur alimenté aérateur 2 | R3(2) |
| | |
| Commande RUN /STOP aérateur 3 | RUN/STOP_A3 |
| Bouton poussoir marche aérateur 3 | BPM_A3 |
| Bouton poussoir arrêt aérateur 3 | BPA_A3 |
| Voyant marche aérateur 3 | MARCHE_A3 |
| Voyant défaut aérateur 3 | DEF_A3 |
| Voyant ACC/DEC aérateur 3 | ACC/DEC_A3 |
| Relais de défaut aérateur 3 | R1(3) |
| Relais fin de démarrage aérateur 3 | R2(3) |
| Moteur alimenté aérateur 3 | R3(3) |
| | |
| Commande RUN /STOP aérateur 4 | RUN/STOP_A4 |
| Bouton poussoir marche aérateur 4 | BPM_A4 |
| Bouton poussoir arrêt aérateur 4 | BPA_A4 |
| Voyant marche aérateur 4 | MARCHE_A4 |
| Voyant défaut aérateur 4 | DEF_A4 |
| Voyant ACC/DEC aérateur 4 | ACC/DEC_A4 |
| Relais de défaut aérateur 4 | R1(4) |
| Relais fin de démarrage aérateur 4 | R2(4) |
| Moteur alimenté aérateur 4 | R3(4) |
| | |
| Commande RUN /STOP aérateur 5 | RUN/STOP_A5 |
| Bouton poussoir marche aérateur 5 | BPM_A5 |
| Bouton poussoir arrêt aérateur 5 | BPA_A5 |
| Voyant marche aérateur 5 | MARCHE_A5 |
| Voyant défaut aérateur 5 | DEF_A5 |
| Voyant ACC/DEC aérateur 5 | ACC/DEC_A5 |

MODELISATION PAR L'OUTIL GRAFCET

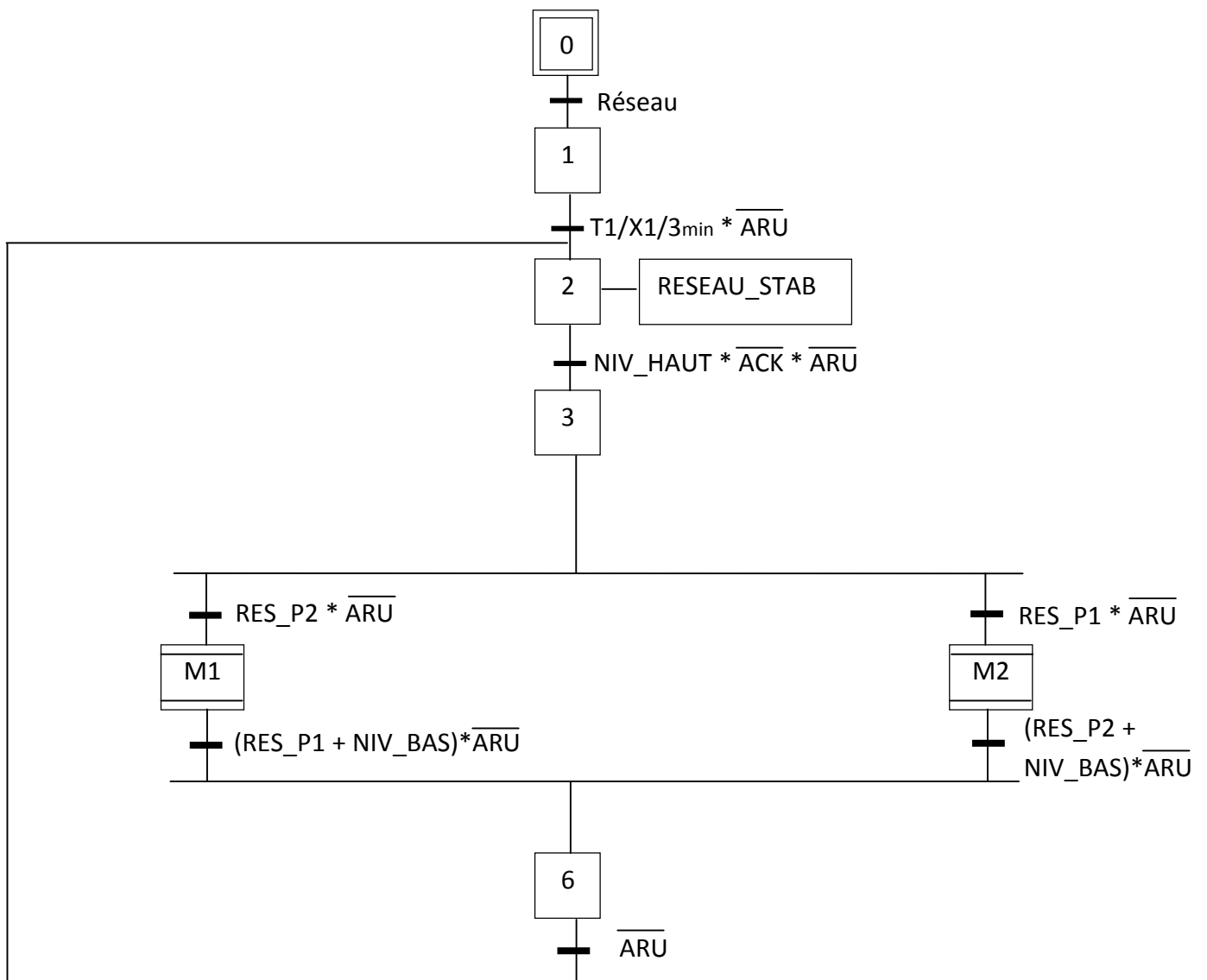
| | |
|------------------------------------|-------------|
| Relais de défaut aérateur 5 | R1(5) |
| Relais fin de démarrage aérateur 5 | R2(5) |
| Moteur alimenté aérateur 5 | R3(5) |
| | |
| Commande RUN /STOP aérateur 6 | RUN/STOP_A6 |
| Bouton poussoir marche aérateur 6 | BPM_A6 |
| Bouton poussoir arrêt aérateur 6 | BPA_A6 |
| Voyant marche aérateur 6 | MARCHE_A6 |
| Voyant défaut aérateur 6 | DEF_A6 |
| Voyant ACC/DEC aérateur 6 | ACC/DEC_A6 |
| Relais de défaut aérateur 6 | R1(6) |
| Relais fin de démarrage aérateur 6 | R2(6) |
| Moteur alimenté aérateur 6 | R3(6) |
| Cycle 1 activé | C_1 |
| Cycle 2 activé | C_2 |
| Cycle 3 activé | C_3 |

Tableau III.1 : Mnémoniques de poste de lagunage.

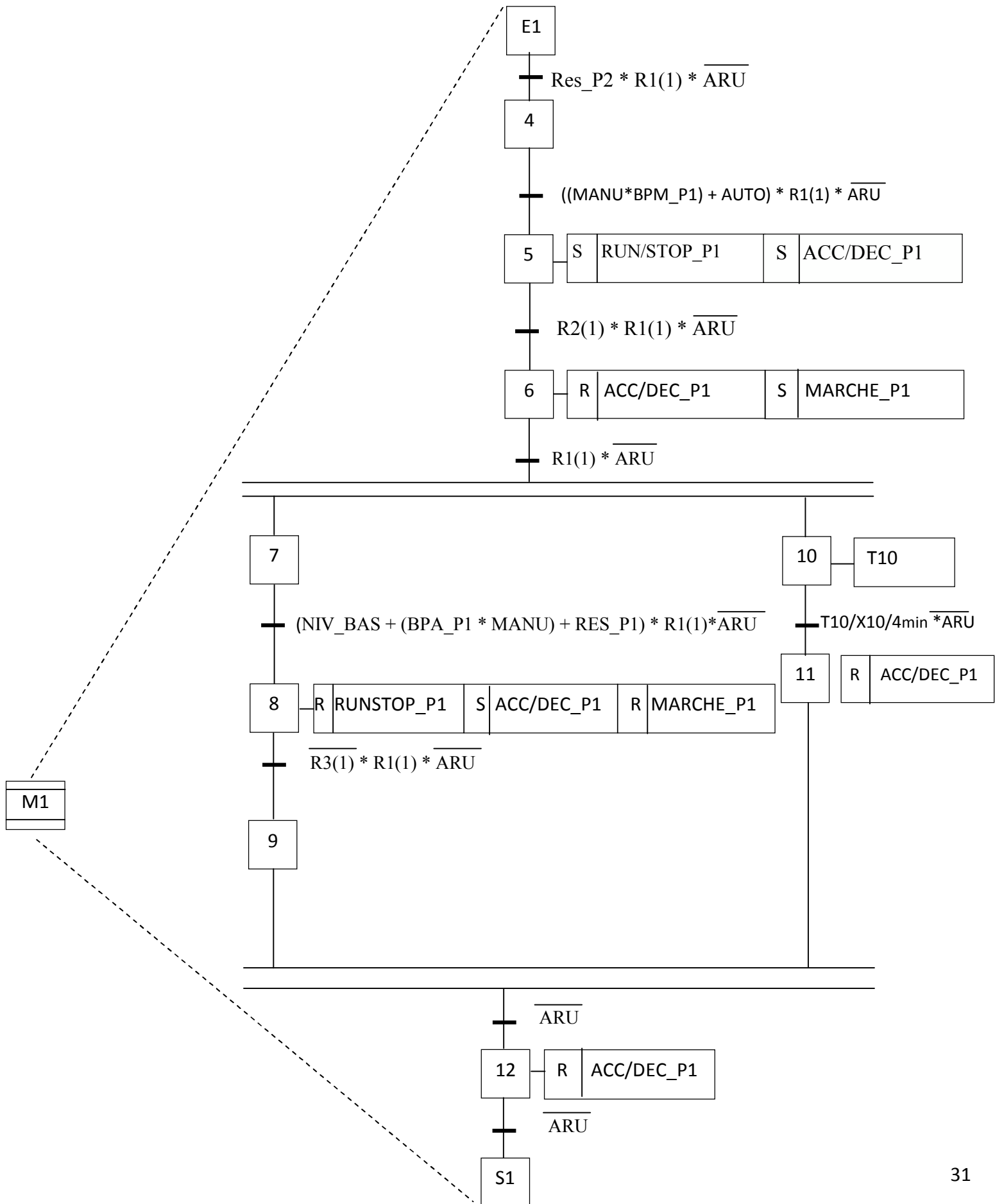
III.4. GRAFCET niveau 2 de la station

III.4.1. Poste de relevage

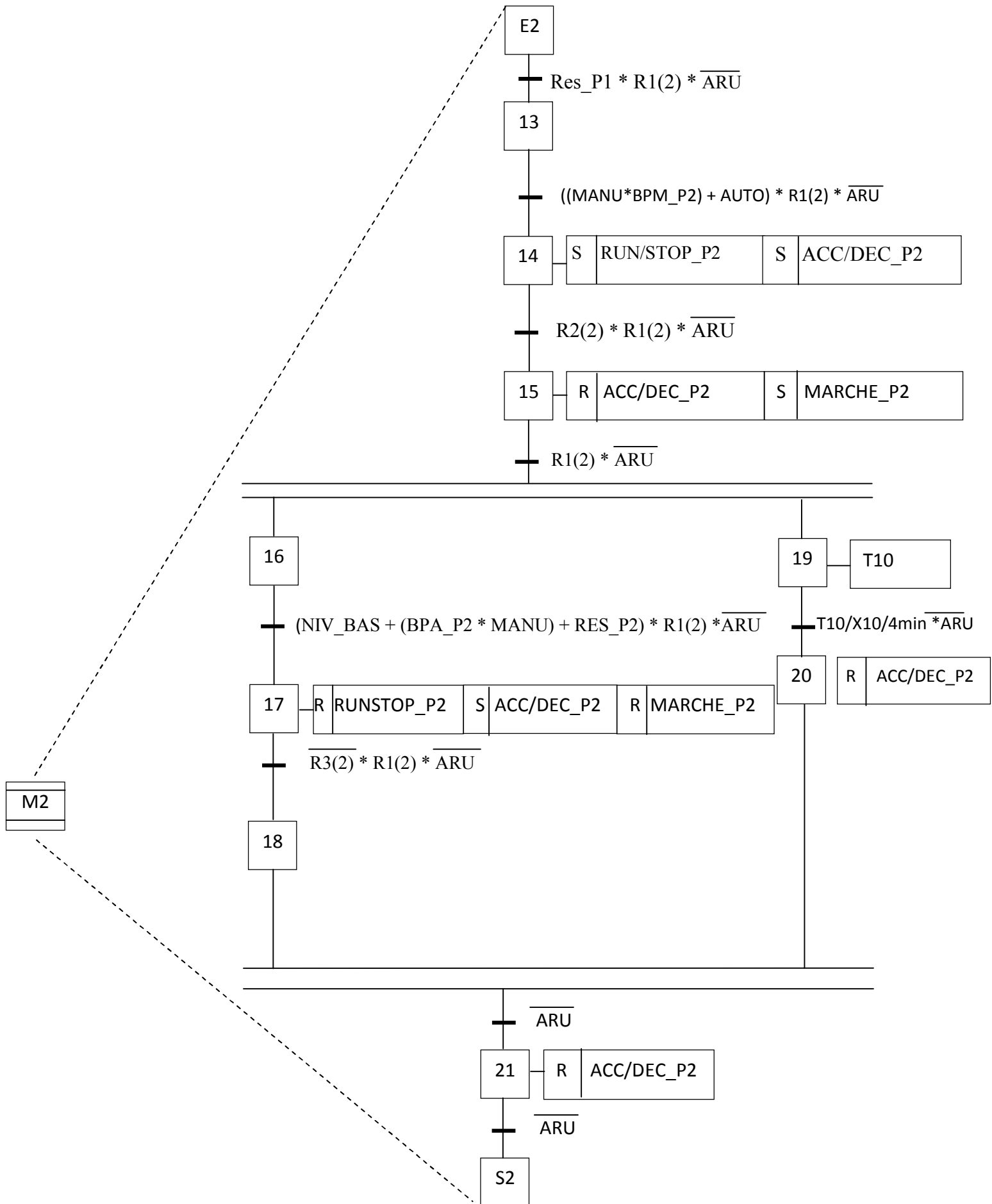
MODELISATION PAR L'OUTIL GRAFCET



MODELISATION PAR L'OUTIL GRAFCET

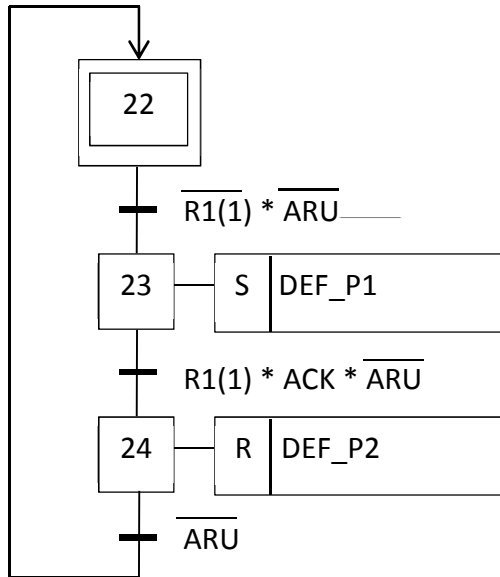


MODELISATION PAR L'OUTIL GRAFCET

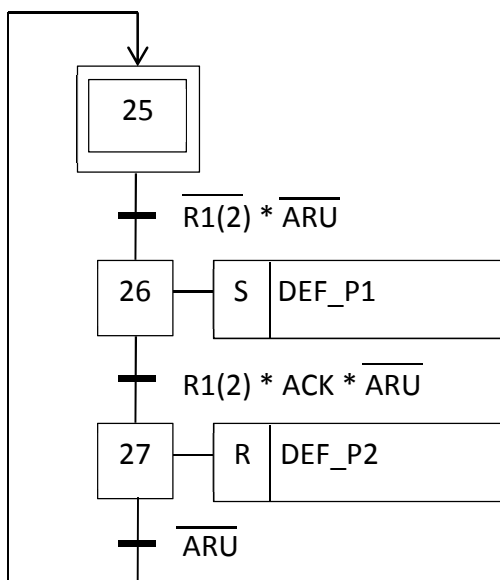


MODELISATION PAR L'OUTIL GRAFCET

- Grafcet défaut pompe 1 :

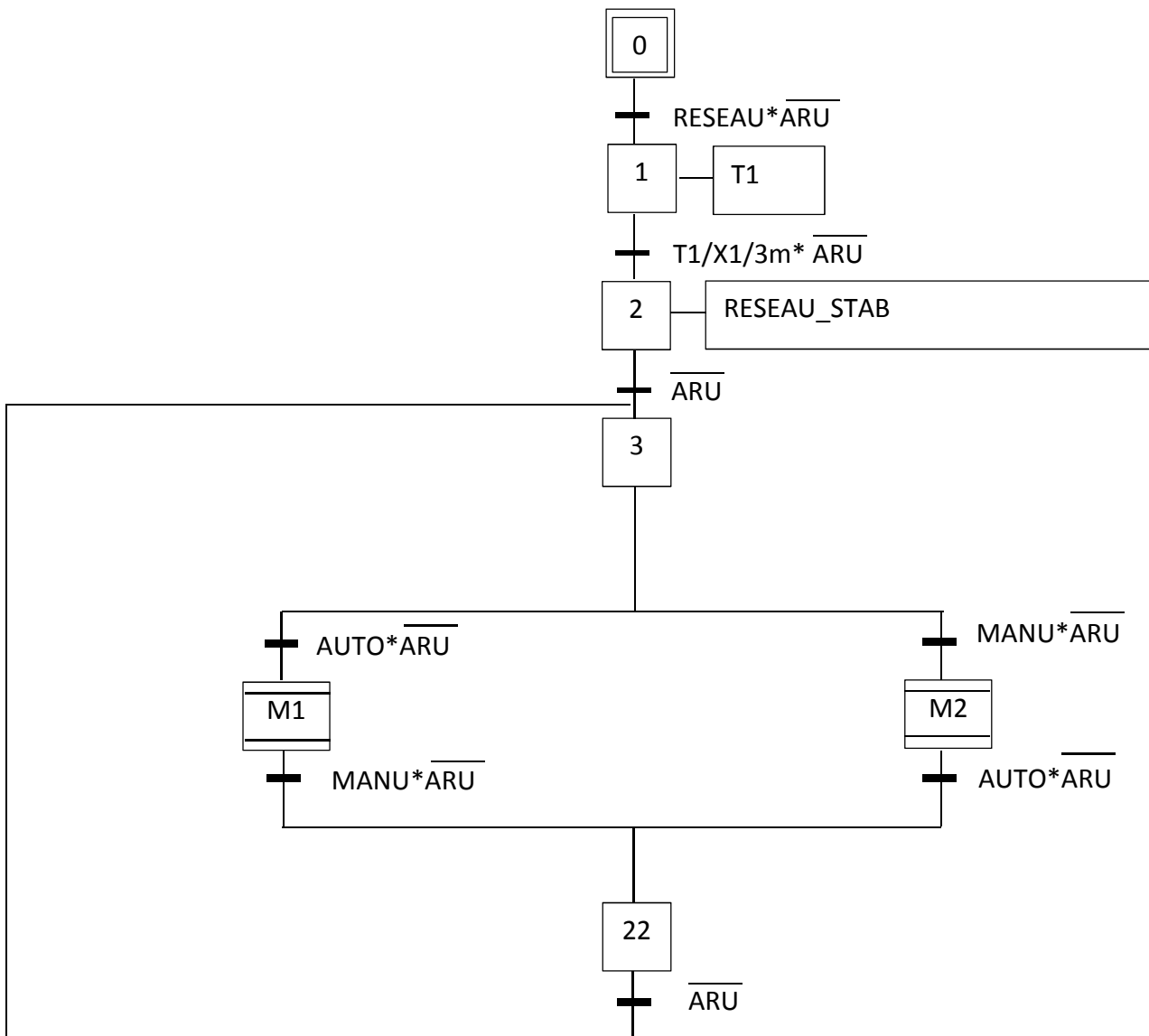


- Grafcet défaut pompe 2 :



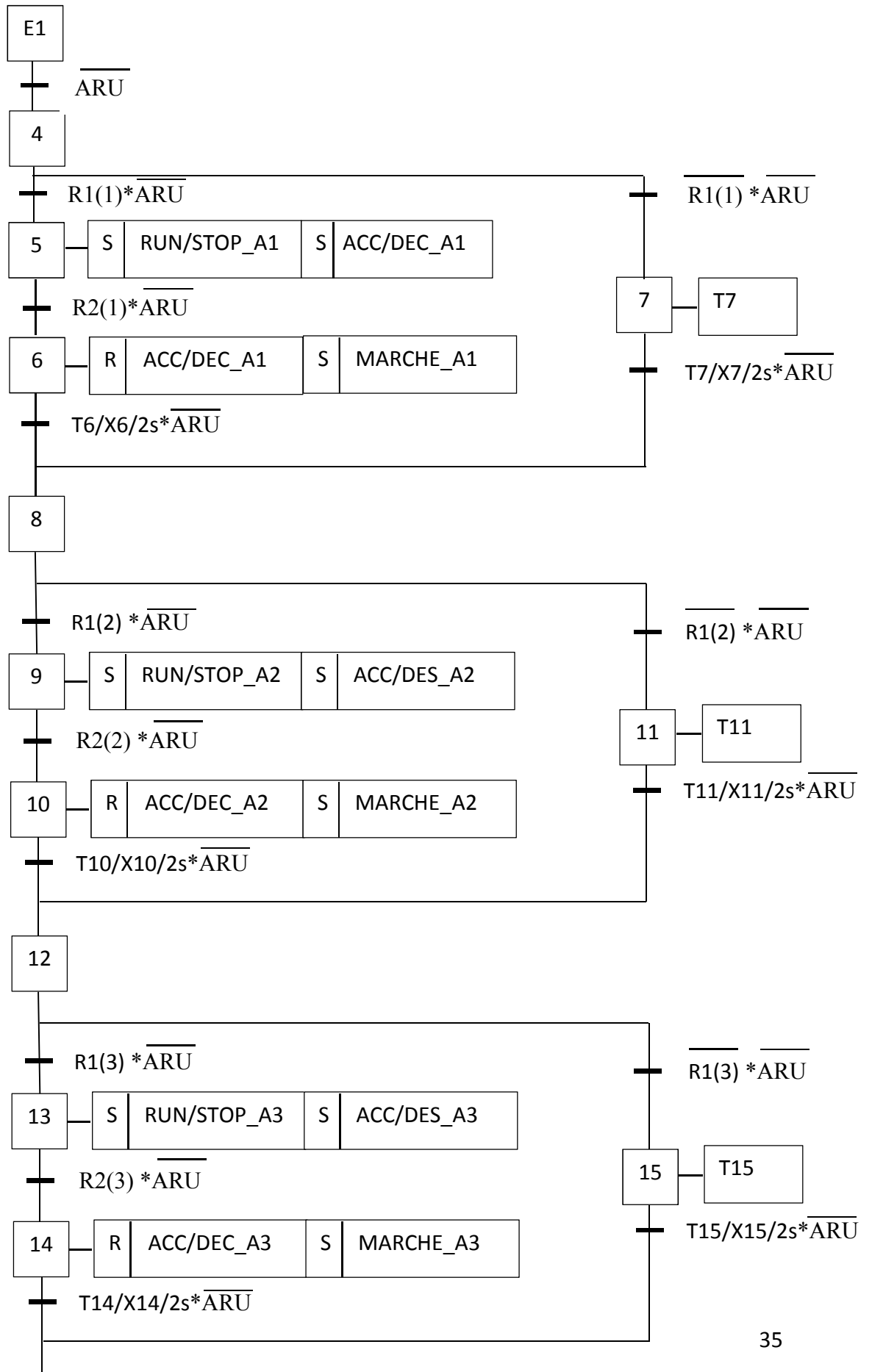
III.4.2 Poste de lagunage

- Grafcet principal

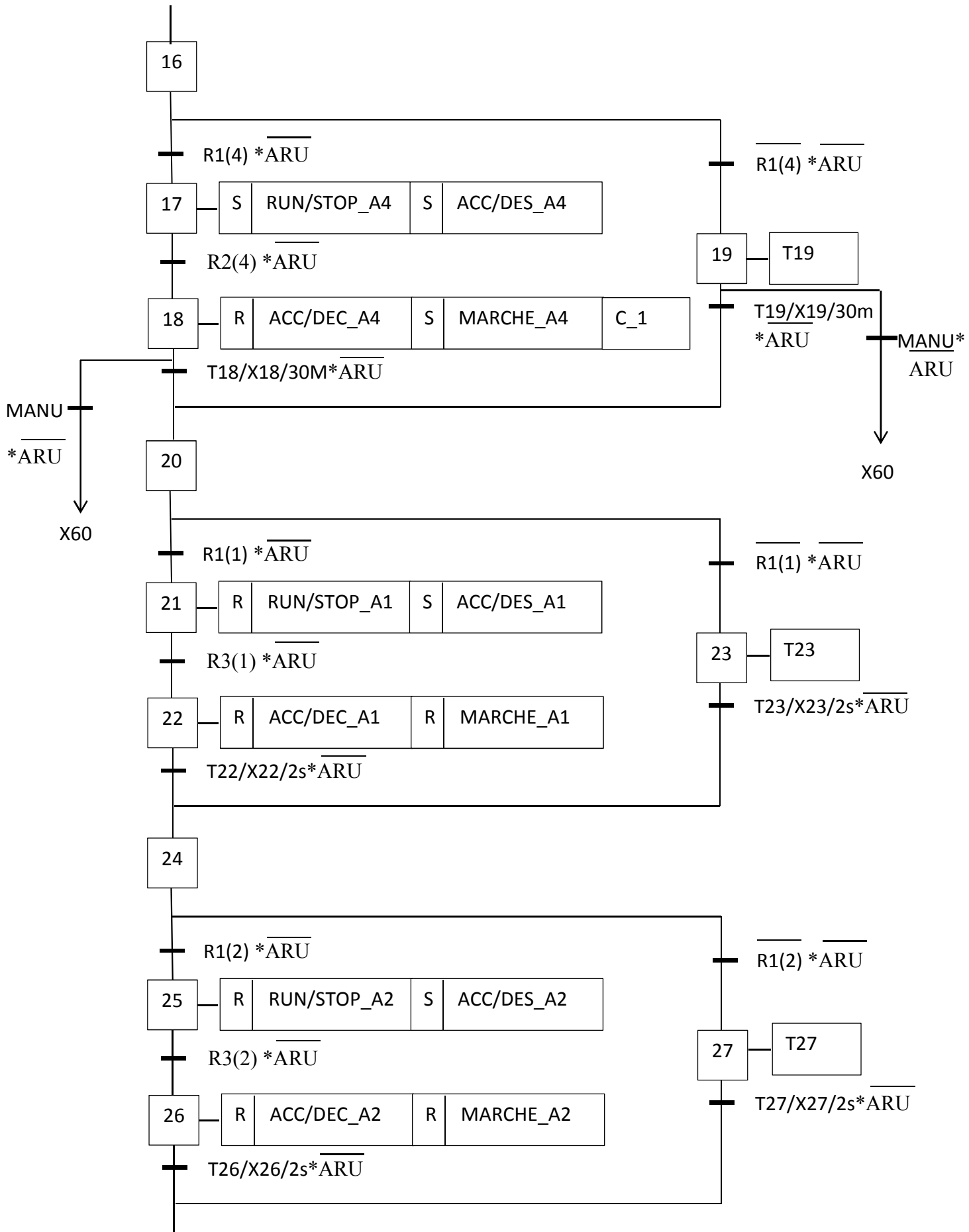


MODELISATION PAR L'OUTIL GRAFCET

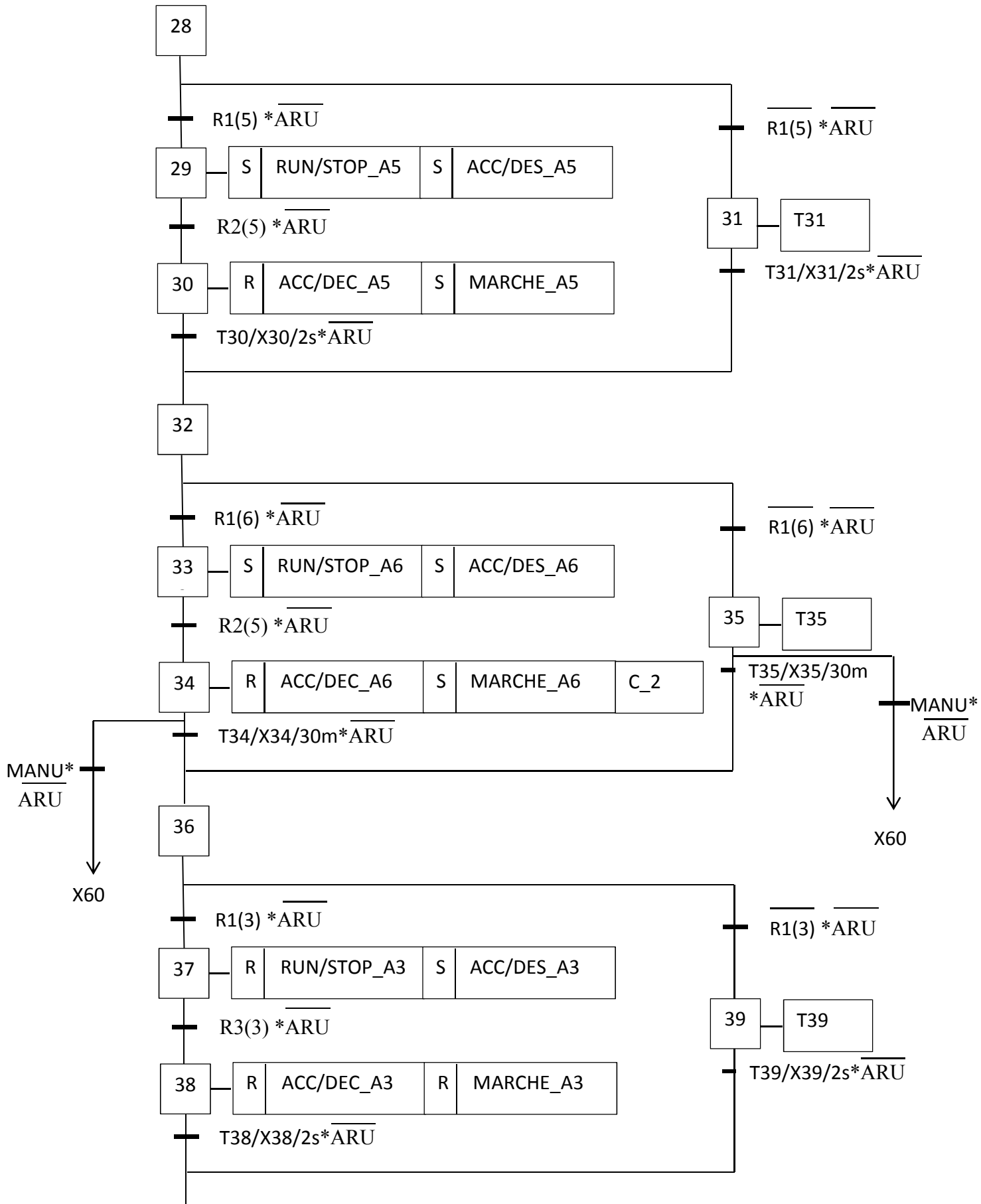
- Macro de mode automatique :**



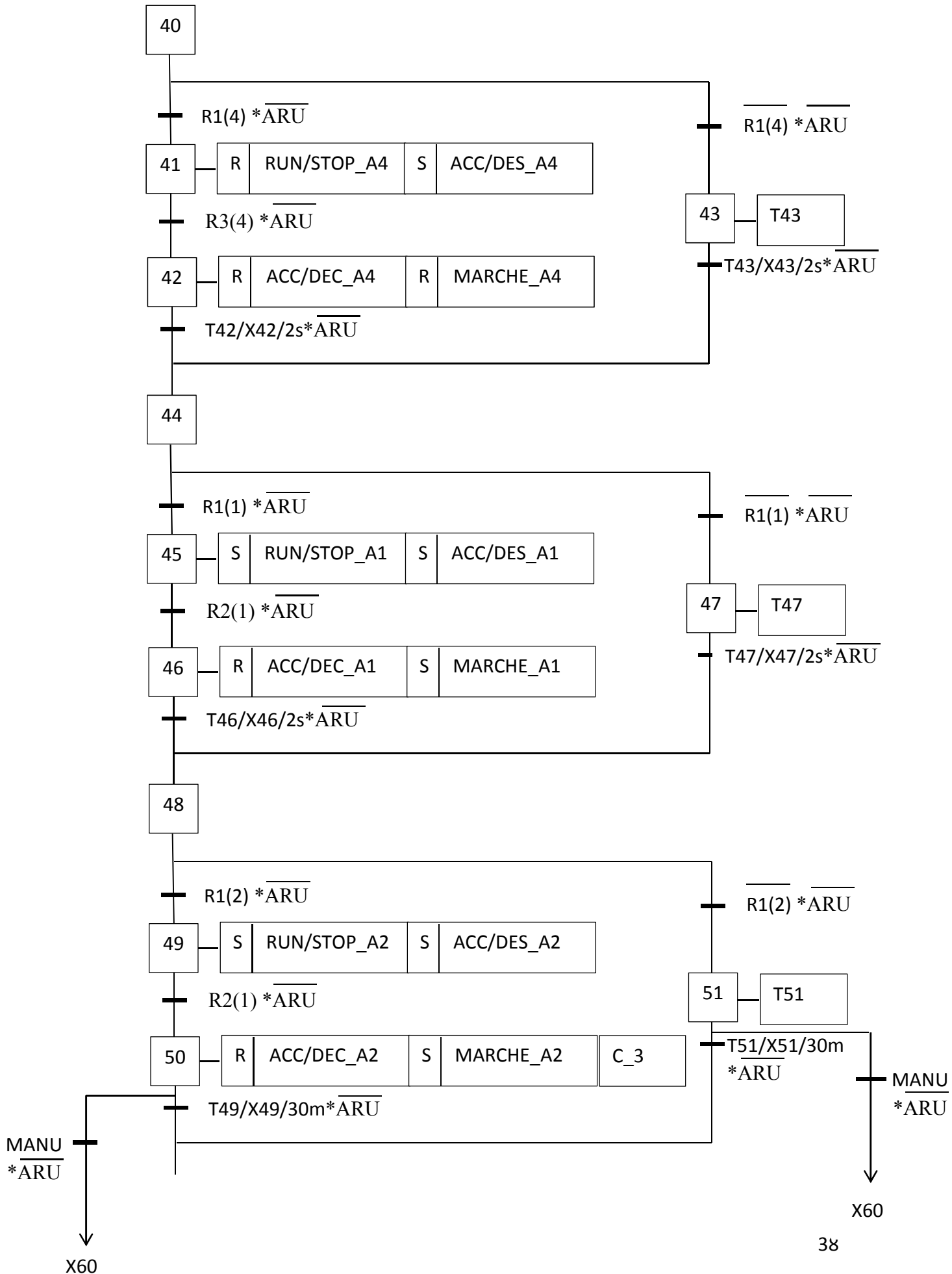
MODELISATION PAR L'OUTIL GRAFCET



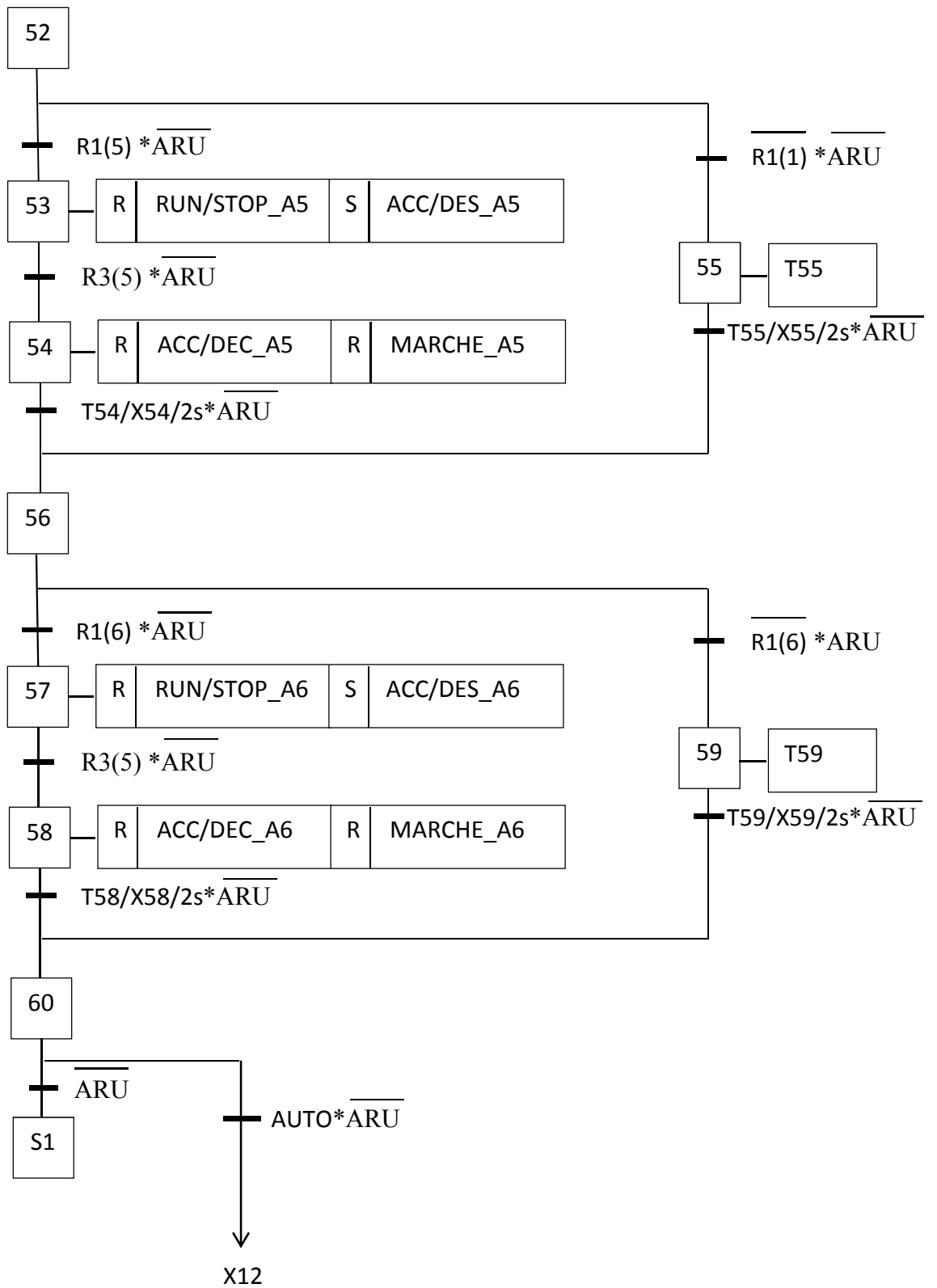
MODELISATION PAR L'OUTIL GRAFCET



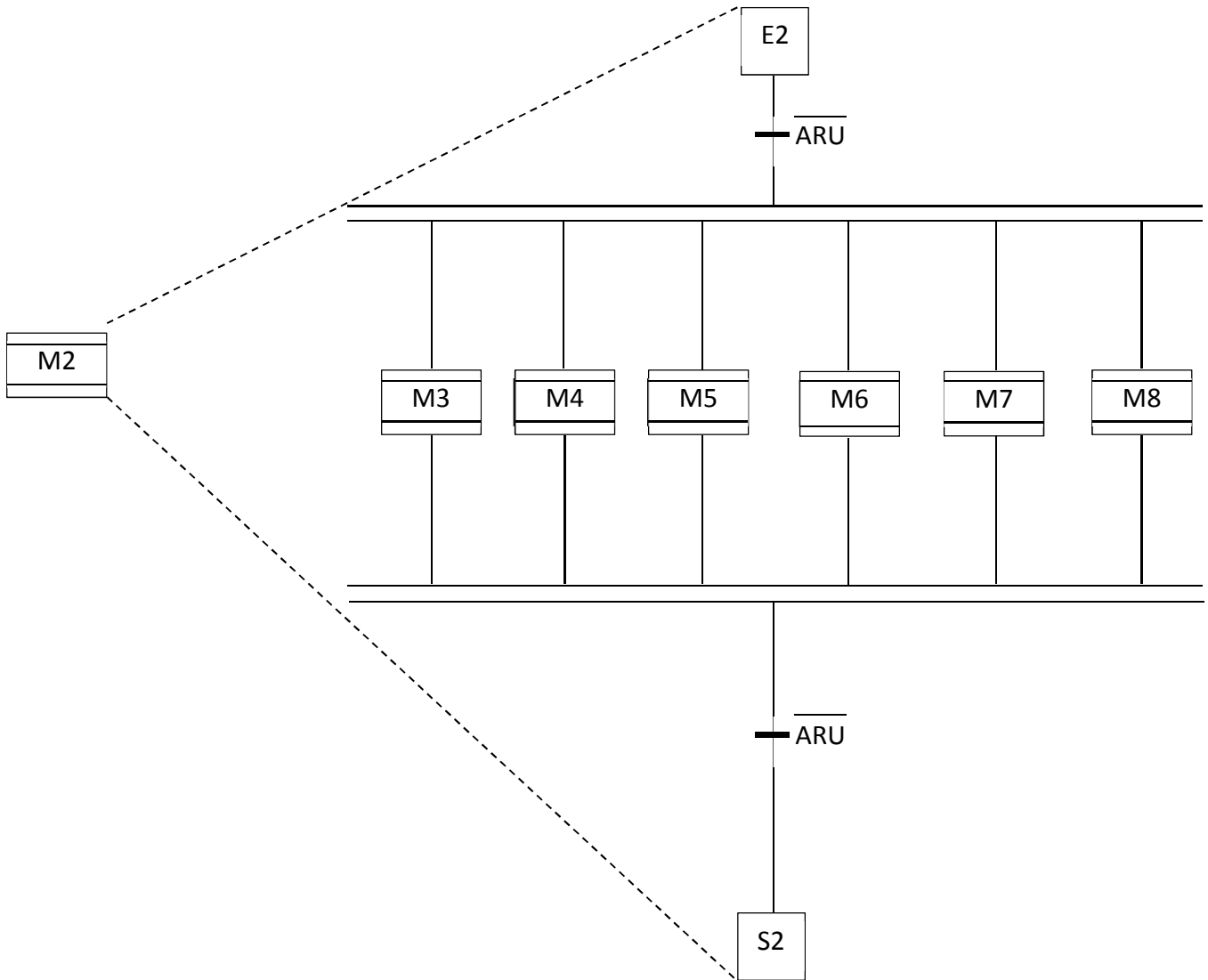
MODELISATION PAR L'OUTIL GRAFCET



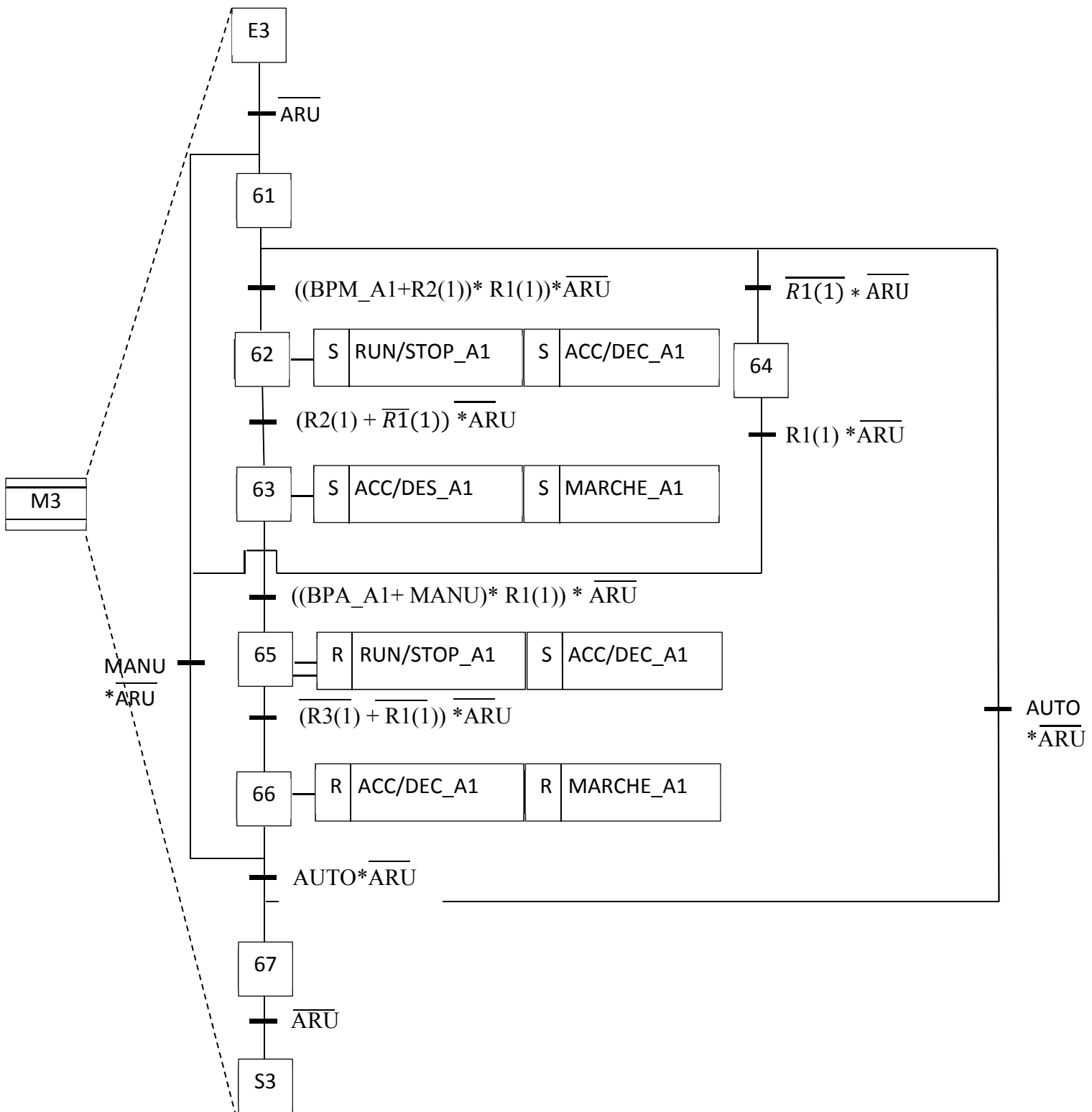
MODELISATION PAR L'OUTIL GRAFCET



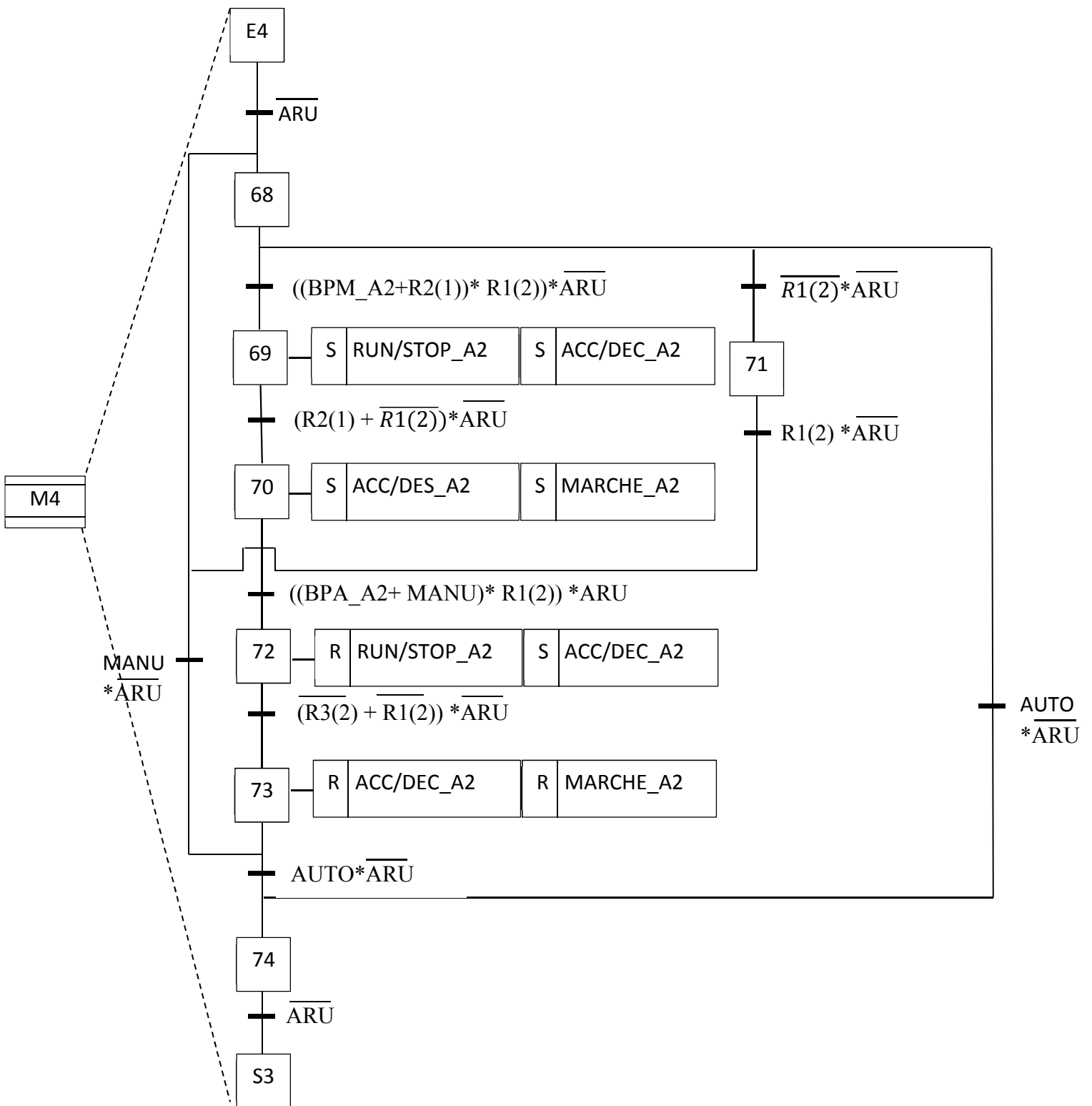
- **Macro de mode manuel:**



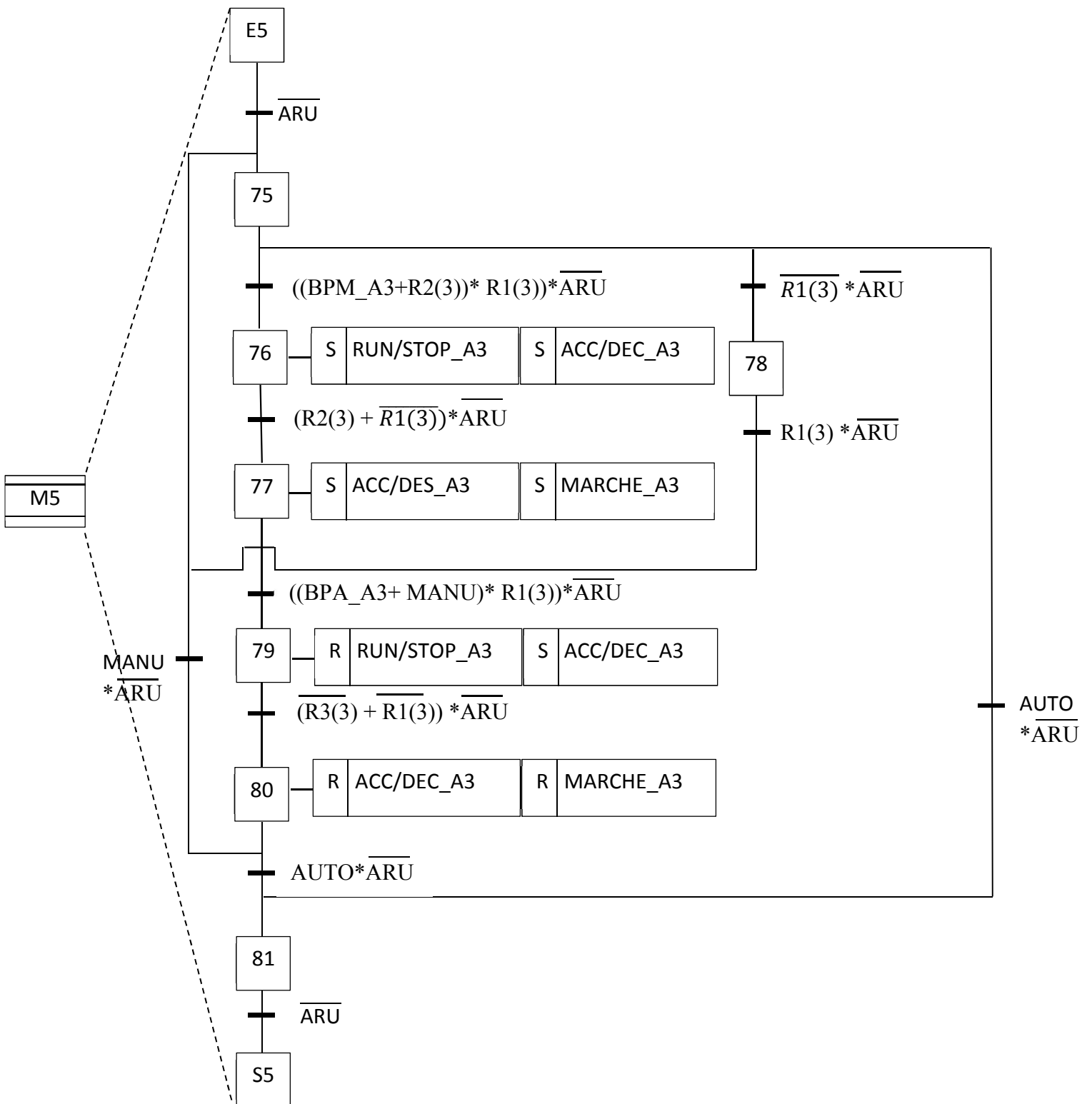
MODELISATION PAR L'OUTIL GRAFCET



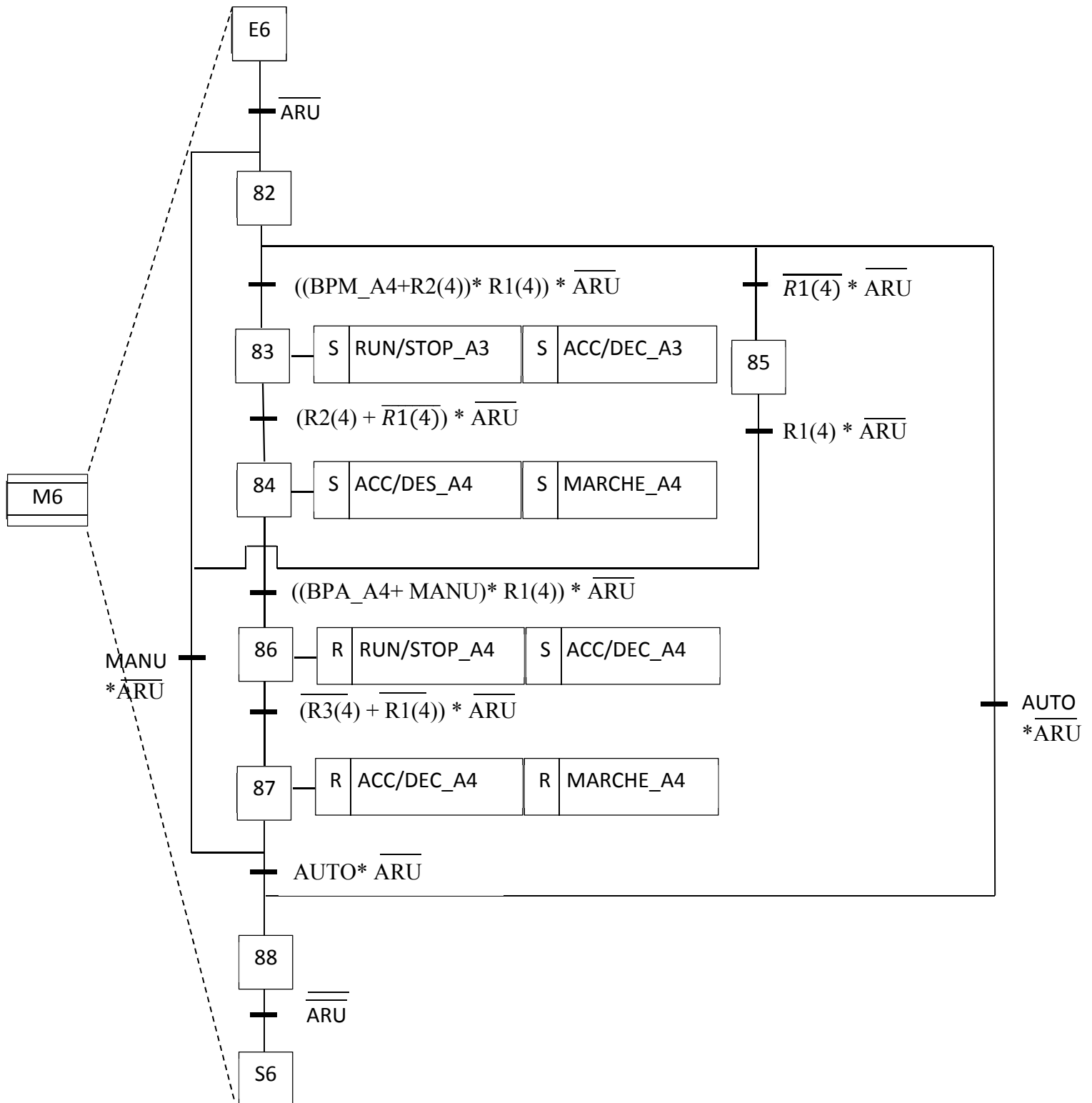
MODELISATION PAR L'OUTIL GRAFCET



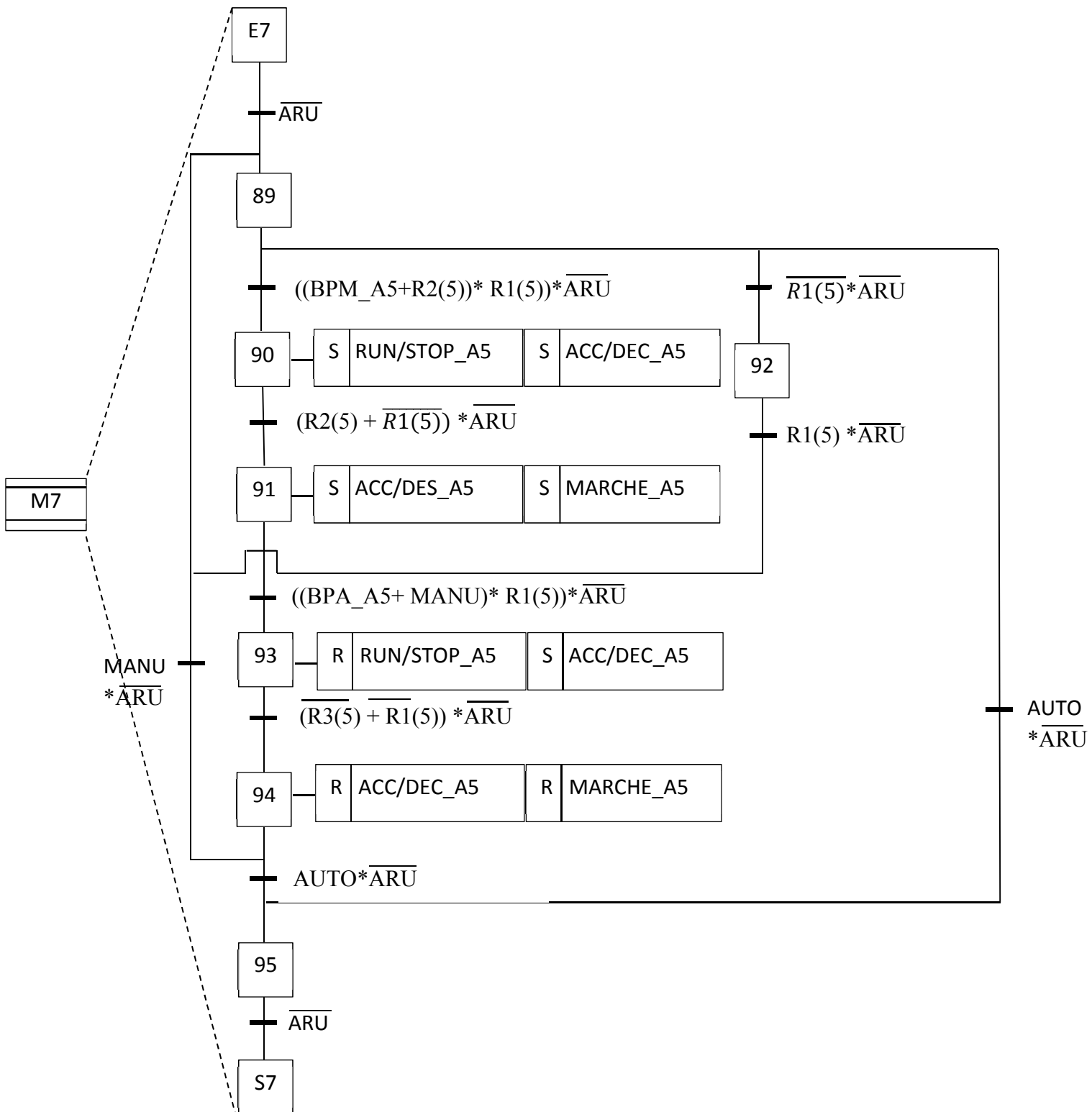
MODELISATION PAR L'OUTIL GRAFCET



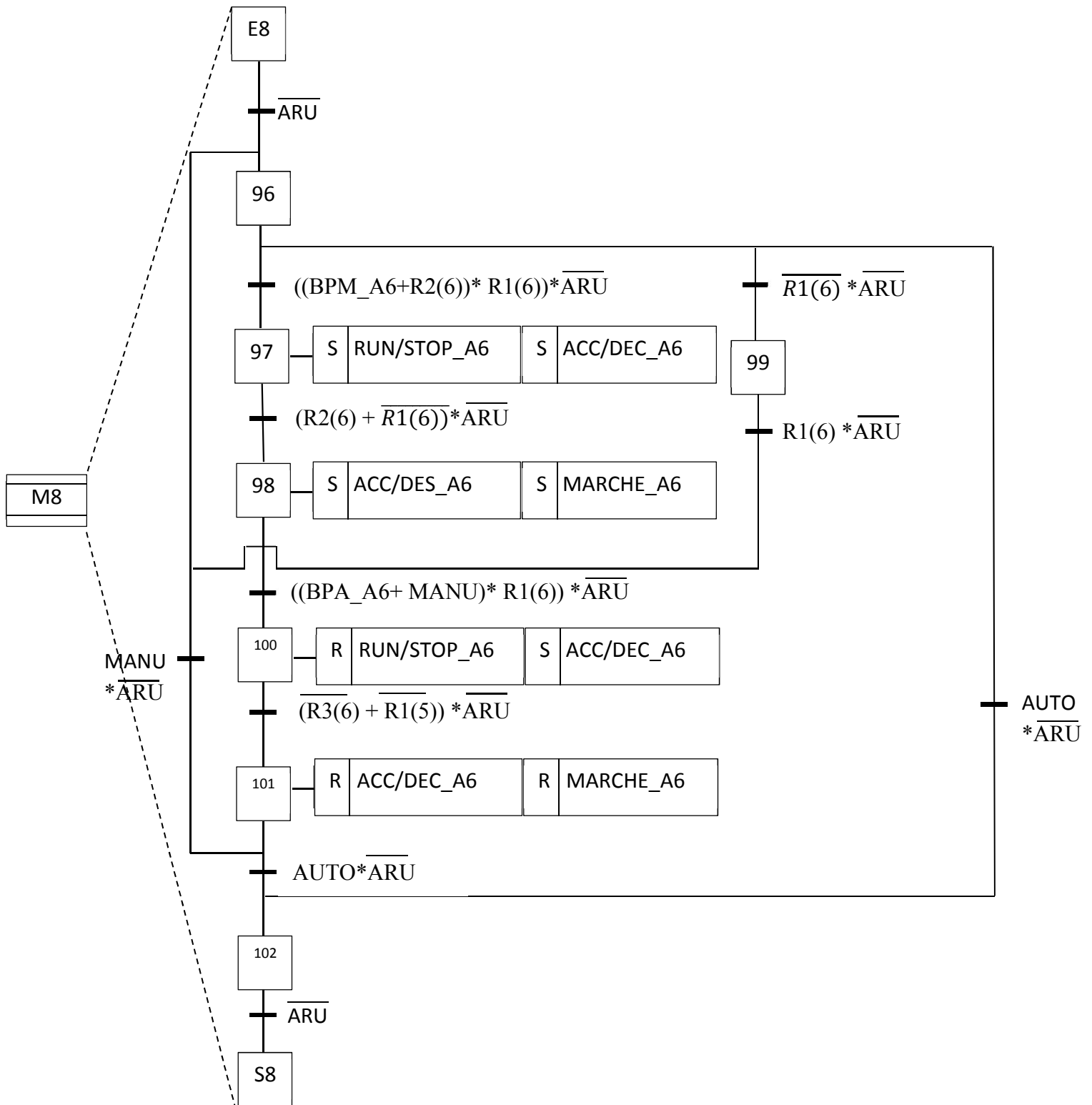
MODELISATION PAR L'OUTIL GRAFCET



MODELISATION PAR L'OUTIL GRAFCET

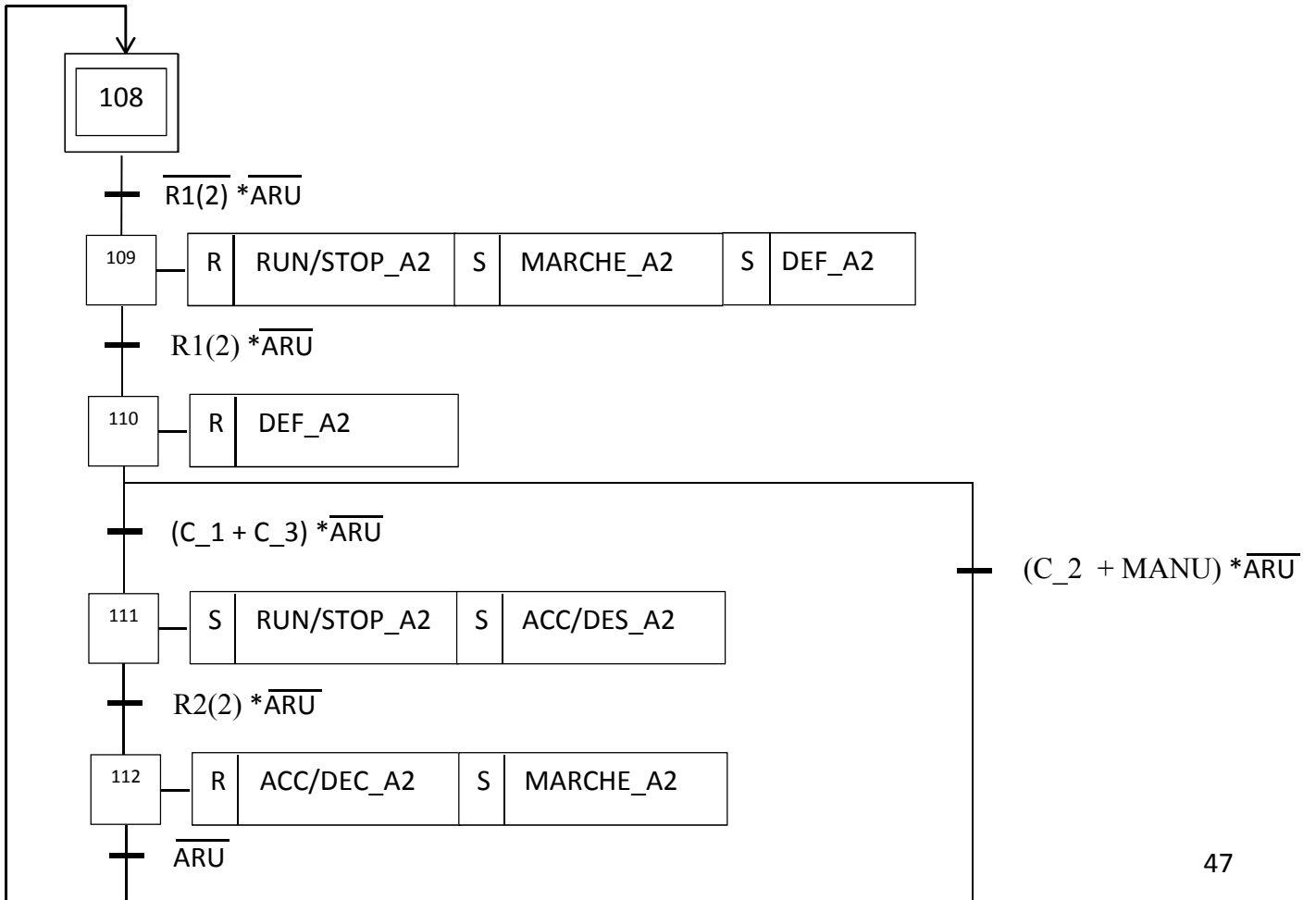
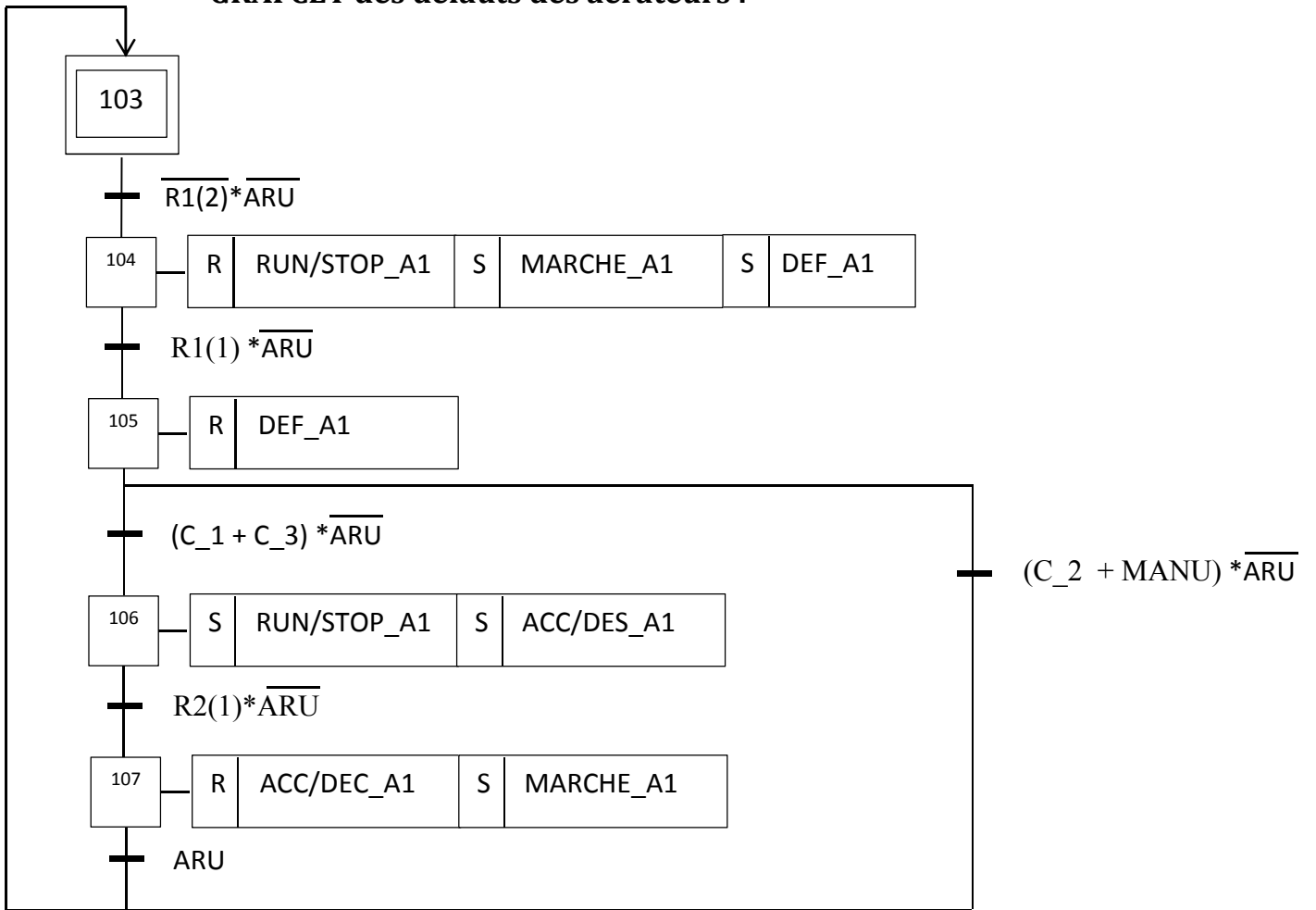


MODELISATION PAR L'OUTIL GRAFCET

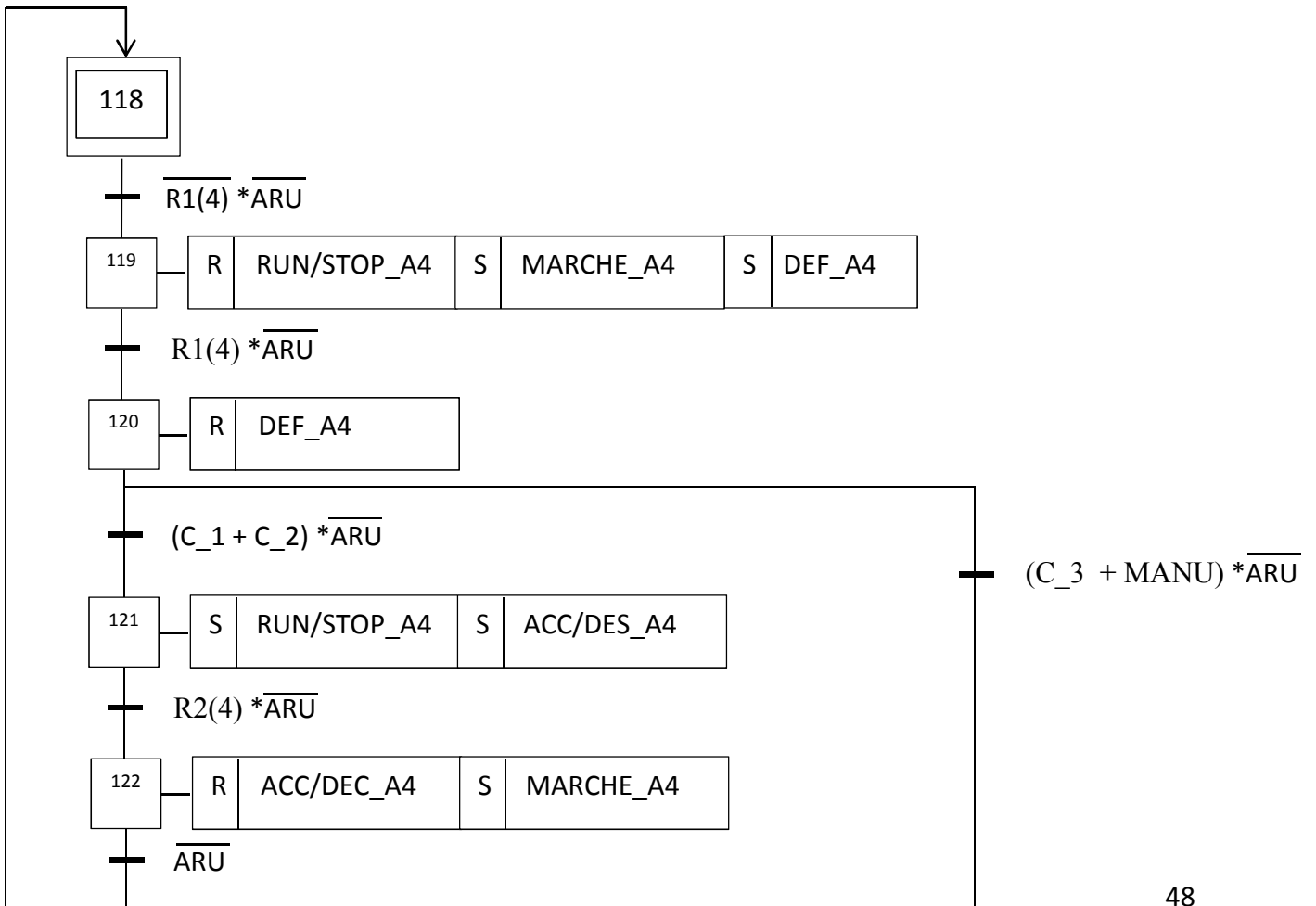
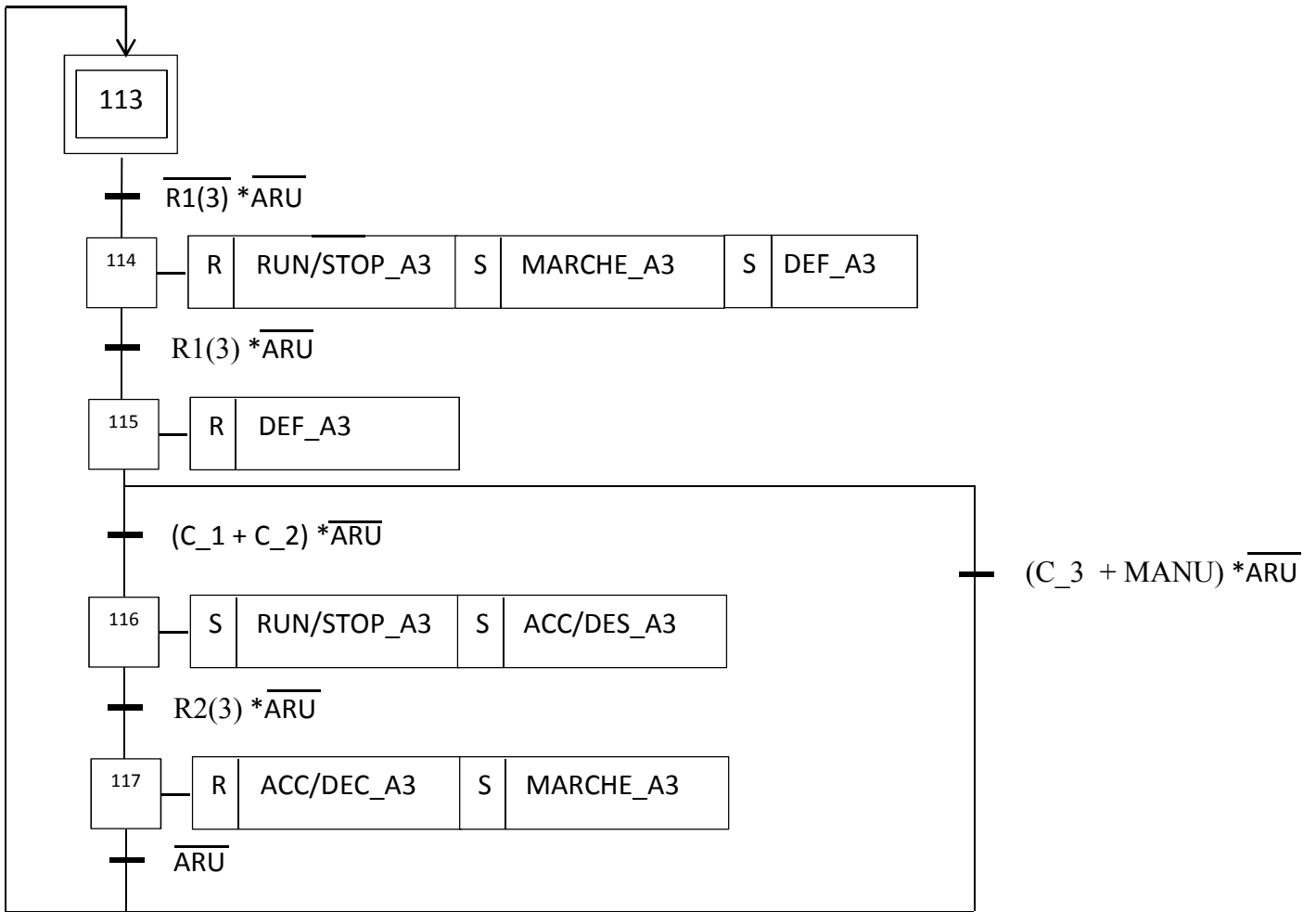


MODELISATION PAR L'OUTIL GRAFCET

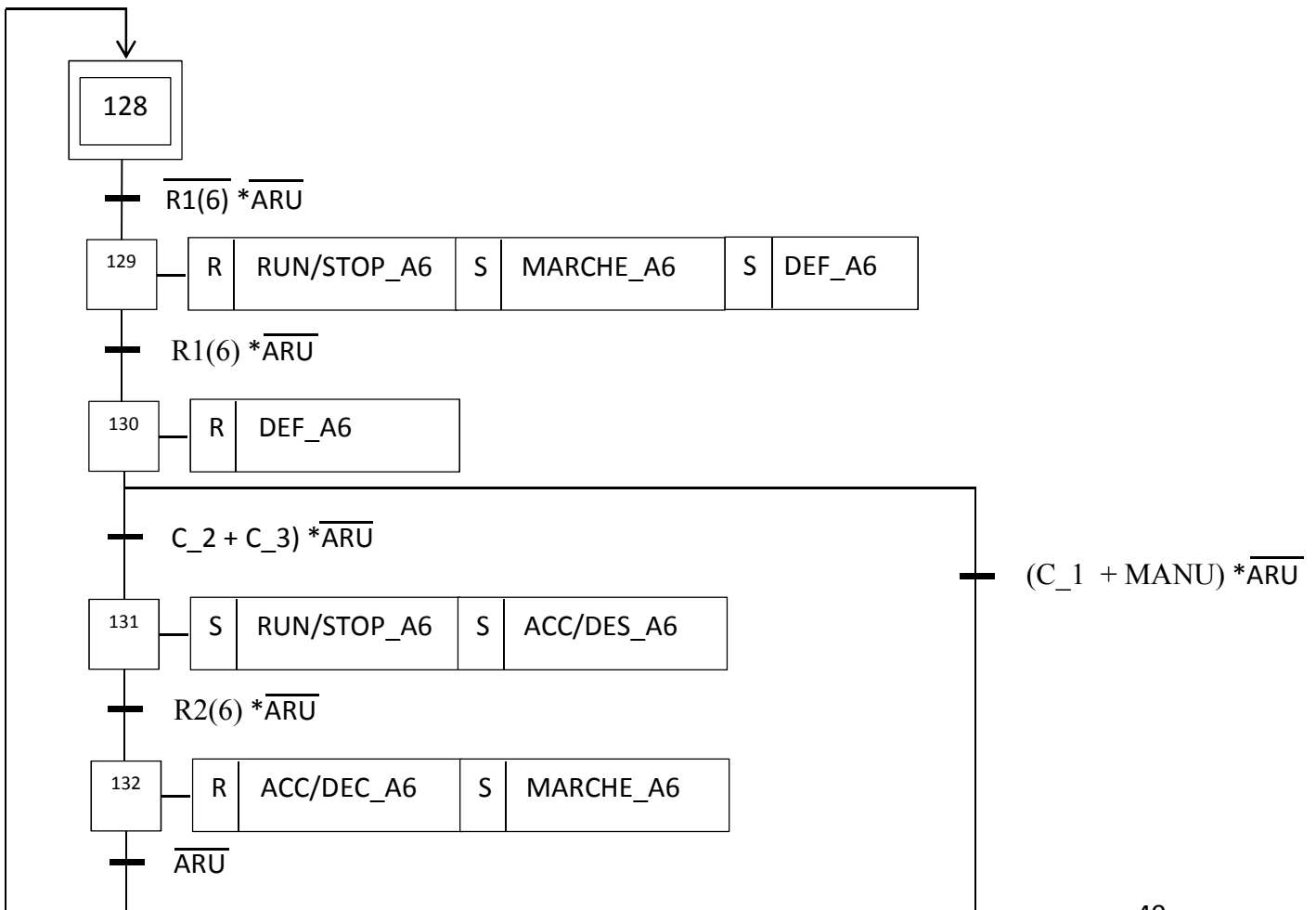
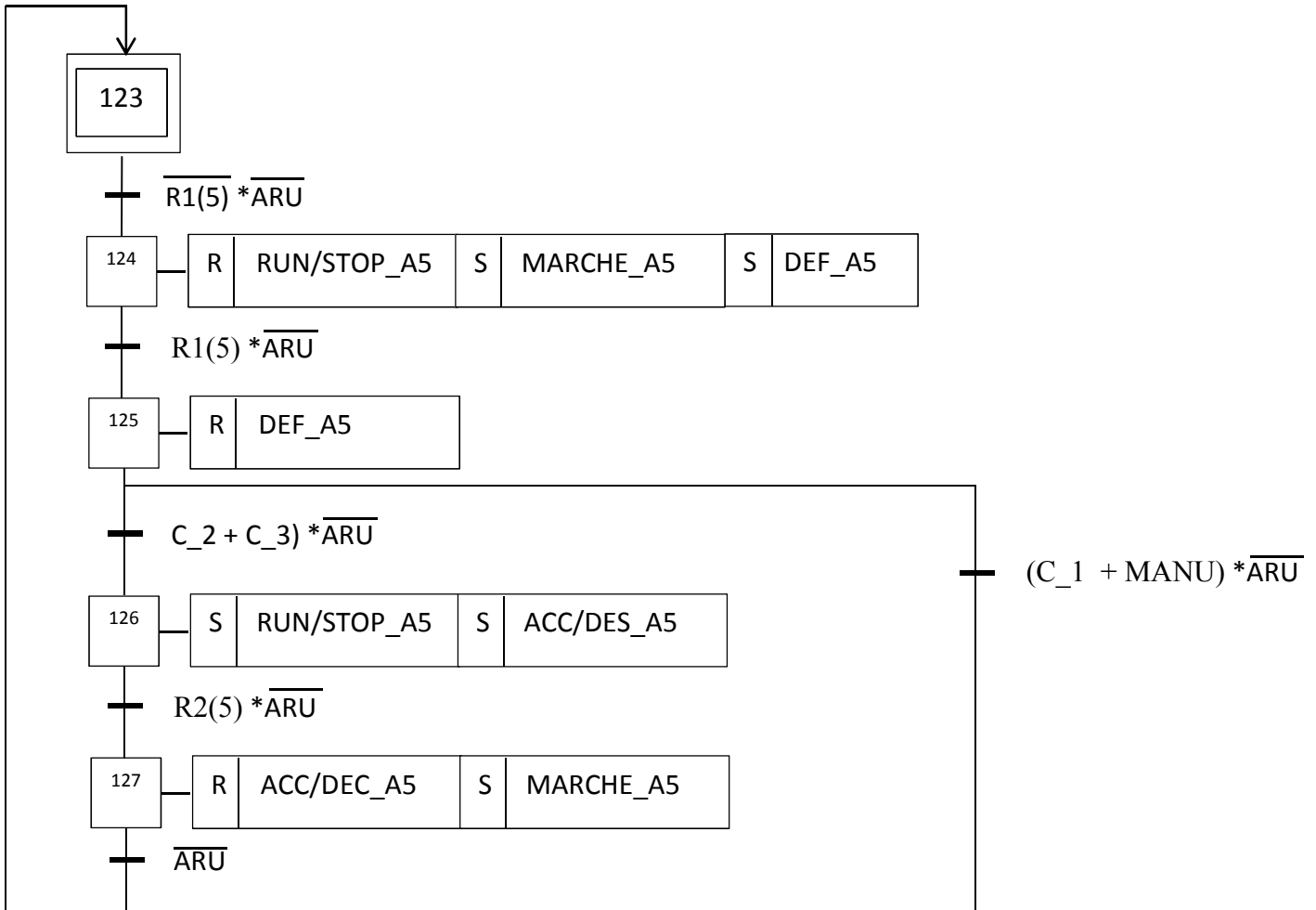
- **GRAFCET des défauts des aérateurs :**



MODELISATION PAR L'OUTIL GRAFCET



MODELISATION PAR L'OUTIL GRAFCET



III.5. Conclusion

Au terme de ce chapitre nous concluons que le GRAFCET est un outil de modélisation qui permet facilement le passage d'un cahier des charges fonctionnel à un langage d'implantation optionnel, il permet la description du comportement attendu de la partie commande d'un système automatisé, comme il permet aussi de créer un lien entre la partie commande et la partie opérative.

Ainsi, le GRAFCET à faciliter considérablement le passage de la description à la modélisation et nous permettra au chapitre suivant d'aborder la programmation de la partie opérative qui pilotera le procédé et ce à l'aide de S7-GRAPH.

CHAPITRE IV

**DEVELOPPEMENT DE LA SOLUTION
PROGRAMMABLE**

IV.1. Introduction

Le désir des industries de l'automobile de développer des chaînes de fabrication automatisées qui pourraient suivre l'évolution des techniques et des modèles fabriqués a débouché en 1969 sur l'apparition des automates programmables industriels aux USA.

Aujourd'hui, les API sont considérés comme étant les constituants les plus répandus des automatismes. Ils occupent une place de choix non seulement dans l'industrie mais aussi dans plusieurs secteurs, dans le but de remplir des rôles de commande et de communication et répondre aux besoins d'adaptation et de flexibilité des activités économiques actuelles.

Il existe de nombreux fabricants d'API, tel que SIEMENS, SCHNEIDER, TOSHIBA, OMRON,...etc. dans ce qui suit, on présentera les API puis nous nous intéresserons à l'automate ZELIO de SCHNEIDER et le S7-300 de chez SIEMENS et leurs langage de programmation.

IV.2. Les automates programmables industriels

Un automate programmable industriel est un dispositif électronique programmable destiné à la commande de processus industriels par un traitement séquentiel. Il envoie des ordres vers les pré-actionneurs à partir des données d'entrées, de consigne et d'un programme informatique. Il est utilisé pour accomplir en temps réel des fonctions d'automatisme logique, numérique ou de régulation.[6]

IV.2.1. Architecture des automates

IV.2.1.1. Aspect extérieur : les automates peuvent être de type compact ou modulaire. De type compact, on distinguera les automates programmables (LOGO de Siemens, ZELIO de Scheinder,...) des micros automates. Il intègre le microprocesseur, l'alimentation, les entrées et les sorties. (Figure IV.2)

Selon les modèles et les fabricants, il pourra réaliser certaines fonctions supplémentaires (comptage rapide, E/S analogiques, ...) et recevoir des extensions en nombre limité.

Ces automates, de fonctionnement simple, sont généralement destinés à la commande de petits automatismes.

Quant au type modulaire, le microprocesseur, l'alimentation et les interfaces d'entrées / sorties résident dans des unités séparées (modules) et sont fixées sur un ou plusieurs racks contenant le « fond de panier » (bus + connecteurs). (Figure IV.1)

Ces automates sont intégrés dans les automatismes complexes où puissance, capacité de traitement et flexibilité sont nécessaires.

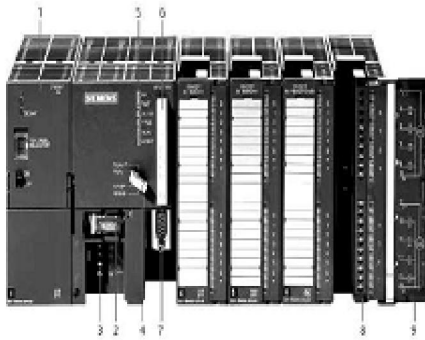


Figure IV.1 : Automate modulaire (Siemens) Figure IV.2: Automate compact (Schneider)

IV.2.2.2. Aspect interne :

De manière générale, un API est structuré autour de plusieurs éléments de base que sont [8] :

- Le processeur ou unité centrale de traitement : Il contrôle et exécute toutes les opérations de l'automate. Il est muni d'une horloge dont la fréquence détermine la rapidité de fonctionnement de l'API et sert de base au minutage et à la synchronisation pour tous les éléments du système.
- Le module d'alimentation transforme l'énergie externe provenant du réseau en la mettant en forme afin de fournir aux différents modules de l'API les niveaux de tension nécessaires à leur bon fonctionnement.
- La mémoire : c'est un élément technologique dans lequel on peut écrire, effacer ou lire des informations. Elle est divisée en zones destinées à contenir les données, les programmes et les logiciels de bases gérant le fonctionnement de l'automate.
- Les interfaces d'entrées/sorties :
 - Les entrées reçoivent des informations en provenance des éléments de détection et du pupitre opérateur.
 - Les sorties transmettent des informations aux pré-actionneurs et aux éléments de signalisation du pupitre.
- L'interface de communication : Les interfaces entre le procédé et la logique interne d'un automate sont assurées par les cartes électroniques appelées coupleurs. Le bus est un chemin emprunté par les informations entre les cartes et avec l'extérieur. C'est un circuit imprimé situé au fond de panier sur lequel sont connectés le microprocesseur, la mémoire centrale et les coupleurs.

IV.2.3. Langage de programmation des API :

Il existe différents langages de programmation définis par la norme CEI 61131-3 [6] :

- IL (Instruction List), le langage List est très proche du langage assembleur.
- ST (Structured Text), ce langage structuré ressemble aux langages de haut niveau utilisés pour les ordinateurs.
- LD (Ladder Diagram), le langage ladder (échelle en anglais) ressemble aux schémas électriques et permet de transformer rapidement une ancienne application faite de relais électromécaniques en un programme. On parle

également de langage à contacts ou de schéma à contacts pour désigner ce langage Ladder.

- Boîtes fonctionnelles (FBD), le FBD se présente sous forme de diagramme : suite de blocs, connectables entre eux, réalisant des opérations, simples ou très sophistiquées.

IV.2.4. Critère de choix d'un automate :

D'après le cahier de charge établi, l'automate le mieux adapté est choisi de façon à répondre à certains critères.

- Les nombres et la nature d'entrées/sorties ;
- Le type du processeur et sa capacité de traitement ;
- La nature de traitement souhaité (temporisation, comptage, régulation...etc.) ;
- La communication avec d'autres automates ;
- Le dialogue (la console programmation, pupitre, écran de supervision) ;
- La fiabilité et la durée de la garantie.

Il est important de connaître le nombre d'entrées et sorties du système. Dans notre cas, il s'agit d'un poste de relevage (19 entrées & 9 sorties) et d'un poste de lagunage (34 entrées & 25 sorties).

D'après le cahier de charge établi, le nombre d'entrées/sorties et leurs natures (numérique, analogique,...), on a opté pour l'automate modulaire ZELIO de SCHNEIDER pour le poste de relevage et l'automate modulaire S7 300 de SIEMENS pour le poste de lagunage.

IV.3. Présentation générale de l'automate ZELIO :

Destinés à la gestion de fonctions d'automatismes simples de 10 à 40 entrées/sorties, les modules Zelio Logic sont une alternative compétitive aux solutions à base de logique câblée ou de cartes spécifiques.

D'une flexibilité inégalée, Zelio Logic vous offre le choix entre 2 gammes (compacte ou modulaire) et une véritable programmation par langage à contacts ou blocs fonctions.

Simple à programmer et à mettre en œuvre, il permet également le contrôle et la surveillance de nos applications à distance... [4]

• **ZELIO LOGIC COMPACT** : gamme optimisée pour les automatismes simples jusqu'à 20 entrées/sorties. Sa simplicité de mise en œuvre et d'exploitation génèrent des gains de temps de programmation et d'installation, diminuant ainsi le coût global de l'application. Cette gamme se compose de 3 modèles monoblocs de 10, 12, 20 entrées/sorties. Elle est disponible en version :

- Avec afficheur et touches pour une programmation et un paramétrage aisés en façade,
- Sans afficheur et sans touches pour un coût économique et une confidentialité des applications [4].

• **ZELIO LOGIC MODULAIRE** : gamme composée de 2 bases de 10 et 26 entrées/sorties extensibles jusqu'à 40 entrées/sorties. La gamme modulaire autorise des

DEVELOPPEMENT DE LA SOLUTION PROGRAMMABLE

extensions d'entrées/sorties (6, 10 ou 14 E/S) et de communication sur réseau MODBUS, pour plus de performance et de flexibilité... [4]

Pour chacune des deux gammes, la programmation s'effectue simplement :

- Directement avec les 6 touches du module par navigation contextuelle, avec un réel confort de lisibilité grâce à un afficheur LCD rétro-éclairé (4 lignes de 18 caractères plus une ligne d'icônes)
- Sur PC avec le logiciel ergonomique Zelio Soft offrant la possibilité d'une réelle programmation par blocs fonctions (FBD) ou langage à contacts (LADDER).

IV.3.1. Face avant de l'automate

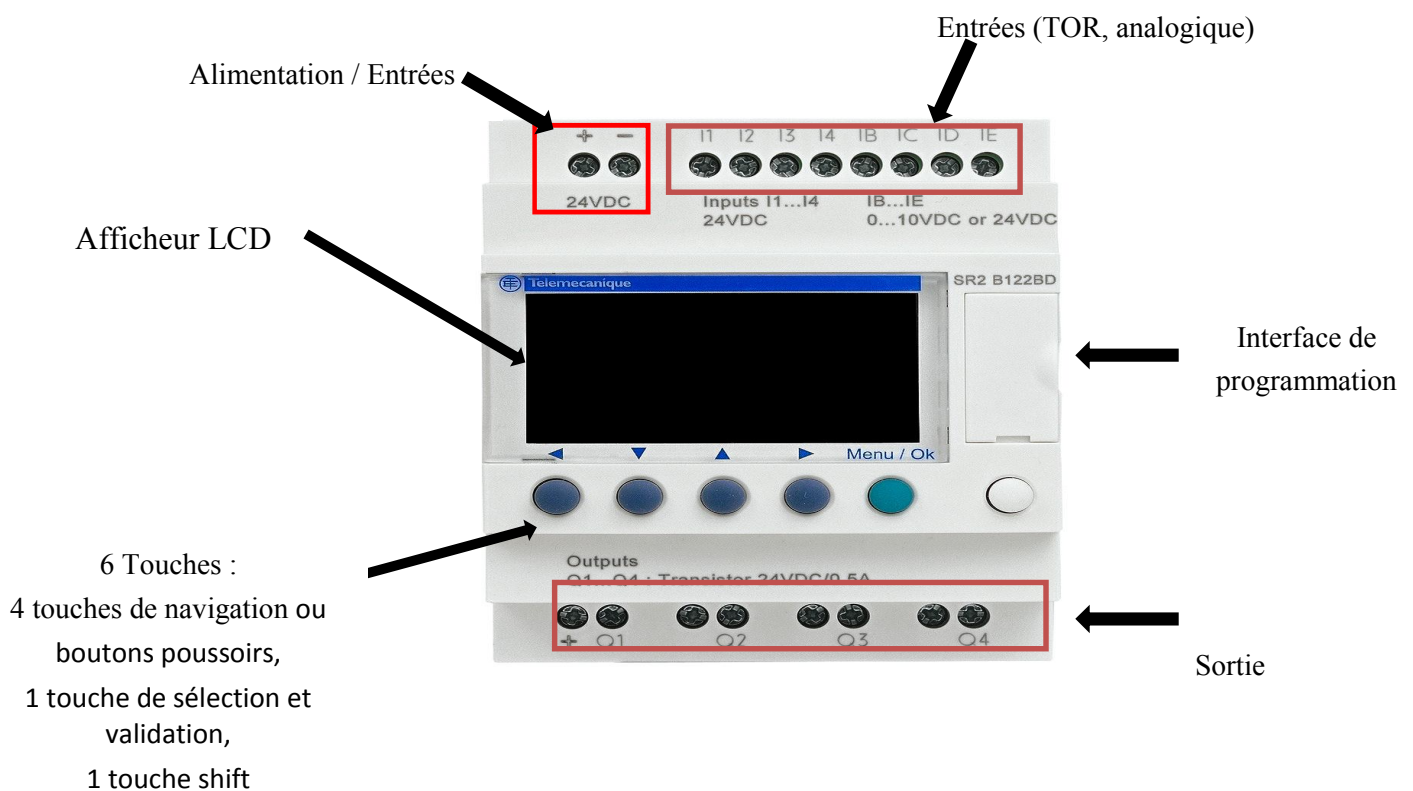


Figure IV.3 : Vue en face de l'automate ZELIO

IV.3.2. Prise en main de module :

A la 1ère mise sous tension, le module logique propose de sélectionner la langue (figure IV.4).

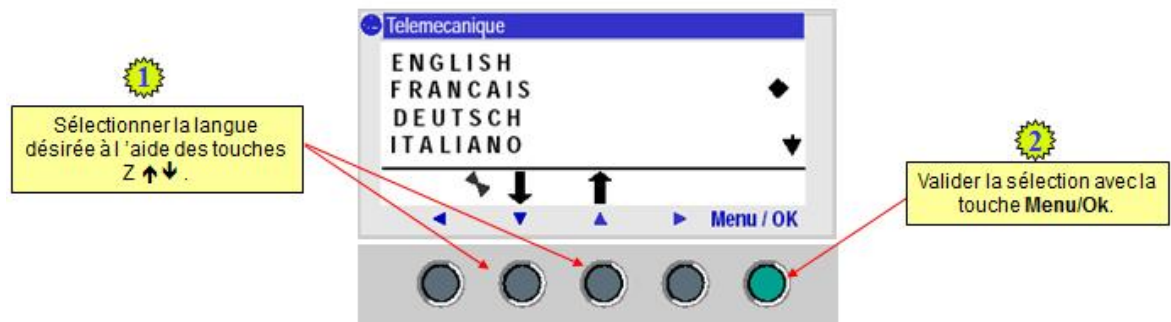


Figure IV.4 : menu choix de langue.

Après la validation de la langue, 2 cas de figure se présentent :

- Module avec horloge : Affichage de l'écran Date et Heure.
- Module sans horloge : Affichage de l'écran Menu Principal.

IV.3.2.1. Présentation des menus :

Les fonctions sont regroupées dans un menu principal. Ce menu est accessible avec la touche « Menu / Ok ».

| Fonctions | Descriptions |
|-------------------|---|
| ENTREES-SORTIES | Visualiser l'état E/S, mode utilisé LD / FBD, état RUN/STOP et 1 paramètre. |
| Programmation | Saisir les schémas à contacts (accès : mode LD et en Stop). |
| PARAMETRE | Permet de saisir les paramètres (mode LD ou FBD). |
| Monitoring | Visualiser en dynamique les schémas à contacts, modifier les paramètres (en RUN). |
| FBD DISPLAY | Permet de visualiser du texte ou des valeurs sur l'afficheur (mode FBD). |
| RUN/STOP | Mise en Marche / Arrêt du programme. |
| CONFIGURATION | Accès aux menus de configuration (mot de passe, filtre des E/S, horloge,...). |
| EFFACER PROGRAMME | Effacer la totalité du programme (si programme verrouillé, saisir le mot passe). |
| TRANSFERT | Transfert programme : module vers la cartouche mémoire ou inversement. |
| VERSION | Accès à l'identification du module : référence, versions hardware et firmware. |
| LANGUE | Permet de choisir la langue utilisée par le module. |
| DEFAULT | Accès au nombre d'erreurs / alarmes détectées par le module et de les effacer. |

Tableau IV.1 : fonctions de menu principal.

IV.3.2.2. Présentation du Menu configuration :

Le menu configuration est accessible depuis le menu principal (sélectionner la fonction « CONFIGURATION » et valider avec la touche « Menu / Ok »).

| Fonctions | Descriptions |
|-------------------|---|
| MOT DE PASSE | Permet de verrouiller l'accès à des menus (programme, effacer programme,...). |
| FILTRE TOR. | Modification des vitesses de commutation des entrées TOR. |
| Zx TOUCHES | Activer / désactiver les touches Z1 à Z4. |
| CHANGER J/H | Régler la Date et Heure (module avec option horloge). |
| CHANGER ETE/HIVER | Programmer l'heure Eté / Hiver (module avec option horloge). |
| CYCLE WATCHDOG | Modifier le cycle et le chien garde du programme. |
| INIT. MODBUS | Permet de configurer le module d'extension MODBUS (adresse, vitesse,...). |

Tableau IV.2 : menu configuration

IV.3.2.3. Présentation de l'atelier ZELIO Soft :

Lors de lancement de ZELIO soft, la fenêtre d'accueil s'ouvre (figure IV.5).

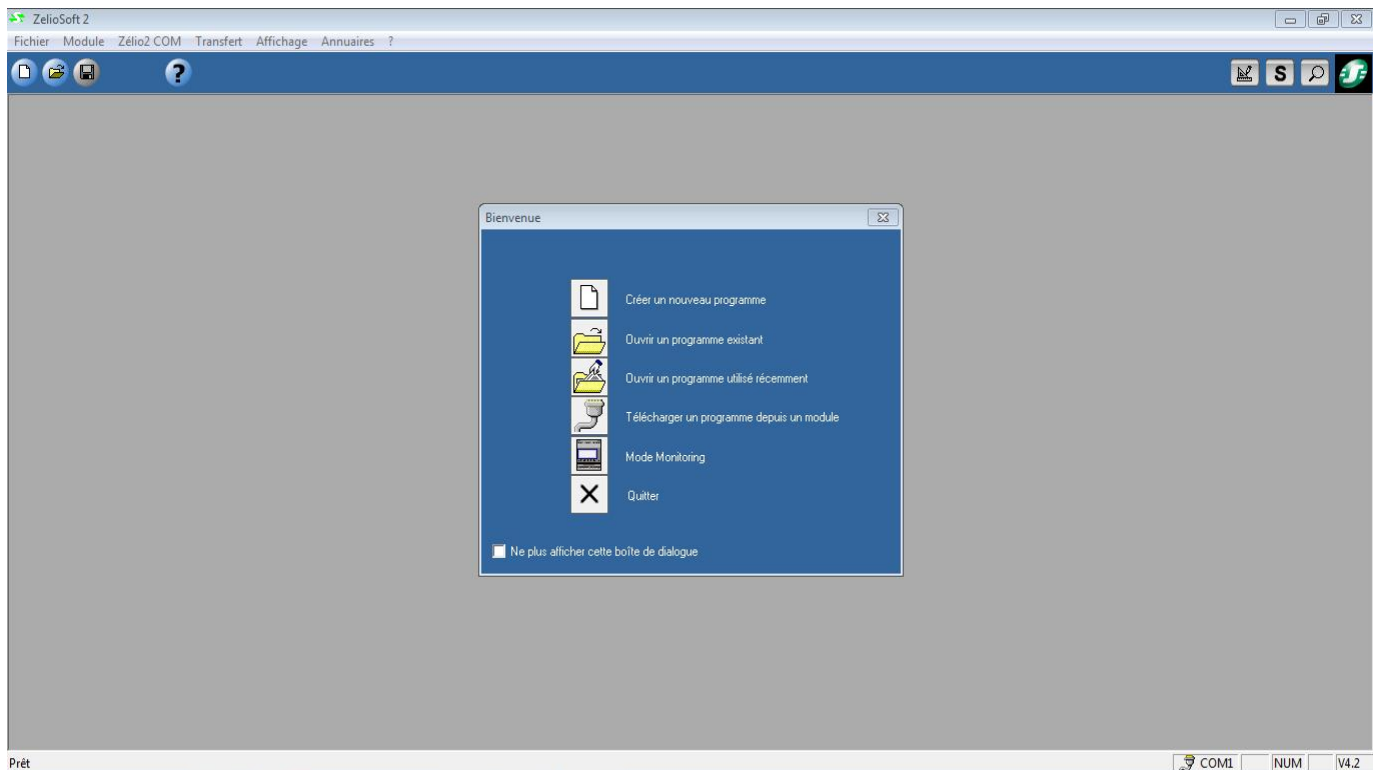


Figure IV.5 : fenêtre d'accueil de ZELIO Soft.

IV.3.2.4. Création d'une application :

- **Choix des modules**

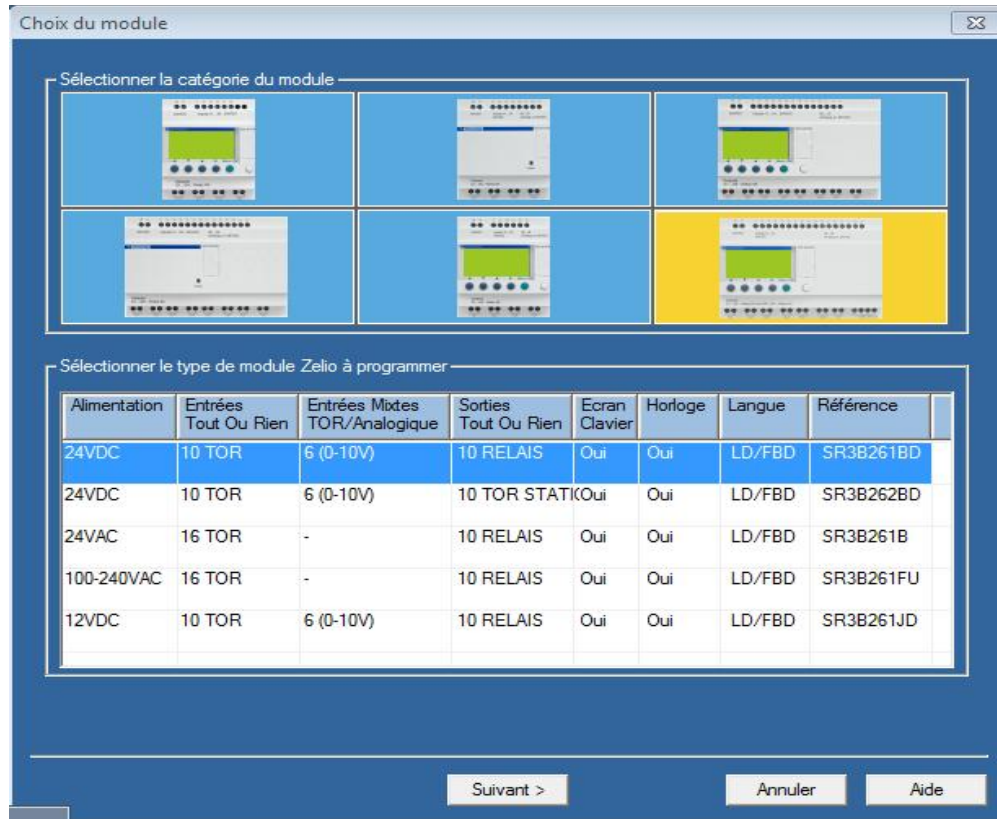


Figure IV.6 : fenêtre de choix des modules.

- **Ajout de modules**

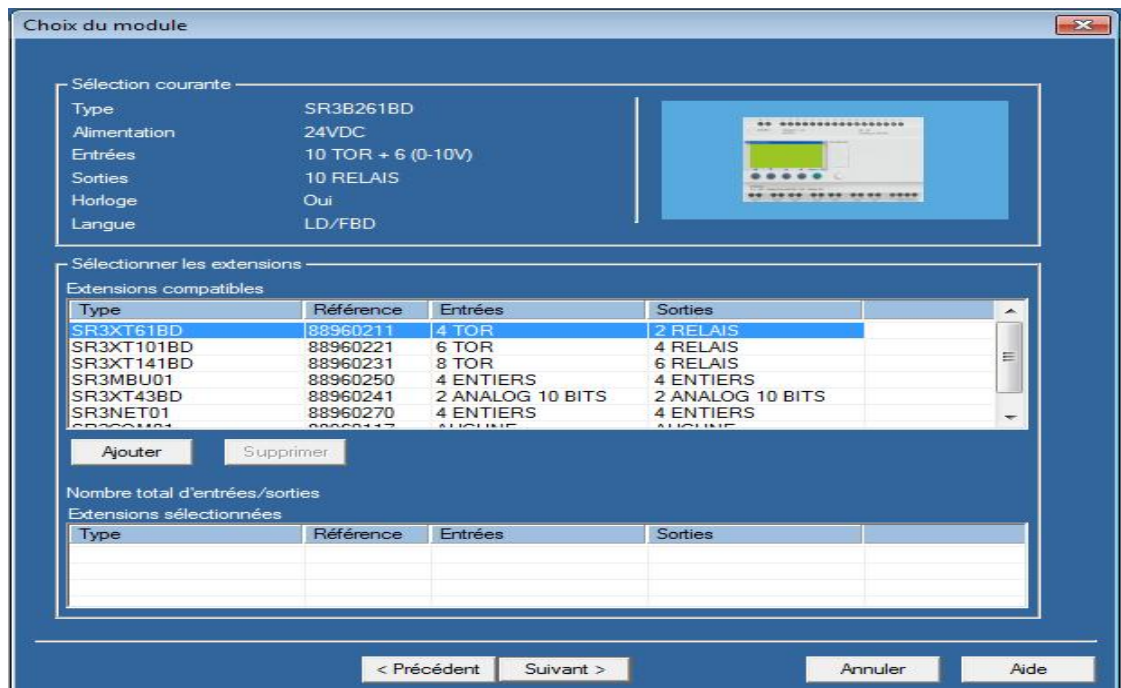


Figure IV.7 : fenêtre d'ajout de module.

- **Choix de langage de programmation**

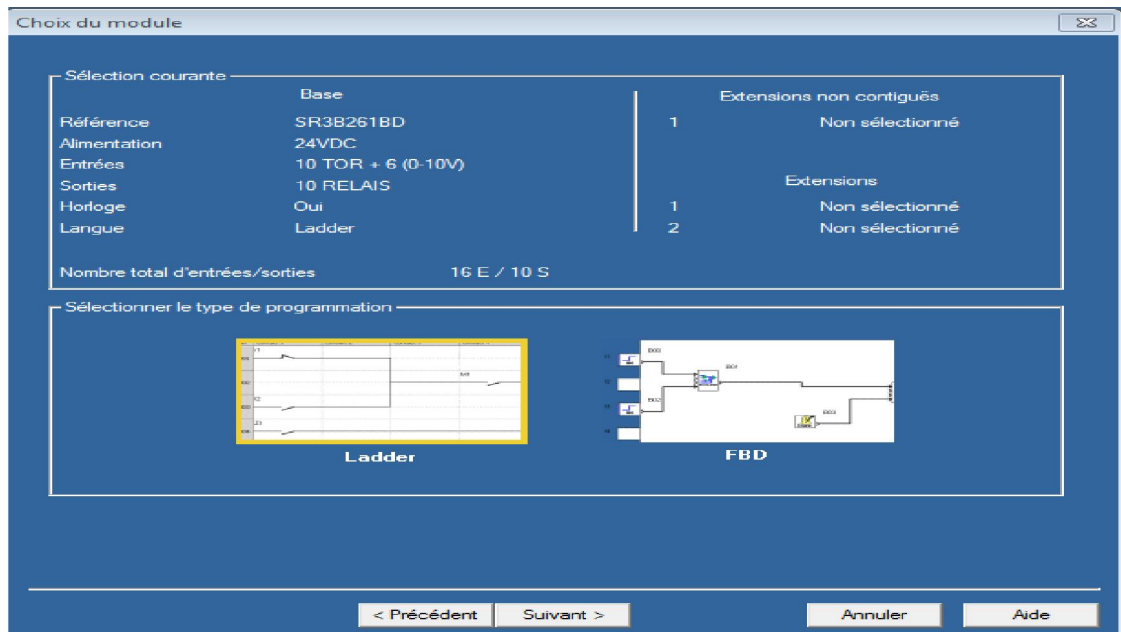


Figure IV.8 : fenêtre de choix de langage de programmation.

- **Edition de programme :**

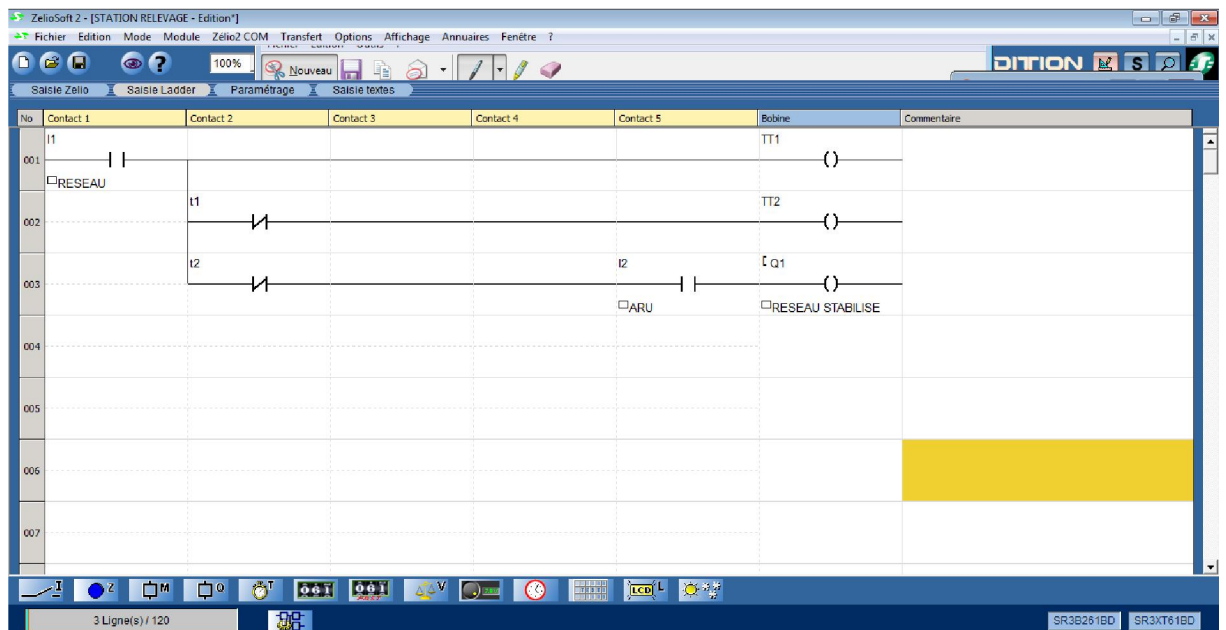


Figure IV.9 : fenêtre d'édition de programme.

IV.3.3. Fenêtre Supervision :

La fenêtre supervision est accessible à partir du menu / fenêtre. Pour éditer la fenêtre de supervision, il faut glisser / déposer ou copier / coller les fonctions de la fenêtre d'édition. Elle peut contenir également des dessins (créer à partir du menu dessin) du texte et des images.

DEVELOPPEMENT DE LA SOLUTION PROGRAMMABLE

En mode simulation ou monitoring, la fenêtre permet de visualiser en dynamique les E/S et les paramètres des blocs fonctions. Elle permet également de piloter l'application.

Exemple : Ecran de Supervision « Montée / descente d'une porte » (figure IV.10).

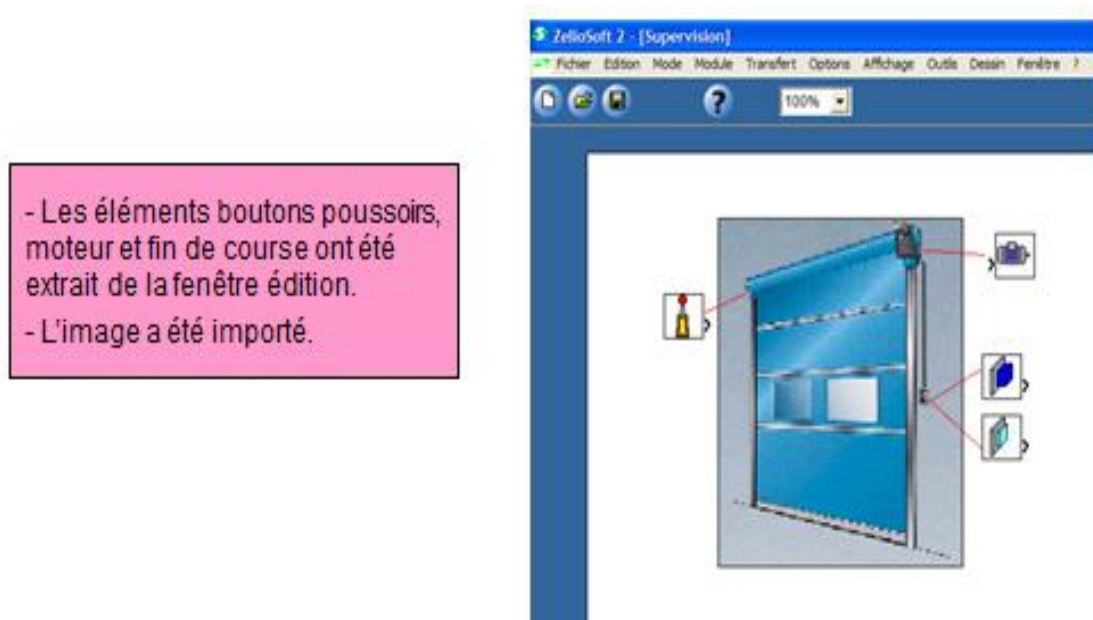


Figure IV.10 : fenêtre de supervision.

IV.4. Présentation générale de l'automate S7-300

L'automate S7-300 est un mini automate modulaire pour des applications d'entrées et de milieu de gamme fabriqué par la firme SIEMENS, on peut le composer en fonction de nos besoins à partir d'un vaste éventail de modules.

SIMATIC S7 désigne un produit de la société SIEMENS, ce sont des appareils fabriqués en série, conçus indépendamment d'une tâche précise. Tous les éléments logiques, fonctions de mémoire, temporisations, compteurs...etc., nécessaire à l'automatisation sont prévus par le fabricant et sont intégrés à l'automate.[8]

IV.4.1. Caractéristique de l'automate S7-300

L'automate S7-300 est spécifié par les caractéristiques suivantes :

- Gamme diversifiée de la CPU ;
- Gamme complète des modules ;
- Possibilité d'exécution jusqu'à 32 modules ;
- Bus de fond de panier intégré en module ;
- Possibilité de mise en réseau avec MPI, PROFIBUS ou INDUSTRIAL ETHERNET ;
- Raccordement central de la PG avec accès à tous les modules ;
- Liberté de montage au différent emplacement ;
- Configuration et paramétrage à l'aide de l'outil configuration matériels.

Plusieurs automates programmables S7-300 peuvent communiquer entre eux aux moyens d'un câble-bus PROFIBUS pour une configuration décentralisée. [3]

IV.4.2. Constitution de l'automate S7-300

L'automate programmable S7-300 (figure IV. 1) est un système d'automatisation modulaire offrant la gamme du module suivant [3]:

- Module d'alimentation (PS) 2A, 5A, 10A.
- Unité centrale CPU 31X travaillant avec une mémoire de 48 Ko, sa vitesse d'exécution est de 0.3ms /1Ko instructions.
- Module de signaux (SM) pour entrées et sorties TOR et analogique.
- Le module d'extension (IM) pour configuration multi rangée du S7-300.
- Module de fonction (FM) pour fonctions spéciales (par exemple activation d'un moteur asynchrone).
- Processus de communication (CP) pour la connexion au réseau.

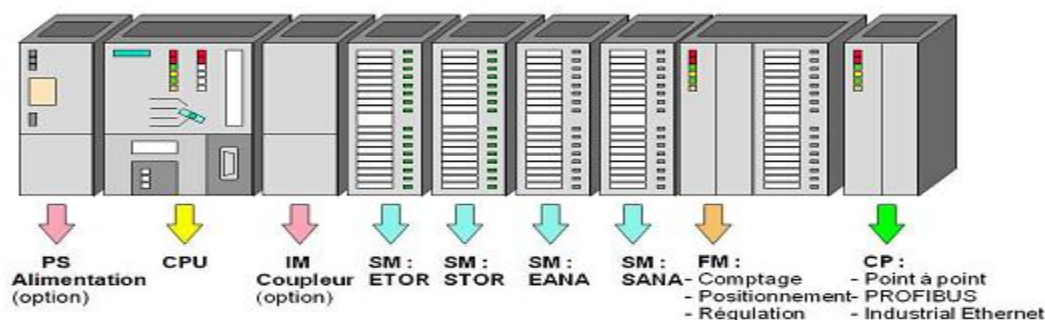


Figure IV.11 : constituant d'un automate S7-300.

IV.4.3. Programmation de l'API S7-300

Un API est programmé à l'aide de langages spécialisés, fournis par son constructeur (ex : step7 pour SIEMENS et PL7 pour SCHNEIDER), et utilisables au travers d'une interface (un logiciel sur PC, un pupitre...). Il existe plusieurs langages que sont [3]:

- Langage CONT (LD : Ladder Diagram).
- Langage LOG.
- Langage LIST (IL : Instruction Liste).
- Le GRAFCET (S7-GRAPH).

IV.4.3.1. Le bloc du programme utilisateur

Il faut avoir l'habitude de subdiviser le procédé à automatiser en différentes tâches. Les parties d'un programme utilisateur structuré correspondant à ces différentes tâches, sont les blocs de programmes.

Le logiciel de base STEP7 dans ses différents langages de programmation possède un nombre important de blocs d'utilisateur, destiné à structurer le programme utilisateur.

IV.4.3.2. Bloc d'organisation (OB)

Un OB est appelé cycliquement par le système d'exploitation et constitue donc une interface entre le programme utilisateur et le système d'exploitation. L'OB contient des instructions d'appel de blocs indiquant à l'unité de commande de l'automate l'ordre dans lequel il doit traiter les blocs.

IV.4.3.3. Bloc fonctionnel (FB)

Un bloc fonctionnel contient un programme qui est exécuté dès son appel par un autre bloc de code. Il facilite la programmation de fonction complexe, comme la commande de moteur (accélérateur,...etc.).[8]

IV.4.3.4. Fonction (FC) :

Les fonctions font partie des opérations que le concepteur programme. Elles ne possèdent pas de mémoires. Les variables temporaires d'une fonction sont sauvegardées dans la pile de données locales. Ces données sont perdues après exécution de la fonction. Les fonctions peuvent faire appel à des blocs de données globaux pour la sauvegarde de données. Une fonction contient un programme qui est exécuté lorsqu'elle est appelée par un autre bloc de code. Elle peut être utilisée pour [8] :

- renvoyer une valeur de fonction au bloc appelant (exemple : fonction mathématique).
- Exécuter une fonction technologique.

IV.4.3.5. Bloc de données (DB)

Les DB sont utilisés pour la mise à disposition de l'espace mémoire pour des variables de type données, on a deux types de bloc.

Tous les FB, FC, OB peuvent lire les données contenues dans un DB global ou écrire des données dans un DB global. Ces données sont conservées dans le bloc de données même lorsqu'on quitte le DB.[8]

IV.4.4. Création d'un projet dans S7-300

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

1. Lancer SIMATIC Manager ;
2. Choisir la CPU à utiliser pour notre projet ;
3. Choisir les blocs et le langage de programmation à insérer ;
4. Nommer le projet afin de finaliser sa création ;
5. Configurer la matériel utiliser dans le projet ;

IV.4.5. Programmation de poste de langage

Pour la réalisation de la programmation de la commande des aérateurs, on a opté pour le langage S7-GRAPH.

Le S7 GRAPH sert à la description de commandes séquentielles à l'aide des séquences exclusives et simultanées. Le déroulement des étapes est configuré et programmé avec clarté et rapidité dans un mode de représentation standardisé, il est donc orienté sur le déroulement du processus, raison pour laquelle on l'a choisit.[3]

Pour le poste de langage, on dispose de 34 entrées TOR et de 25 sorties TOR et pour cela on a utilisé la configuration matérielle suivante :

- Module d'alimentation : PS307 5A
- CPU : CPU312
- Module de 32 entrées 24V TOR : DI 32xDC 24V
- Module de 16 entrées 24V TOR : DI 16xDC 24V

- Module de 32 sorties 24V/0.5A TOR : DO 32x24V/0.5 A

IV.4.6. Test et simulation du programme utilisateur

Après l'élaboration du programme du poste de lagunage, nous arrivons à l'étape finale du travail effectué. Cette étape consiste à valider le programme par simulation et vérifier le bon fonctionnement de notre automatisme.

La simulation est faite par le logiciel optionnel de simulation S7 PLCSIM. Il permet de tester le programme dans un système d'automatisation simulé dans l'ordinateur sans être connecter à un matériel S7 quelconque.

Cette application dispose d'une interface simple qui permet de surveiller et de modifier les différents paramètres utilisés par le programme (activation ou désactivation des entrées).

Le chargement du programme utilisateur dans la CPU du simulateur permet le test fonctionnel des blocs utilisateurs du programme de fonctionnement du poste de lagunage sur le PC. [3]

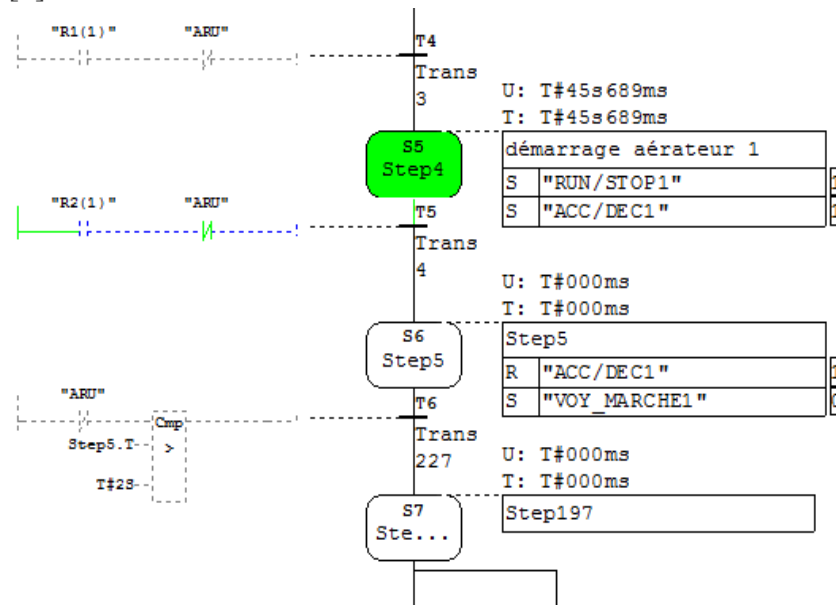


Figure IV.19 : Activation de l'étape S5 par la transition T4

IV.5. Conclusion :

Nous avons présenté dans ce chapitre les deux automates utilisés dans la station qui sont les plus adéquats de côté économique et performance ainsi que les langages de programmation utilisés pour la conception de la solution programmable.

Cette solution sera implémentée dans un système de supervision et qui sera l'objet de notre prochain et dernier chapitre.

CHAPITRE V

**DEVELOPPEMENT DE LA
PLATEFORME DE SUPERVISION**

V.1. Introduction

Les outils de supervision s'adressent à toutes les installations industrielles automatisées quelque que soit leur envergures, où les opérateurs cherchent des solutions de pilotages et de supervision de leurs équipement.

Les systèmes de supervision offrent la possibilité de déporter et de centraliser la vision des organes physiques (capteurs et actionneurs) parfois très éloignés et contribuent ainsi au confort de l'opérateur et l'efficacité de système.

Dans ce chapitre, on va présenter la solution de supervision SIMATIC IHM qui est une **Interface Homme-Machine** et qui est considéré comme la solution de supervision par excellence dans les milieux industriels.

V.2. La supervision

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 [8].

V.2.1. Les tâches d'un système IHM

Un système de supervision se compose, d'un moteur central (logique) auquel s'attachent des données provenant des automates. Ce moteur central assure l'affichage, le traitement et l'archivage des données, ainsi que la communication avec d'autres périphériques (figure V.1). [10]

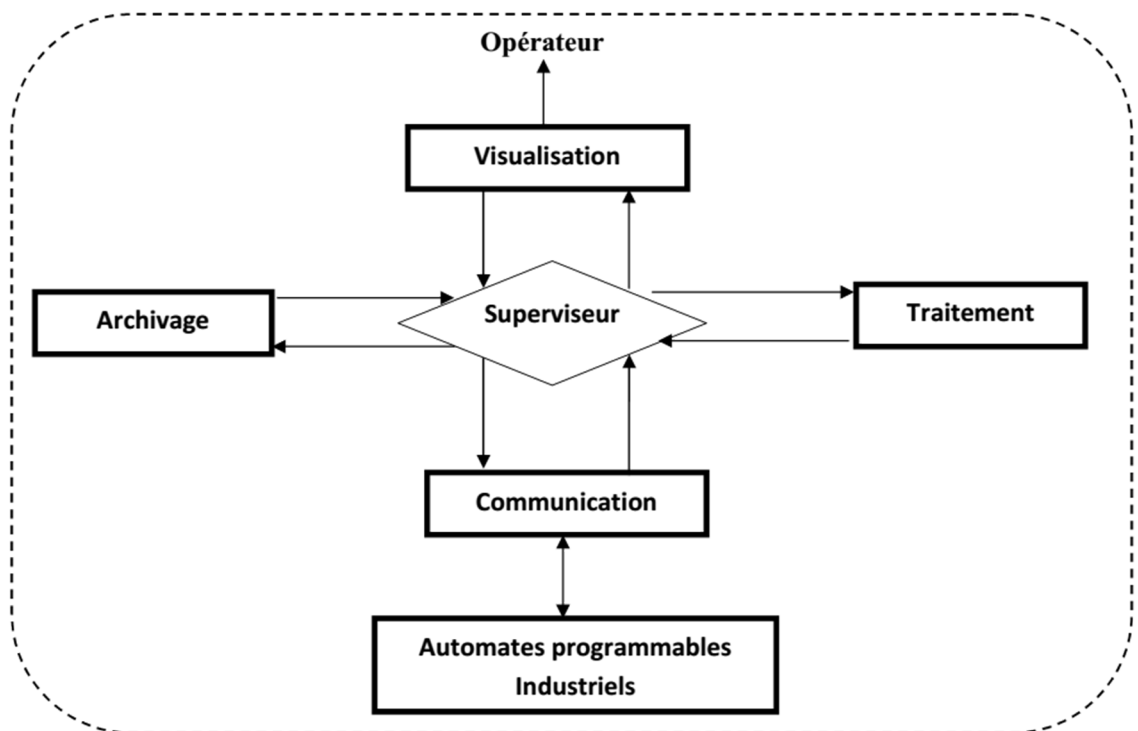


Figure V.1 : Schéma synoptique d'un système de supervision

- **Module d'archivage**

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

- **Module de traitement**

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

- **Module de communication**

Le module de communication assure l'acquisition et le transfert des données et gère la communication avec les automates programmable industriels et autres périphériques.

V.2.2. Le logiciel de supervision WinCC FLEXIBLE

WinCC est un système IHM (Interface Homme-Machine), c'est-à-dire entre l'opérateur (homme) et le processus (machine). Le contrôle proprement dit du processus est assuré par l'automate programmable. Une communication s'établit entre WinCC et l'opérateur d'une part et WinCC et l'automate programmable d'une autre part.

WinCC flexible est le logiciel de réalisation d'interface de supervision des processus industriels, il réunit des moyens d'ingénierie simples et efficaces, de concepts d'automatisation évolutifs avec lesquels il garantit les avantages suivants [10]:

- Simplicité.
- Ouverture.
- Flexibilité.

❖ **Structure du logiciel**

Le système de base WinCC flexible se subdivise en :

- Logiciel de configuration (CS) qui permet de créer un projet.
- Logiciel Runtime (RT) qui permet de mettre le projet en œuvre dans le cadre du processus. Le projet est alors « en RUNTIME ».

➤ **Logiciel de configuration**

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

- **Système graphique (Graphics Designer)**

L'éditeur pour la réalisation et la représentation de tous les éléments de vue statiques et actifs (textes, graphiques ou boutons).

- **Système de signalisation (Alarm Logging)**

L'éditeur permettant de configurer les alarmes qui informent l'opérateur des états de fonctionnement ou des pannes du processus.

- **Système d'archivage (Tag Logging)**

L'éditeur permettant de spécifier les données à archiver.

- **Système de journalisation (Report Designer)**

L'éditeur permettant de réaliser la mise en page des journaux.

- **Communication**

Elle se configure directement sous WinCC Explorer, toutes les données de configuration sont enregistrées dans la base de données.

- **Gestionnaire des utilisateurs (User Administrator)**

L'éditeur de gestion des utilisateurs et des droits d'utilisateur.

➤ **Logiciel RUNTIME**

Le logiciel RUNTIME permet à l'opérateur d'assurer la conduite du processus. Les tâches incombant au logiciel RUNTIME sont les suivants :

- Lecture des données enregistrées dans la base de données ;
- Affichage des vues à l'écran ;
- Communication avec l'automate programmable ;
- Archivage des données actuelles de RUNTIME comme l'archivage des valeurs de processus et événements de signalisation ;
- Conduite du processus comme la spécification de consignes ou la mise en marche/arrêt.

V.3. Le WinCC Flexible et le STEP 7 :

V.3.1. Intégration de WinCC flexible dans STEP7

WinCC flexible peut être intégré au logiciel de configuration SIMATIC STEP7, cela permet de choisir des mnémoniques et blocs de données de SIMATIC STEP7 comme variables dans WinCC flexible, on économise non seulement le temps et l'argent, mais on évite des sources d'erreurs dues à la répétition de la saisie [10].

V.3.2. Avantages de l'intégration au STEP7

Lors de la configuration intégrée, on a accès aux données de configuration que l'on a créés lors de la configuration de l'automate avec STEP 7, on profite des avantages suivants [10]:

- On peut utiliser le gestionnaire SIMATIC Manager comme poste central de création, d'édition et de gestion des automates SIMATIC et des projets WinCC flexible.
- Les paramètres de communication de l'automate sont entrés par défaut lors de la réaction du projet WinCC flexible, Toute modification sous STEP 7 se traduit par une mise à jour des paramètres de communication sous WinCC flexible.
- Lors de la configuration de variables et de pointeurs de zone, on peut accéder sous WinCC flexible directement aux mnémoniques de STEP 7, on sélectionne simplement sous WinCC flexible le mnémonique STEP 7 auquel on veut affecter une variable. Les modifications de mnémonique sous STEP 7 sont mises à jour sous WinCC flexible.

DEVELOPPEMENT DE LA PLATEFORME DE SUPERVISION

- Il suffit de définir les mnémoniques une seule fois sous STEP 7 pour pouvoir les utiliser sous STEP 7 et sous WinCC flexible.
- Les alarmes ALARM_S et ALARM_D configurées sous STEP 7 sont prises en charge sous WinCC flexible et peuvent être affichées sur le pupitre opérateur.

V.3.3. Création d'un projet sous WinCC flexible 2008

Les principales étapes suivies pour la création de notre application sous WinCC flexible 2008 sont :

a. Création d'un nouveau projet

Au démarrage de WinCC flexible, une fenêtre « WinCC flexible Advanced » s'ouvre avec des choix multiple pour la création de projet. Dans notre cas, on a choisi « créer un projet vide ».

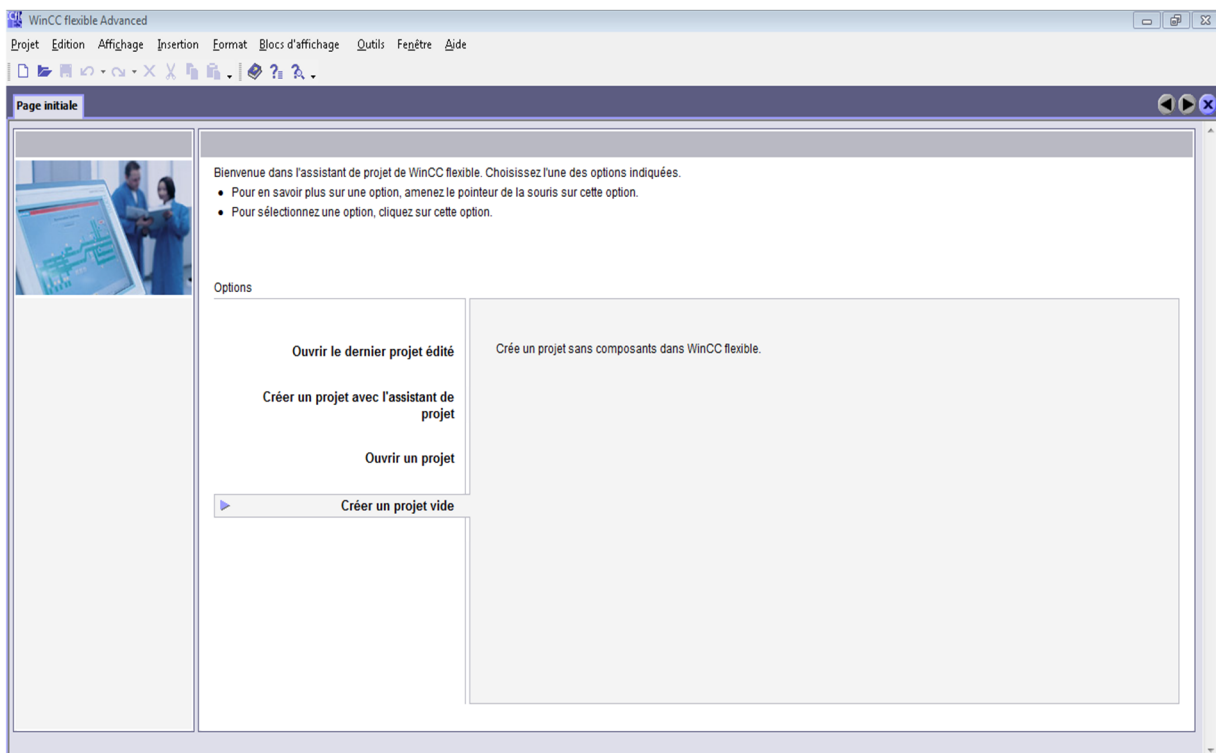


Figure V.2 : création d'un nouveau projet.

b. Sélection de pupitre

Après la création d'un nouveau projet, une nouvelle fenêtre s'ouvre pour le choix de pupitre à utiliser pour notre application.

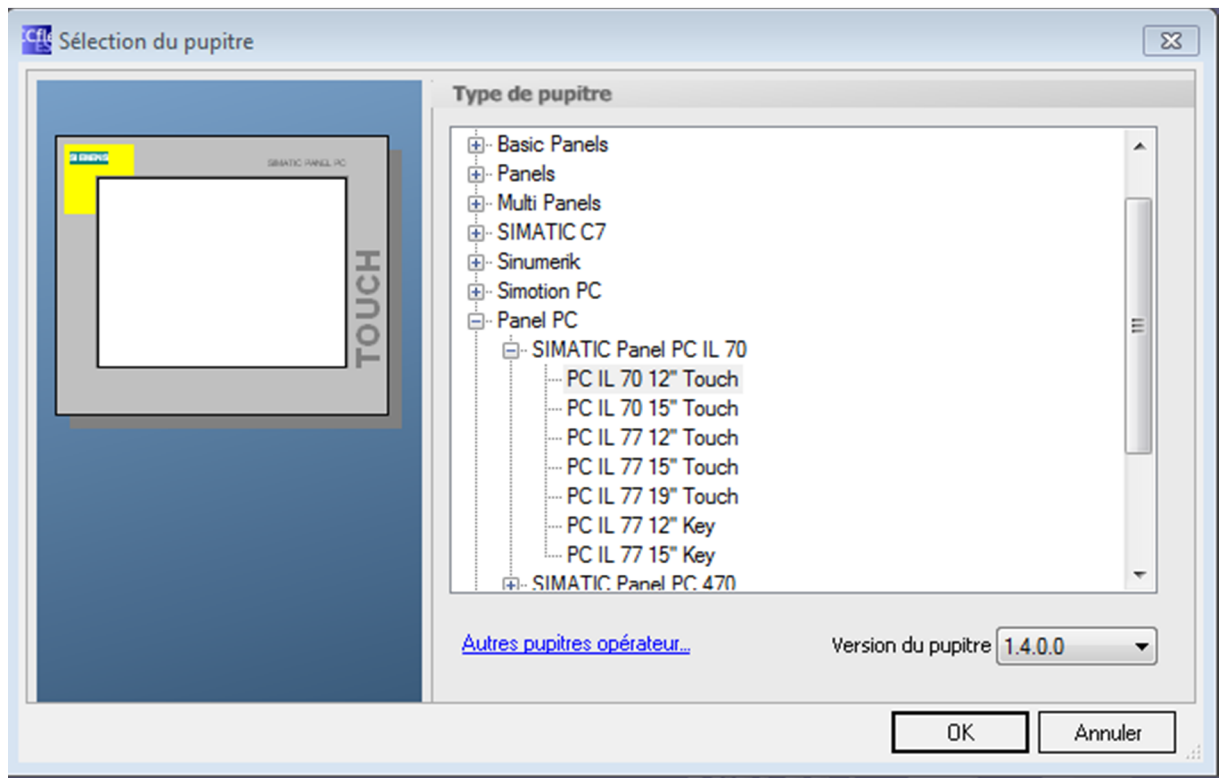


Figure V.3 : Fenêtre du choix de pupitre.

c. Espace de travail

Après validation du type du pupitre, l'espace de travail WinCC Flexible Advanced-projet-HMI s'ouvre.

L'espace de travail de WinCC flexible nous offre tous les outils nécessaires à la présentation d'un quelconque système automatique, mécanique, hydraulique et autres.

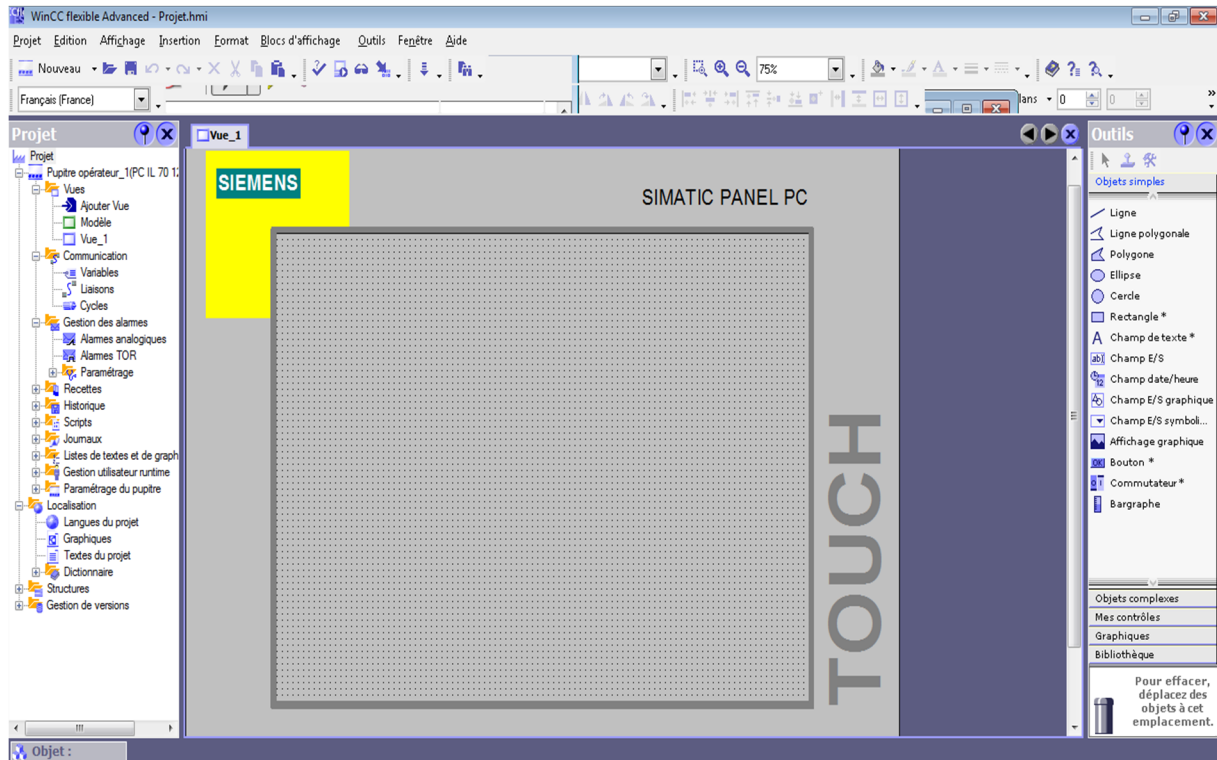


Figure V.4 : Espace de travail WinCC flexible.

d. Edition des vues

L'application WinCC que nous avons élaboré renferme cinq (5) vues contenant tous les éléments de notre station (ouvrages et pupitre de commande).

V.3.4. Les vues de projet :

V.3.4.1. Vue d'accueil

Cette vue nous permet d'avoir accès directement aux ouvrages de la station (poste de relevage et poste de lagunage).



Figure V.5 : Vue d'accueil.

V.3.4.2. Vue poste de relevage

Elle nous permet de voir l'état de fonctionnement de poste de relevage.

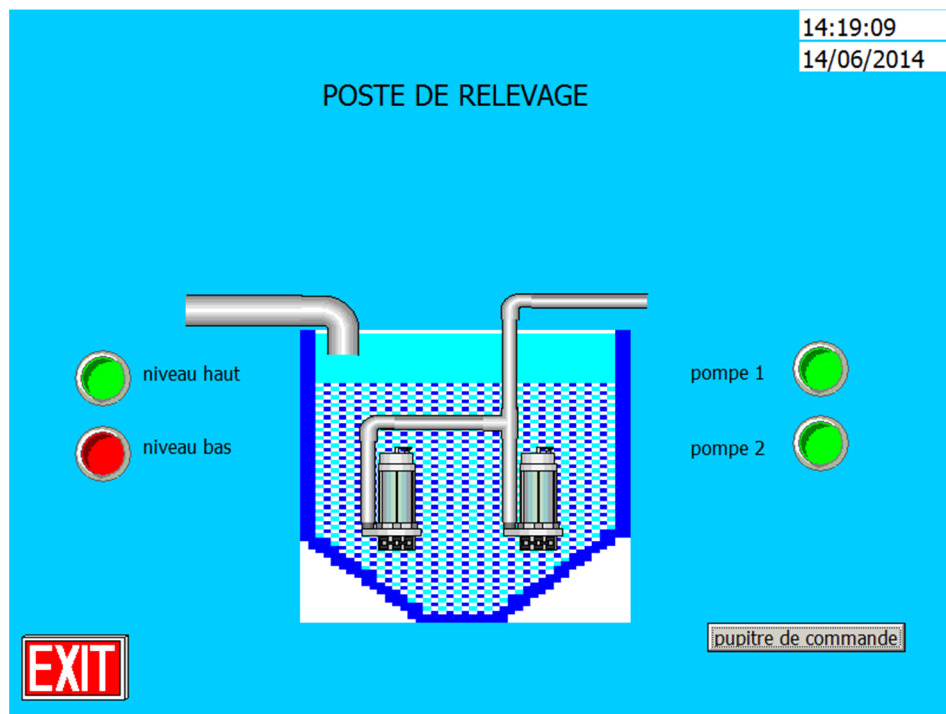


Figure V.6 : Vue poste de relevage

V.3.4.3. Vue pupitre de commande :

Dans cette vue se trouve les différents boutons poussoir de mise en marche et d'arrêt, les commutateurs et les différents indicateurs de l'état de système.

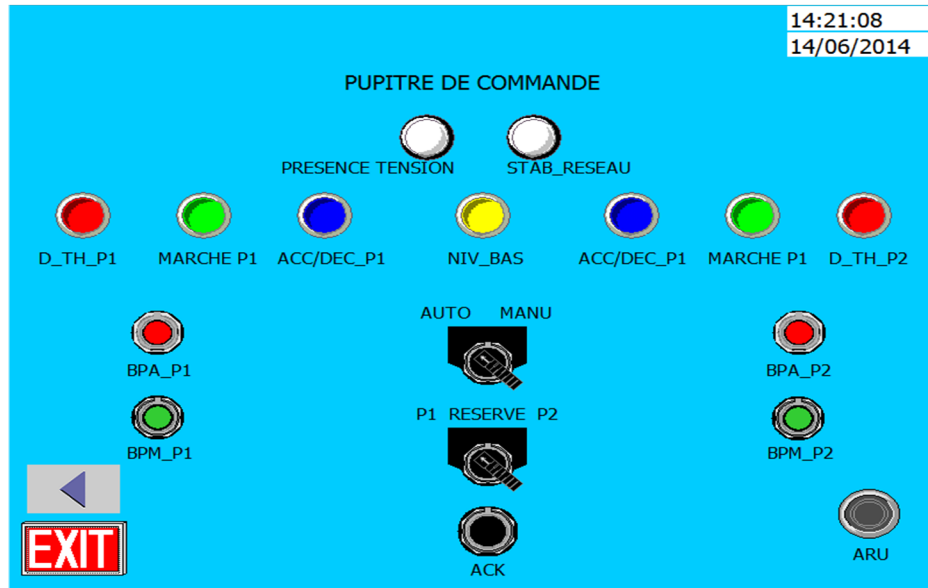


Figure V.7 : Vue pupitre de commande poste de relevage.

V.3.4.4. Vue poste de lagunage :

Cette vue nous renseigne sur le mode de fonctionnement en cours ainsi que l'état de marche des aérateurs.

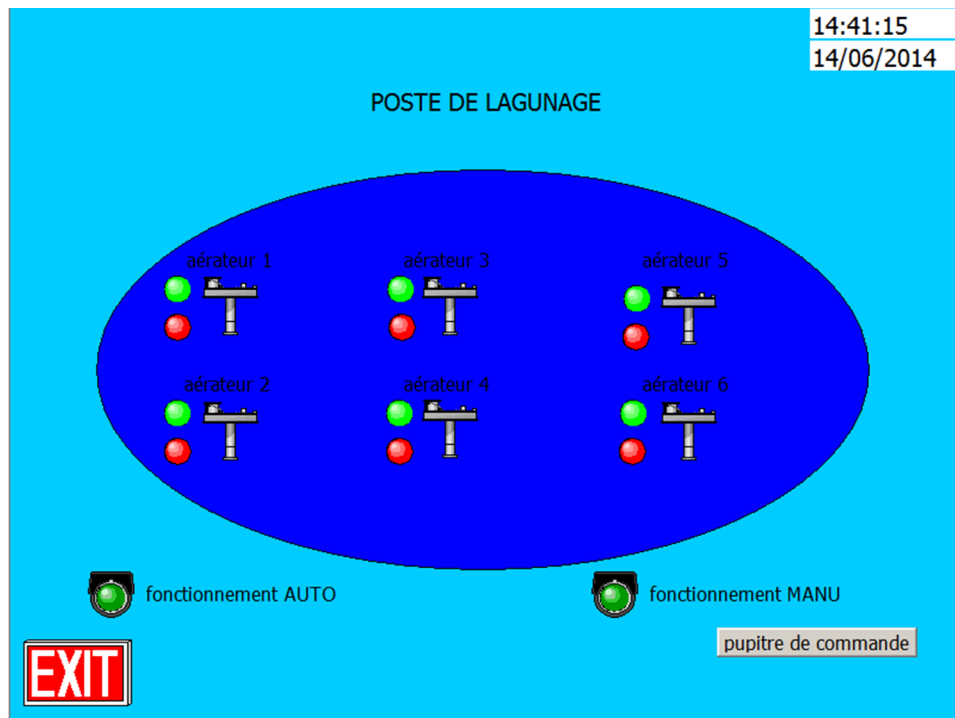


Figure V.8 : Vue poste de lagunage.

V.3.4.5. Vue pupitre de commande aérateurs :

Cette vue contient tous les indicateurs sur le fonctionnement de poste de lagunage (voyant marche, voyant défaut, bouton poussoir marche aérateur,...).

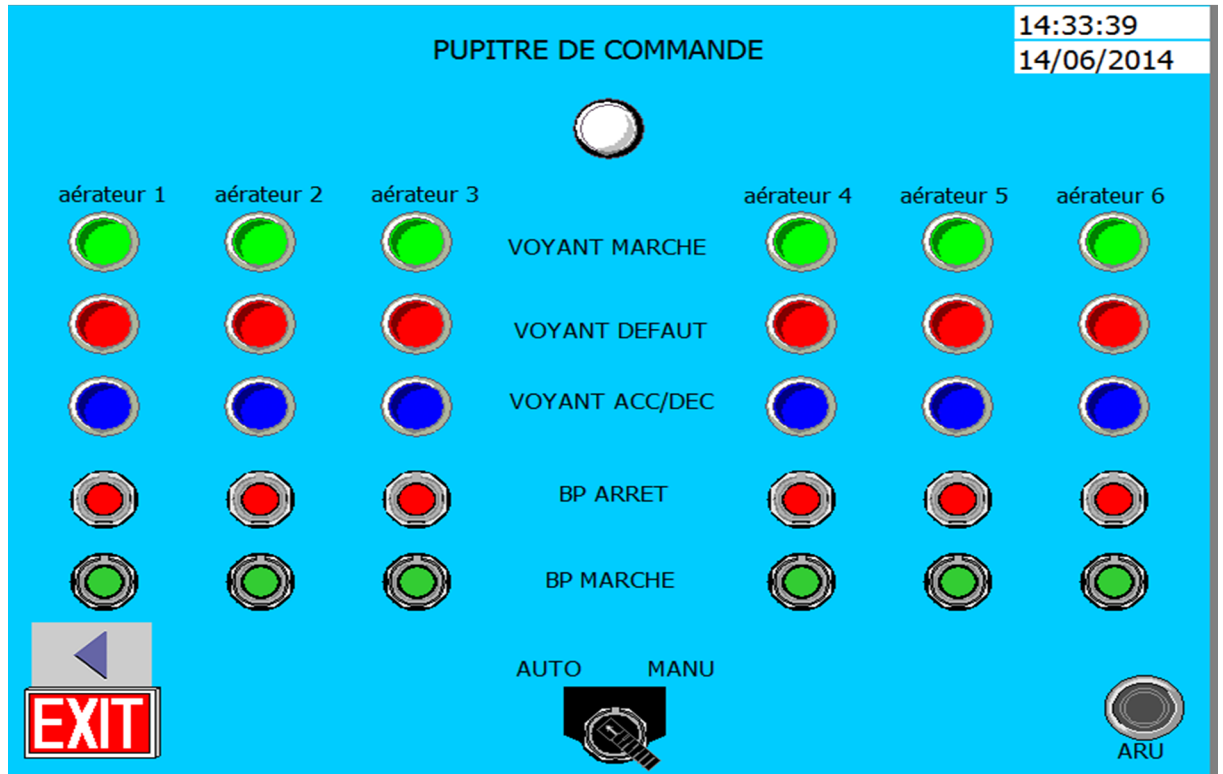


Figure V.9 : Vue pupitre de commande aérateurs.

V.4. Conclusion :

Ce chapitre a été consacré au développement de l'application de supervision sous le logiciel SIMATIC WinCC flexible 2008.

Les vues que nous avons développées représentent fidèlement notre station et son système de commande afin d'offrir aux opérateurs un plus grand confort et une meilleure connaissance de l'état de système en temps réel.

CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale

La commande des processus par des automates programmables industriels, est la solution recherchée, de plus en plus, dans l'industrie vue la justesse du traitement numérique qu'il effectue pour générer la commande adéquate à tout moment dans toutes les conditions.

Le travail que nous avons effectué dans le cadre de ce projet de fin d'étude, avec l'appui du stage pratique à l'entreprise MCR électric, nous a permis de découvrir la réalité de l'activité professionnelle au sein d'une entreprise, de mettre ainsi en pratique nos connaissances théoriques et de nous familiariser avec les différentes technologies utilisées dans les installations industrielles automatisées surtout les automates programmables industriels.

Après l'étude de la station et de ses différents ouvrages, nous avons proposé une solution de commande automatisée à base de deux API : un ZELIO Logic de SCHNEIDER et un S7-300 de SIEMENS et ce grâce à l'outil puissant de modélisation qui est le GRAFCET et qui nous a facilité la tâche de programmation.

Pour finaliser notre projet, nous avons développé une plateforme de supervision sous le logiciel WinCC Flexible 2008 et qui permettra, dans le cas de sa concrétisation, de faciliter le travail des opérateurs vu les conditions difficiles de travail dans le sud algérien.

Enfin, j'espère que notre travail servira aux prochaines promotions d'étudiants en Automatique et à tous ceux qui s'intéressent au domaine des automates programmables industriels.

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

- [1] documentation de l'entreprise MCR electric ;
- [2] Documentation de l'entreprise SNC CEMI, Edition 2010 ;
- [3] Documentation SIEMENS, aide STEP7 CD ROM Siemens. (CD STEP7) ;
- [4] Documentation SCHNEIDER, « Présentation ZELIO Logic » Edition 2004 ;
- [5] Cahier technique SCHNEIDER (ct205) ;
- [6] C. Merlaud, J. Perrin, F. Binet, J-P Trichard, J-J. Dumery , « Automatique et informatique industriel » Edition NATHAN Technique 2004 ;
- [7] K.BOUCHIBA, F.BAKHOUCHE, M.GHERBI, mémoire de fin d'étude « étude et automatisation par automates programmables S7-300 d'une presse transfert à l'entreprise ENIEM ». Promotion 2009.
- [8] N. BOUMEIS, M.DAHMANE « Etude et amélioration d'une station de dessalement d'eau de mer », promotion 2009 ;
- [9] Documentation Office National de l'Assainissement ;
- [10] SIMATIC-HMI-WinCC « Getting started » A5E00279568-03, 04/2006.
- [11] Lh .ARAB, N.ARAB, « technologie du matériel d'électrotechnique » Edition 2010-2011.

ANNEXE A

ANNEXE B