Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement
International Institute for Water and Environmental Engineering
Fondation 2iE

ETUDE EN VUE DE L'AMELIORATION DE L'AUTOMATISME DE PERMUTATION DES AUXILLIAIRES ALTERNATIFS DE LA CENTRALE HYDRO-ELECTRIQUE DE NANGBETO PAR AUTOMATES PROGRAMMABLES INDUSTRIELS

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DE LICENCE PROFESSIONNELLE

OPTION :GESTION ET MAINTENANCE DES INSTALLATIONS INDUSTRIELLES ET ENERGETIQUES (GM2IE)

Présenté et soutenu publiquement le [24/10/2011] par

Lombaham N'GASIBOU

Travaux dirigés par : Francis SEMPORE

Titre (Enseignant, Chercheur, au 2ie)

Jury d'évaluation du stage :

Président : Yezouma COULIBALY

Membres et correcteurs : SayonSIDIBE

Francis SEMPORE

Madieumbe GUEYE

Promotion [2010/2011]

REMERCIEMENT

A Monsieur Djibril SALIFOU, Directeur Générale de la C.E.B pour nous avoir autorisé à travailler sur ce thème de mémoire.

A Monsieur FolyBasi KATARI, Directeur Générale Adjoint de la C.E.B pour toutes les dispositions favorables que vous avez mises à notre disposition pour favoriser ce travail.

A Monsieur Armand GOMEZ, Directeur de Production de la C.E.B pour son attention particulière pour l'évolution de ce thème.

A Monsieur Francis Semporé, Directeur des études de la formation à distance au 2ie pour avoir accepté diriger notre mémoire. Veuillez trouver ici nos remerciements les plus sincères.

A Monsieur Sani ZANGABA, Chef Section Entretien Electricité Usine de la CHN, c'est un grand honneur pour nous de vous avoir comme Maitre de notre stage. Vous avez accueilli favorablement ce mémoire et votre attention permanente et soutien à notre égard nous ont servi de source d'encouragement et de motivation dans l'élaboration du présent document. Veuillez trouver ici nos sincères remerciements.

A Monsieur Pascal KPANGON, Chef Service Exploitation de la CHN pour avoir mis à notre disposition le document des auxiliaires de la CHN et pour son soutien morale.

A Monsieur Dosseh KUEVIDJEN, Chef Service Entretien pour avoir mis à notre disposition les logiciels UNITY PRO et VIJEO.

A tous mes collègues de la CHN et particulièrement les opérateurs pour leur soutien.

A tout le corps enseignant du 2ie et tous mes collègues de promotion de Licence en Gestion et Maintenance des Installations Industrielles et Energétiques (LGM2IE).

DEDICACE

Je dédie ce document

- **A toi ma femme, Mlle ADEKPUI Roseline Elom :**

Pour ton soutien moral et pour tous les efforts que tu fais pour un meilleur devenir de notre famille

- **A vous mes futures enfants :**

Pour tout l'amour que j'éprouve pour vous

- **A vous mon père et ma mère :**

Pour votre soutien moral et pour votre attention à mon endroit.

- **A vous mes frères et sœurs :**

Pour le combat que nous menons toujours ensemble pour la réussite de notre famille

RESUME

L'électricité est l'un des éléments essentiel dans le développement de tout pays, elle à un impact direct sur l'industrie, le transport, la communication etc. Les pays en voie de développement particulièrement ceux de l'Afrique tentent de prendre le chemin du développement durable à travers plusieurs politiques de développement dont l'industrialisation. Ces dispositions entrainent une augmentation rapide des demandes d'électricité. La CEB essaie de supporter ces augmentations afin d'accompagner le Togo et le Benin dans cette épreuve. C'est dans ce but qu'elle veille rigoureusement au bon état des groupes de production et de leurs auxiliaires.

Pour notre part, en tant qu'agent de cette institution, nous avons élaboré un système de commande des auxiliaires alternatifs de la centrale de Nangbéto à l'aide d'un automate programmable MODICON M340. Ce dernier va remplacer l'existant qui présente un certain nombre de dysfonctionnements. Le nouveau système est plus souple à utiliser, facile à maintenir et va résoudre le problème d'indisponibilité des groupes.

Toutefois, vues les demandes sans cesse croissantes d'électricité, les efforts doivent se poursuivre au niveau des deux états pour investir encore mieux dans le secteur d'électricité dans le but de créer de nouvelles sources d'énergies.

Mots Clés :

1 - Electricité

2 - Automate

3 - Disponibilité

4 - Développement

5 - Investissement

ABSTRACT

Electricity is one of the elements essential in the development of all country, it to a direct impact on the industry, the transportation, the communication etc. The countries under developed those of Africa especially tempt to take the path of the lasting development through several policies of development of which the industrialization. This arranged drag a fast increase of the electricity demands. The CEB tries to support these increases in order to come with Togo and Benin in this test. It is in this goal that she looks rigorously after the good state of the production groups.

Key words :

1 - Electricity

2 - Automaton

3 - Availability

4 - Development

5 – Investment

LISTE DES ABREVIATIONS

A : Ampère

A.P.I : Automate Programmable Industriel.

black – out : Absence total de tension

CPU : Central Processing Unit.

CEB: Communauté Electrique du Bénin

DRT: Division Régionale du Togo

DRB : Division Régionale du Bénin

EDF: Electricité de France

E/S : Entrées et Sorties.

G.M : General Motors.

MW :Méga Watt

GWh : Giga Watt heure

m: mètre

TCN: Transmission Company of Nigeria

VRA: Volta River Authority

kW: Kilo Watt

PROM: (Program Read Only Memory): mémoireprogramme à lecture uniquement.

RAM :(Random Access Memory) : mémoire vive.

ROM :(Read Only Memory) : mémoire à lecture uniquement

s: seconde

SAP : Système Automatisé de Production.

T.O.R : Tout Ou Rien.

TPL : bouton poussoir Tourner Pouser Lumineux

V : Volte

CHN : Centrale Hydro-électrique de Nangbéto

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERAL 1

Chapitre 1 : 5

PRESENTATION DE LA CENTRALE HYDRO-ELECTRIQUE DE NANGBETO 5

Introduction 6

1.2- L'ouvrage génie civil 6

1.2.1- La cuvette 6

6

1.2.2- Les digues 6

1.3- L'usine de production 6

1.3.1- Le groupe de production 7

1.3.1.1- La turbine 7

1.3.1.2- L'alternateur 8

1.3.1.3- La bâche spirale 8

1.3.1.4- Le distributeur 8

1.3.1.5- L'aspirateur 8

1.3.1.6- Le joint d'arbre 9

1.3.1.7- Le palier guide inférieur 9

1.3.1.8- Le pivot 9

1.3.1.9- Le palier guide alternateur 9

1.3.1.11- La ceinture d'isolement 9

1.3.2- Le Poste 161 kV 10

1.4- Présentation 10

1.4.1- Situation géographique et historique 10

1.4.2- Organisation de la centrale 11

1.4.2.1- Le Service Exploitation 12

1.4.2.2- Le Service Entretien 13

1.5- Conclusion 15

Chapitre 2 : 16

ETUDE DE L'AUTOMATISME DE PERMUTATION DES AUXILIAIRES ALTERNATIFS DE LA CENTRALE HYDRO-ELECTRIQUE DE NANGBETO 16

2.1-Introduction 17

2.2- Les organes auxiliaires 17

2.2.1- Les auxiliaires prioritaires de chaque groupe 17

2.2.1.1- La vanne de garde 17
2.2.1.2- Le régulateur hydraulique 17
2.2.1.3- Le régulateur de vitesse 18
2.2.1.4- Le régulateur de tension ou l'excitatrice 18
2.2.2- Les auxiliaires prioritaires communs aux groupes 18
2.2.2.1- Le circuit d'eau 18
2.2.2.2- Le circuit d'air 19
2.2.2.3- Le circuit de protection incendie alternateur 19
2.2.2.4- Les batteries et les redresseurs 19
2.2.2.5- Le groupe Diesel 19
2.2.2.6- Les équipements de mesure de niveau 20
2.2.2.7- Les pompes d'exhaure 20
2.2.2.8- Les transformateurs des auxiliaires 20
2.2.2.9- L'automatisme 21
2.2.3- Les auxiliaires généraux de la centrale 21
2.2.3.1- La cité du personnel 21
2.2.3.2- Les Équipements de conditionnement d'air 21
2.2.3.3- Les pompes d'eau brute potabilisation 21
2.2.3.4- Les pompes Sanitaires 21
2.2.3.5- Les équipements de levage 22
2.3- Etude du système de permutation des auxiliaires alternatifs 22
2.3.1- Schéma unifilaire et organes auxiliaires 22
2.3.1.1- Schéma unifilaire 22
2.3.1.2- Définition des organes auxiliaires 23
2.3.2- Principe de fonctionnement de l'automatisme de permutation 25
2.3.2.1- Fonctionnement en AUTO 25
2.3.2.2- Fonctionnement en MANU 28
2.3.3- Le Diesel de secours 28
2.3.3.1- Fonctionnement du Diesel 29
2.4- Historique des pannes enregistrées sur l'automatisme de permutation 30
2.5- Conclusion 31
Chapitre 3 : 32
MODERNISATION DE L'AUTOMATISME DE PERMUTATION DES AUXILIAIRE ALTERNATIFS DE LA CENTRALE DE NANGBETO 32
3.1- Introduction 33

3.2- Généralités sur les API 33
3.2.1- Présentation 33
3.2.2- Historique 35
3.2.3- Architecture des automates 35
3.2.3.1- Aspect extérieur 36
3.2.3.2- Structure interne 38
3.2.3.3- Nature des informations traitées par les API 39
3.2.3.4- Traitement du programme automate 39
3.2.3.5- Programmation des API 40
3.2.3.6- Critères de choix d'un API 41
3.3- Etude et élaboration du système de commande 41
3.3.1- Les modes de fonctionnements 42
42
3.3.2- Le cahier de charge 42
3.3.3- Bilan des entrées/sorties 42
3.3.4- Choix et configuration de l'automate 43
3.3.4.1- Choix d'un automate 43
3.3.4.2- Configuration de l'automate 43
a- Choix et description du processeur 43
b- Choix et description du module d'alimentation 44
c- Choix des interfaces d'entrées et de sorties 44
d- Choix et description de rack 45
3.3.4.3- Adressage des entrées/sorties de l'automate 46
3.3.5- Choix du langage de programmation 46
3.3.6- Le schéma à contact du système 47
3.3.7- Interface Homme machine (IHM) 47
3.4- Conclusion 47
Chapitre 4 : 48
MISE EN OUEVRE DU SYSTEME 48
4.1- Introduction 49
4.2- Présentation d'UNITY PRO 49
4.2.1- Configuration de l'automate avec Unity pro 50
4.2.2- Editeur de données de UNITY PRO 51
4.2.3- Editeur de programmes 52
4.2.4- Visualisateur de Diagnostic 53

4.2.5- Simulateur de Unity pro 54
4.2.6- Configuration requise pour l'installation de Unity pro 54
4.3- Présentation de Vijeo Designer 54
4.3.1- Protocoles de communication entre l'application IHM et les automates 56
4.4- Simulation de la commande des auxiliaires par automate programmable (Modicon M340) avec Unity pro et Vijeo Designer 57
4.4.1- Lancement de la simulation avec Unity pro 58
4.4.2- Lancement de la simulation avec Vijeo Designer 60
4.4.3- Simulation de l'alimentation des auxiliaires alternatifs 62
4.5- Evaluation du coût du projet 69
4.5.1- Evaluation du coût du matériel 70
4.5.2- Coût de la main d'œuvre 70
4.5.3- Coût de l'étude du projet 71
4.5.4- Taxe sur la valeur ajoutée (TVA) 71
4.5.5- Coût total du projet 71
4.6- Conclusion 72
Discussions 74
CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES 75
BIBLIOGRAPHIE 77
ANNEXES 79

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 2.1 : Tableau des pannes sur l'automatisme de permutation 30

Tableau 4.1 : Caractéristiques recommandées pour l'installation du logiciel Unity pro 54

Tableau 4.2 : Coût total du matériel utilisé 70

Tableau 4.3 : Coût total de la main d'œuvre 71

Tableau 4.4 : Coût de l'étude du projet 71

Tableau4.5 : Coût total du projet 72

Tableau 3.1 : Variables d'entrées 92

Tableau 3.2 : Variables de sorties 93

Tableau 3.8 : Adressage des variables d'entrées 94

Tableau 3.9 : Adressage des variables de sorties 95

Tableau3.3 :Caractéristiques du processeur BMX P34 100097 96

Tableau 3.4 :Caractéristiques du module BMX CPS 2000 97

Tableau 3.5 **:** Caractéristiques du module BMX DAI 160498 98

Tableau 3.6 **:**Caractéristiques du module BMX DAO 1605 98

Tableau 3.7 **:** Adresse des modules en fonction du rack 99

LISTE DES FIGURES

Figure 1.1 : Organigramme de la centrale de Nangbéto 12
Figure 2.2: Groupe Diesel et ballon de démarrage pneumatique 28
Figure 3.1 : API de type compact (siemens) 37
Figure 3.2 : API de type modulaire (siemens) 37
Figure 3.3 : structure interne d'un API 38
Figure 4.1 : Ecran de configuration de l'automate Modicon M340 dans Unity pro 51
Figure 4.2: Ecran de configuration du module d'alimentation 51
Figure 4.3 : Les variables d'entrées et de sorties dans l'éditeur de données de Unity pro 52
Figure 4.3 : Portion du programme de commande des auxiliaires 53
Figure 4.4 : Environnement de Vijeo Designer 55
Figure 4.5 : Les variables de Unity pro transférées dans Vijeo 58
Figure 4.6: Connexion à l'automate virtuel de Unity pro 59
Figure 4.7: Transfert du projet vers l'automate virtuel de Unity pro 59
Figure 4.8 : Exécution et transfert du projet vers l'automate 60
Figure 4.9 : Lancement de la simulation avec Vijeo Designer 61
Figure 4.10 : Génération du projet réussie 61
Figure 4.11 : Ecran d'exploitation lors de la commande de JT1. 63
Figure 4.15 : Commande de JT1, JC1 et JC2 66
Figure 4.16 : Commande de JC 67
Figure 4.17 : Commande de JT3 68
Figure 4.18 : Commande de J- Cité 69

INTRODUCTION GENERAL

Introduction générale

Le développement de tout pays est étroitement lié à la disponibilité de l'énergie électrique abondante et de bonne qualité. Conscients de cette réalité, le Benin et le Togo se sont unis pour créer la Communauté Electrique du Bénin (C.E.B) qui est un organisme international à caractère public. Elle a été instituée par l'accord international et le code Bénino-Togolais de l'Electricité du 27 juillet 1968 révisé le 23 décembre 2003. Au terme de ce accord révisé, la Communauté Electrique du Bénin reçoit sur l'ensemble des territoires des deux pays, l'exclusivité d'exercer les activités de transport, d'importation, d'acheteur unique pour les besoins des deux Etats. A ce jour, elle reste le premier producteur d'électricité suite à la libéralisation du segment production d'électricité par les deux pays.

La C.E.B a démarré ses activités le 24 juillet 1975 par l'inauguration de la ligne à deux ternes 161 kV reliant le Ghana, le Togo et le Bénin. Son siège se trouve à Lomé mais l'institution est représentée au Bénin par la Direction Régionale du Transport Bénin (D.R.T.B) et au Togo par la Direction Régionale du Transport Togo (D.R.T.T).

Dans sa nouvelle politique, l'équipe dirigeante s'est donnée comme priorité la culture de la qualité à tous les niveaux des services et assurer la fourniture de l'énergie électrique avec délestage zéro. La culture de la qualité impose donc à chaque agent d'assumer convenablement son rôle avec un esprit de dévouement et de professionnalisme. Aussi les postes de transformation, les lignes de transport et les groupes de production doivent être maintenus toujours en bon état afin d'atteindre les objectifs fixés par l'administration de la C.E.B ; cette disposition incombe particulièrement les techniciens.

Etant technicien à la centrale hydroélectrique de Nangbéto (principale unité de production d'électricité dont dispose la CEB) nous avons mené une étude sur le système de permutation des auxiliaires ; ladite étude avait pour seul but de découvrir les insuffisances du système existant et éventuellement apporter des solutions d'améliorations. Après analyse nous avons constaté que le système existant répond bien au besoin de permutation entre les transformateurs de soutirage d'une part et entre les transformateurs de soutirage et le Diésel de secours d'autre part. Mais après plusieurs années d'exploitation (24 ans aujourd'hui), le système présente parfois des dysfonctionnements liés à son vieillissement avec des

conséquences sur la disponibilité des groupes. Ces dysfonctionnements se présentent comme suit :

- blocage de certains contacts entrainant le non démarrage du Diesel secours pendant les black – out ;
- la fermeture du disjoncteur des auxiliaires non essentiels (JC) sur le groupe Diesel ;
- le non déclenchement des disjoncteurs JT3, J-Cité et JC après les pertes de tension ;
- ect.

Les conséquences qui en découlent sont :

- l'indisponibilité des groupes qui entraine la suppression de la production de Nangbéto dans le réseau C.E.B d'où le délestage systématique d'une partie des abonnées ;
- l'augmentation de la puissance importée qui diminue les bénéfices de la société ;
- la diminution de l'énergie annuelle produite par la centrale ;
- les déversements d'eau ;
- etc.

Vu les défaillances du système existant et vu les conséquences que cela pose à la CEB dans son rôle de principale producteur et transporteur exclusif de l'énergie électrique au Togo et au Benin il est nécessaire de rénover le système existant afin de le rendre plus fiable. Ceci cadre bien avec le projet de réhabilitation de la centrale de Nangbéto déjà entamé par la CEB par l'installation des régulateurs de tension et de vitesse numériques. Et c'est ainsi que pour la rédaction de notre mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de **licence en Gestion et maintenance des Installation Industrielles et Energétique** nous avons choisis de développer le thème : «**ETUDE EN VUE DE L'AMELIORATION DE L'AUTOMATISME DE PERMUTATION DES AUXILLIAIRES ALTERNATIFS DE LA CENTRALE HYDRO-ELECTRIQUE DE NANGBETO PAR AUTOMATES PROGRAMMABLES INDUSTRIELS**»

Les objectifs du projet sont de:

- rendre plus efficace le système existant et par conséquent rendre les groupes toujours disponible après les black-out ;

- commander les auxiliaires à partir d'une interface et contrôler leur état ;
- faciliter la maintenance en cas panne ;
- permettre une éventuelle connexion du nouveau système avec le réseau ovation et de visualiser les grandeurs des auxiliaires sur un ordinateur ;
- ect.

Afin d'atteindre nos objectifs, notre travail sera subdivisé en quatre chapitres dont :

- présentation de la centrale de Nangbéto ;
- étude de l'existant ;
- la modernisation de l'existant ;
- étude des couts du projet.

Chapitre 1 :

PRESENTATION DE LA CENTRALE HYDRO-ELECTRIQUE DE NANGBETO

Introduction

La centrale est composée de deux grandes parties à savoir l'ouvrage génie civil et l'usine de production. Nous verrons dans ce chapitre un développement détaillé de chacun de ces deux parties.

1.2- L'ouvrage génie civil

L'ouvrage génie civil est composé essentiellement de la cuvette d'eau et des digues.

1.2.1- La cuvette

Encore appelée retenue, elle a une capacité de stockage maximale de 1715 Mm^3 à la côte 144 m.s.m. A cette côte elle couvre une superficie de 180 km^2.

1.2.2- Les digues

L'ouvrage est constitué par une digue latérale en rive droite, une digue latérale en rive gauche et une digue principale. L'ensemble de ces trois digues constituent le périmètre du barrage.Il existe quartes vannes d'évacuateurs de crues installées sur la digue principale qui permettent de déverser le trop plein d'eau en période de crues.

Lorsque les vannes sont ouvertes l'eau passe sur le coursier à grande vitesse, cette vitesse de l'eau est amortie par les sauts de ski avant d'être déversée dans le bassin de dissipation. Des batardeaux stockés en amont des vannes d'évacuateurs de crues permettent de sécuriser l'amont de celles-ci pour des entretiens éventuels.Sur cette digue principale sont installé aussi les prises d'eau usinière et la vidange de fond.

1.3- L'usine de production

L'usine est équipée de deux groupes type Kaplan avec l'ensemble des auxiliaires et d'un poste 161 kV pour l'évacuation de l'énergie électrique. Les auxiliaires qui constituent le but de notre étude seront abordés dans le chapitre suivant. Les groupes et les auxiliaires sont installés dans un bâtiment souterrain à 5 niveaux:

1- Les bureaux sont situés au niveau 122 m.s.m ;

2- La salle de commande et les ateliers au niveau 115,80 m.s.m ;

3- Le "relayage", la salle des batteries, les auxiliaires de chaque groupe, les locaux alternateurs, les bouteilles deCO_2, les armoires de l 'excitation, les armoires des régleurs et l 'alimentation électrique des auxiliaires sont au niveau 111,30 m.s.m ;

4- La filtration (salle des circuits d'eau) et les compresseurs basse et haute pression au niveau 106,80 m.s.m ;

5- Le magasin et le ballon eau filtrée à 100μ au niveau 105 m.s.m ;

6- Le puit exhaure au niveau 102,80 m.s.m.

1.3.1- Le groupe de production

La centrale de Nangbéto est une centrale de basse chute équipée de deux groupes de type Kaplan. Ces groupes sont identique et à axe vertical ; chaque groupe se composent de :

1.3.1.1- La turbine

Chaque turbine de marque ESCHER WYSS est à double régulation de vitesse et a les caractéristiques suivantes :

- puissance mécanique nominale : 32,8 MW avec une chute de 30m ;
- vitesse nominale : 166,7 tr/mn ;
- débit nominal : 120m^3/s avec une chute de 30 m.

La turbine est constituée par une roue motrice d'un diamètre de 4,20 m sur laquelle est fixées 5 pales dont le mouvement est commandé par un système de réglage. La roue est fixée à l'arbre et calée au niveau 106,00 m.s.m. Les eaux motrices venant du distributeur sont admises sur la roue puis dans l'aspirateur. A l'admission des eaux motrices, la roue transforme l'énergie reçue en un couple de rotation et le transmet ensuite à l'arbre de la turbine (rotation de l'arbre).

1.3.1.2- L'alternateur

Chaque alternateur de marque SIEMENS a les caractéristiques suivantes :

- puissance active nominale : 32,8 MW ;
- puissance apparente nominale : 35,5 MVA ;
- facteur de puissance : 0,9

Il est placé à un niveau supérieur à celui de la turbine. A l'aide des phénomènes électromagnétiques, l'énergie mécanique que fournit la turbine à l'alternateur à travers l'arbre (commun à la turbine et à l'alternateur) est transformée en énergie électrique. L'alternateur est composé d'un rotor (constitué d'une bobine polaire et des pièces tournantes), d'un stator (constitué par la carcasse et les enroulements logés dans les encoches) et les paliers. A la vitesse de rotation de 166,6 tr/min du rotor et une puissance mécanique de 32,8 MW l'alternateur peut fournir une puissance apparente nominale de 35,5 MVA sous une tension de 10,3 kV avec un facteur de puissance de 0,9.

1.3.1.3- La bâche spirale

C'est une conduite à travers laquelle les eaux motrices venant de la conduite forcée (ou usinière) s'écoulent pour arriver à l'avant distributeur et au distributeur. Elle a pour fonction de répartir les eaux motrices uniformément sur la circonférence du distributeur.

1.3.1.4- Le distributeur

Ils sont au nombre de 24. Ils sont disposés sur une circonférence constituant un cercle appelé cercle de vannage. Le cercle se meut à l'aide de deux servomoteurs commandés par l'huile hydraulique sous une pression de 64 bars. Le distributeur a pour fonction principale de régler le débit des eaux motrices allant vers la roue.

1.3.1.5- L'aspirateur

Il achemine les eaux motrices venant de la roue à l'aval du barrage. Il possède une admission verticale et une sortie presque horizontale et a pour rôle de transformer l'énergie cinétique des eaux motrices en pression et donc de ralentir leur débit.

1.3.1.6- Le joint d'arbre

Le joint d'arbre empêche les eaux motrices de remonter vers le fond turbine suivant l'axe de la turbine. Il est lubrifié et refroidie à l'eau filtrée à 100µm sous la pression de 7bars.

1.3.1.7- Le palier guide inférieur

Il sert à absorber les forces des pièces en rotation et de les transmettre au fond de la turbine. Ceci permet d'équilibrer l'arbre de la turbine au cours de son mouvement de rotation. La contenance d'huile de lubrification est de 175 litres.

1.3.1.8- Le pivot

C'est un palier à patins (métal antifriction) basculants lubrifié à l'huile. Il est composé d'une partie fixe reliée à un support axial et une partie mobile solidaire à l'arbre. A l'arrêt du groupe, la partie mobile se repose sur la partie fixe à travers les patins. La contenance d'huile de lubrification fait 2000 litres.

1.3.1.9- Le palier guide alternateur

Il a pour rôle principal d'absorber les forces radiales provenant du rotor de l'alternateur et d'assurer la marche concentrique de la machine.

1.3.1.11- La ceinture d'isolement

C'est un ballon gonflable pressé par la pression de 7bars de l'eau 100µm contre la bride de l'arbre de la turbine à l'arrêt de la machine. Une fois la ceinture placée, elle bloque mécaniquement le groupe et empêche toute tentative de démarrage. Elle est placée pendant les arrêts ou les travaux d'entretien du groupe.

1.3.2- Le Poste 161 kV

La centrale hydroélectrique de Nangbéto dispose d'un centre d'interconnexion et de répartition pour l'évacuation de l'énergie produite. Il existe deux transformateurs de puissances identiques correspondant à chaque groupe à savoir le TRG1 pour le groupe G1 et le TRG2 pour le groupe G2. Ces transformateurs élèvent la tension 10,3 kV produite par les groupes en 161kV. Cette tension arrivée dans le poste est transportée vers les différentes villes du Togo et du Benin.

Le poste HT se compose globalement de :

- deux travées arrivées correspondant chacune à un groupe ;
- une travée couplage ;
- trois travées départ respectivement la L410 alimentant Mome-hagou, la L420 alimentant Atakpamé et la L430 alimentant Bohicon ;
- deux jeux de barres.

Sur les jeux de barre nous avons la possibilité de synchroniser la tension produite à Nangbéto à celle de la VRA ou avec celle de la TCN pour augmenter la capacité du réseau ; tout ceci dépend de l'avis du centre de conduite situé à Lomé.

1.4- Présentation

Dans cette partie nous présenterons la centrale hydroélectrique de Nangbéto dans son contexte géographique et historique puis sur le plan organisationnel.

1.4.1- Situation géographique et historique

Le barrage hydroélectrique de Nangbéto, patrimoine de la Communauté Electrique du Benin (CEB) est situé au Togo sur le fleuve Mono à environ 40 Km à l'Est de la ville d'Atakpamé.

Le site du barrage a été découvert en 1947 par MASS un ingénieur hydraulicien français et ex directeur de l'Afrique Occidentale Française (AOF). Celui-ci de passage sur le fleuve Mono, trouva à Nangbéto que le fleuve Mono chutait entre deux collines. Du fait de cette situation, la

création du barrage à cet endroit est donc possible pour produire de l'électricité et dans le même temps réguler le lit du fleuve à l'aval pour éviter les débordements qui constituaient un grand problème aux populations riveraines. Les études de faisabilité commencées en 1979 ont été bonnes ; ainsi la construction de l'ouvrage débuta en 1984 pour finir en 1987. L'exploitation a commencé en septembre 1987 mais l'ouvrage a été inauguré le 5 mai 1988 par feu GNASSINGBE Eyadema ancien président de la république du Togo et Mathieu KEREKOU ancien président de la république du Bénin.

D'une capacité de production annuelle de 170 GWH, elle couvre environ les 12% d'énergie électrique vendue par la CEB.

1.4.2- Organisation de la centrale

La centrale de Nangbéto est manager par un Directeur ; sous ce denier se trouve deux services et une division en staff. Chaque services est spécialisé dans un domaine mais concourent tous au bon fonctionnement de la centrale. La figure 1.1 illustre l'organigramme de la centrale de Nangbéto.

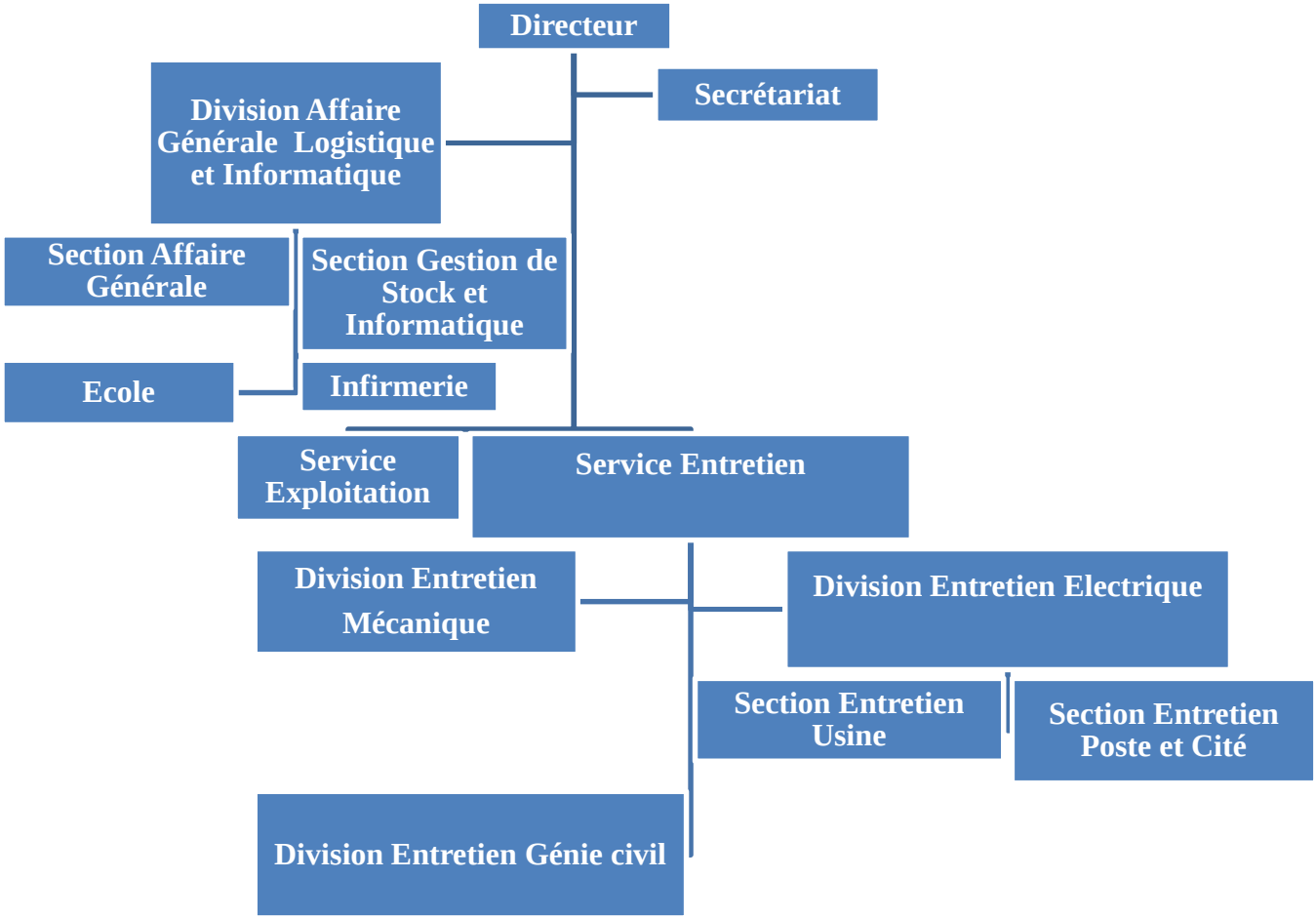

Figure 1.1 : Organigramme de la centrale de Nangbéto

1.4.2.1- Le Service Exploitation

Le service exploitation a pour rôle de produire de l'énergie électrique et de l'établir dans le réseau CEB. Il est chargé de :

- la conduite des groupes et l'évacuation de l'énergie en régime normal ou perturbé lorsque des fluctuations surviennent sur le réseau électrique ;
- la surveillance et le contrôle de l'équipement de production et de tous les auxiliaires ;
- la gestion de l'eau aussi bien pendant le remplissage que pendant la vidange ;
- la collecte des données météorologiques du bassin versant du lac;
- la consignation puis la déconsignation de tout organe (électrique ou mécanique) ;

- l'analyse des défauts et éventuellement l'émission de fiches d'incidents ;
- la garde des clés d'accès aux différents bureaux et armoires ;
- le bilan hydrologique et énergétique à chaque vingt-quatre heures ;
- la visite hebdomadaire des organes ;
- la présentation des rapports mensuels et annuels des activités de la centrale ;
- etc.

1.4.2.2- Le Service Entretien

Le Service Entretien est composé de la Division Mécanique, Electricité et Génie Civil. Ce service est chargé de maintenir les installations toujours en bon état.

a- La Division Mécanique

La Division Entretient Mécanique est chargée de l'entretien des groupes, des équipements hydrauliques et pneumatiques de l'usine et de manutention. Elle exécute la maintenance préventive selon la Méthode et Contrôle des Entretiens Programmés (MECEP) et la maintenance curative des équipements mécaniques à savoir :

- les circuits hydrauliques et pneumatiques;
- les équipements de manutentions ;
- les vannes ;
- etc.

b- La Division Electricité

La Division Entretien Electricité a pour rôle de maintenir selon la MECEP ou d'intervenir sur tout équipement électrique qui présente un dysfonctionnement. Pour récapituler il a pour rôle de :

- d'entretenir les alternateurs des groupes ;
- veiller au bon état des protections des groupes (masse rotor et stator, différentiel, maxi courant et tension, mini et maxi tension, mini et maxi fréquence) ;
- maintenir en bon état les installations électriques de tous les auxiliaires alternatifs et continus ;

- maintenir les transformateurs et le poste 161 kV ;
- faire l'exploitation et l'entretien de la centrale de traitement de l'eau ;
- maintenir en bon état l'éclairage de l'usine, des abords du barrage et de la cité ;
- veiller au bon fonctionnement de la climatisation de l'usine et des villas de la cité ;
- vérifier toujours la disponibilité du groupe Diesel et de son système de permutation avec les soutirages ;
- téléphone ;
- etc.

c- La Division Entretien Génie Civil

Elle est chargée essentiellement de la surveillance du barrage. Elle exécute d'autres taches comme la maçonnerie, la plomberie, la menuiserie et la peinture.

c1- L'inspection visuelle

Cette opération consiste à une observation minutieuse de l'ouvrage en vue de détecter tout défaut et le corriger. Ces défauts peuvent se présenter comme :

- un écoulement anormal d'eau ;
- des fissurations du béton ;
- un glissement d'une partie du barrage ;
- l'enracinement d'herbes ou de plantes à certains endroits des digues.

c2- L'auscultation

L'auscultation est l'analyse physique des données mesurées à certains points aménagés depuis la construction du barrage ; dans le cas du barrage de Nangbéto ces données sont interprétées par le programme PANDA (Programme d'Analyse des Donnés d'Auscultation). Les mêmes données sont aussi envoyées à l'E.D.F pour expertise. Les travaux d'auscultations concernent essentiellement les comportements hydraulique et mécanique de l'ouvrage.

❖ **Le comportement mécanique**

Cette opération consiste à faire des relevés topographiques afin d'observer les déplacements relatifs du barrage. Dans le cas du barrage de Nangbéto le service cadastre du Togo, vient deux fois par an pour faire ces relevés.

❖ **Le comportement hydraulique**

Le comportement hydraulique consiste à mesurer les fuites et les pressions de l'eau en des endroits repérés par le constructeur de l'ouvrage. Ces mesures sont :

- **mesure de drains :** Les drains sont mesurés pour déterminer les grandeurs des résurgences. Sur le barrage de Nangbéto il existe au total 11 drains ;
- **les mesures de pression :** Cette opération consiste à introduire une sonde électrique dans un piézomètre afin de déterminer le niveau d'eau ;
- **les mesures de joint :** Cette opération consiste à mesurer l'ouverture ou la fermeture, le cisaillement, le déplacement amont-aval des plots de béton.

1.5- Conclusion

L'étude de la centrale nous a permis de connaître l'ouvrage et les équipements qui le composent. La deuxième partie de notre étude qui va suivre sera consacré à l'étude de

l'automatisme de permutation des auxiliaires alternatif en vu de son amélioration.

Chapitre 2 :

ETUDE DE L'AUTOMATISME DE PERMUTATION DES AUXILIAIRES ALTERNATIFS DE LA CENTRALE HYDRO-ELECTRIQUE DE NANGBETO

2.1-Introduction

Les auxiliaires de la centrale hydroélectrique de Nangbéto tout comme les auxiliaires dans toute usine de production d'électricité, sont des équipements externes aux groupes de production et fondamentale pour leur fonctionnement. Dans cette partie nous présenterons les équipements auxiliaires, le système de permutation des auxiliaires et les différentes pannes enregistrées sur ledit système.

2.2- Les organes auxiliaires

Il existe les auxiliaires dits essentiels et les auxiliaires dits non essentiels. Les auxiliaires essentiels ou prioritaires sont un ensemble d'équipement dont le fonctionnement est nécessaire voir indispensable au fonctionnement des groupes de production tandis que les auxiliaires non prioritaires sont un ensemble d'équipement dont le fonctionnement n'a aucun lien avec celui des groupes.

2.2.1- Les auxiliaires prioritaires de chaque groupe

2.2.1.1- La vanne de garde

Sur chaque conduite d'eau usinière est placée une vanne de garde. Elle est composée de deux groupes hydrauliques. La vanne constitue un blocage aux eaux motrices venant du lac. Ce blocage est situé en avant de la conduite forcée. La vanne est ouverte ou fermée respectivement au démarrage ou à l'arrêt de la turbine.

2.2.1.2- Le régulateur hydraulique

Il se compose d'un réservoir d'huile appelé bac à huile, d'un accumulateur d'huile sous pression de 64 bars, de motopompes, d'un circuit de refroidissement d'huile (filtre, échangeur thermique), de soupapes, d'électrovannes, de servovalves, etc. Il sert à commander l'ouverture ou la fermeture des distributeurs par commande des servomoteurs à l'aide de l'huile sous une pression de 64 bars et à régler la position des pales de la roue motrice.

2.2.1.3- Le régulateur de vitesse

C'est un module électronique qui sert à commander l'ouverture ou la fermeture du distributeur et des pales de la roue motrice (via les servovalves). Lorsqu'on donne une consigne de puissance donnée au groupe, les pales prennent une position en fonction de cette consigne ; le distributeur va alors s'ouvrir suivant le principe de corrélation pale-distributeur afin que la puissance soit optimum. Ce principe est assuré par le régulateur de vitesse.

2.2.1.4- Le régulateur de tension ou l'excitatrice

L'alternateur est muni d'une excitation de type auto-excitation. L'énergie nécessaire pour l'excitation de l'alternateur est une partie de l'énergie produite. A l'aide d'un pont de redresseur à thyristor, la tension alternative prélevée est transformée en tension continu (+125V) nécessaire à l'excitation de l'alternateur. L'excitation sert à régler la tension de l'alternateur.

2.2.2- Les auxiliaires prioritaires communs aux groupes

2.2.2.1- Le circuit d'eau

Par une conduite équipée de grille d'entrée, l'eau du lac est soutirée à l'aide des motopompes ou par gravitation (à partir du niveau 142,00msm). Cette eau est soumise à une double filtration. A la sortie de la première filtration on obtient de l'eau à 2000µm. Cette dernière constitue le réfrigérant pour le refroidissement des huiles du régulateur hydraulique. Elle est aussi utilisée pour le refroidissement du groupe secours diesel et pour alimenter la centrale de climatisation. L'eau à 100µm qui est obtenue à la deuxième filtration est stockée sous une pression de 7bars dans deux ballons: "ballon incendie transfo" disposé pour la sécurité contre l'incendie des transformateurs de puissance; « ballon eau 100 µm » à partir duquel la lubrification à eau du joint d'arbre est assurée pendant le fonctionnement du groupe. Elle est également utilisée pour le gonflage de la ceinture d'isolement.

2.2.2.2- Le circuit d'air

Deux compresseurs "haute pression" (HP) et deux compresseurs "basse pression" (BP) produisent de l'air, respectivement 64bars et 7bars.

L'air 64bars stocké dans un ballon est distribué vers chaque accumulateur du régleur hydraulique (pour la commande hydraulique du distributeur). Le démarrage pneumatique du Diésel et la commande des vérins pneumatiques disposés pour le freinage de chaque alternateur sont assurés aussi par la pression 64 bars.

L'air 7bars est stocké dans un ballon pour les besoins d'utilisation à la centrale lors des travaux d'entretien (dépoussiérage). Cet air (7bars) est conduit aussi vers le "ballon incendie transfo" et le ballon d'eau 100µm.

2.2.2.3- Le circuit de protection incendie alternateur

Les bouteilles contenant du gaz carbonique sont disposées sur un circuit de commande d'injection automatique de ce gaz (en cas d'incendie alternateur) dans le local alternateur. Ces bouteilles au nombre de 18.

2.2.2.4- Les batteries et les redresseurs

La plupart des dispositifs de mesure, de protection et de surveillance des installations de la centrale (groupes et auxiliaires) et les équipements de télécommunications (radio VHF et CPL) sont alimentés par un courant continu. Pour cela, l'énergie alternative produite par les groupes est transformée en courant continu par les redresseurs. Ce courant continu est accumulé au niveau des batteries d'accumulateurs d'énergie et restitué aux divers circuits en cas de black-out.

2.2.2.5- Le groupe Diesel

Une machine thermique est installée à la centrale pour servir de groupe de secours en cas d'absence de tension sur le réseau. Cette source d'énergie alimente uniquement les

équipements prioritaires de la centrale. Ce groupe, d'une puissance active nominale de 320 kW, est muni d'un démarreur pneumatique qui commande la mise en marche automatique du groupe dès qu'il y a une absence de tension sur le réseau électrique.

2.2.2.6- Les équipements de mesure de niveau

Ils sont constitué de:

- des balances de pression **(**niveau amont tranche complète et générale, niveau aval, conduite équilibrée, perte charge grille, survitesse conduite**) ;**
- d'un enregistreur de niveau **(**amont, aval et chute**)** installé sur le tableau de commande ;
- des indicateurs de niveau et débits **(**amont tranche complète et générale, aval, chute, débit eau turbiné G1 et G2, totalisateur eau turbiné)installés sur le tableau de commande ;
- des codeurs de position des vannes **(**évacuateur de crue et jet creux**) ;**
- des prises de pressions ;
- des calculateurs.

2.2.2.7- Les pompes d'exhaure

Il existe un puits d'exhaure dans lequel les fuites d'eau du barrage et les eaux de ruissellement sont drainées. Trois motopompes sont disposées au niveau 102,80 m.s .m à la centrale pour évacuer ces eaux à l'aval du barrage lorsque l'eau du puits atteint un niveau supérieur non souhaité.

2.2.2.8- Les transformateurs des auxiliaires

Il existe deux transformateurs auxiliaires identiques de caractéristiques (1600KVA, 10,3kV/400V) qui sont placés à la sortie de chaque groupe. Ces transformateurs abaissent la tension de 10,3kV (tension délivrée par les alternateurs) à 380 V destinée à l'alimentation de la cité et des auxiliaires de la centrale.

2.2.2.9- L'automatisme

L'automatisme concerne :

- le consignateur d'état qui est un ordinateur sur lequel est affiché et consignés les signalisations et les changements d'état de tous les équipements ;
- l'armoire RTU qui envoie des informations au centre de conduite à Lomé.

2.2.3- Les auxiliaires généraux de la centrale

2.2.3.1- La cité du personnel

La cité de Nangbéto est l'un des circuits des auxiliaires non prioritaires alimentée à partir des transformateurs de soutirage de la centrale. Ce circuit alimente également le bloc administratif et la potabilisation.

2.2.3.2- Les Équipements de conditionnement d'air

Il est constitué de :

- deux armoires de climatisation centralepour les bureaux, la salle de commande, la salle HF et la salle de relais ;
- deux aspirateurs et deux souffleursassurent le renouvellement de l'air à la centrale.

2.2.3.3- Les pompes d'eau brute potabilisation

Deux pompes installées à la filtration assurent l'alimentation en eau brute la station de traitement d'eau potable. Cette eau après traitement est envoyée à la cité pour le besoin du personnel grâce aux pompes et suppresseur.

2.2.3.4- Les pompes Sanitaires

Il existe deux pompes FLYGT disposées pour évacuer le puit des eaux sanitaires.

2.2.3.5- Les équipements de levage

Il existe un portique dégrilleur destiné à nettoyer les grilles qui sont placées aux entrées des prises d'eau usinière, un portique 120 tonnes qui sert à déplacer les batardeaux des vannes des évacuateurs de crueet un portique 140 tonnes utilisé pour la manutention des équipements à l'usine.

2.3- Etude du système de permutation des auxiliaires alternatifs

Cette partie sera consacré à l'étude du système de permutation des auxiliaires d'une part et à l'étude du Diesel secours du point de vue fonctionnel d'autre part.

2.3.1- Schéma unifilaire et organes auxiliaires

2.3.1.1- Schéma unifilaire

Le schéma unifilaire de l'automatisme de permutation des auxiliaires se présente est représenté sur la figure 2.1.

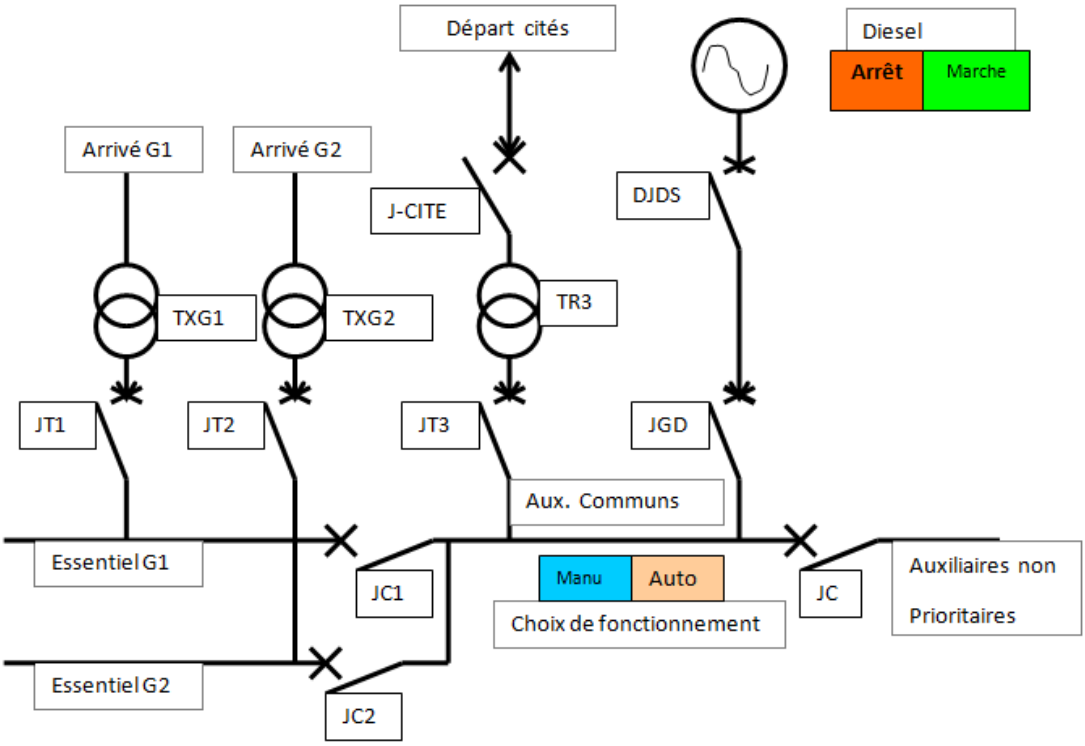

Figure 2.1 : Schéma unifilaire de l'automatisme de permutation des auxiliaires alternatifs.

Les schémas unifilaires de distribution aux bornes des équipements sont réalisés sur les folios 302D, 302E, 303 et 303A du document des auxiliaires ; voir (document des auxiliaires) en annexe.

2.3.1.2- Définition des organes auxiliaires

Les organes qui rentrent dans le système de permutation des auxiliaires alternatifs de la CHN se présentent comme suit :

- Arrivée G1 : Tension d'arrivée aux bornes du transformateur TXG1.

- Arrivée G2 : Tension d'arrivée aux bornes du transformateur TXG2.

- TXG1 : Transformateur de soutirage (1600KVA, 10,3kV/400V).

- TXG2 : Transformateur de soutirage (1600KVA, 10,3kV/400V).

- JT1 : Disjoncteur Masterpact de type embrochable (Ui =1000V, Uimp = 12 kV, Ue = 220/440 ou 480/690 pour Icu = 65 kA).

- JT2 : Disjoncteur Masterpact de type embrochable (Ui =1000V, Uimp = 12 kV, Ue = 220/440 ou 480/690 pour Icu = 65 kA).

- JC1 : Disjoncteur Selpact de type embrochable alimentant les auxiliaires essentiels du G1.

- JC2 : Disjoncteur Selpact de type embrochable alimentant les auxiliaires essentiels du G2.

- JC : Disjoncteur Masterpact de type embrochable alimentant les auxiliaires non essentiels ou prioritaires (Ui =1000V, Uimp = 12 kV, Ue = 220/440 ou 480/690 pour Icu = 65 kA).

- JT3 : Disjoncteur Masterpact de type embrochable alimentant le transformateur TR3 (Ui =1000V, Uimp = 12 kV, Ue = 220/440 ou 480/690 pour Icu = 65 kA).

- TR3 : Transformateur (1000kVA, 400V/20kV) alimentant la cité.

- J Cité : Disjoncteur Merlin Gerin de type embrochable alimentant les cellules la cité.

- JGD : Disjoncteur Masterpact de type embrochable alimentant les auxiliaires essentiels communs et ceux de chaque groupe (Ui =1000V, Uimp = 12 kV, Ue = 220/440 pour Icu = 150 kA).

- DJDS : Disjoncteur fixe Merlin Gerin du groupe Diésel (Compact 630N, 660V pour 35 kA).

- Groupe Diesels secours (400V,400kVA).

2.3.2- Principe de fonctionnement de l'automatisme de permutation

Nous avons la possibilité de faire fonctionner les auxiliaires en mode manuel ou en mode automatique (MANU/AUTO) grâce au relais bistable RMA localisé sur le F305-2 du document des auxiliaires en annexe.

2.3.2.1- Fonctionnement en AUTO

En fonctionnement normal, les auxiliaires alternatifs de la centrale de Nangbéto sont alimentés à partir du transformateur auxiliaire TXG1 (par la fermeture du disjoncteur JT1) ou à partir du transformateur auxiliaire TXG2 (par la fermeture du disjoncteur JT2). Voir F302 et F302A du document des auxiliaires, détection de tension aux bornes de TXG1 et TXG2.

a- Commande de JT1

Lorsque le disjoncteur JT1 est embroché, son contacte 11-12 (F305 – 9) se ferme et dans ces condition si une tension est détectée aux bornes du transformateur TXG1 grâce au relais contrôle de tension RU1 (F302 – 11), le relais RU1/T (F314 – 3) ferme son contact 21-24(F305 – 9) et excite le relais RD1 (F305 – 9). Les contacts du relais RD1 en changeant d'état excite une bobine du relais bistable RP (F305 – 15) et donnent la possibilité de fermer le disjoncteur JT1. Pendant ce temps, le relais RVS est excité par la fermeture du contact du relais RV (F305A – 8). Toutes ces conditions étant réunies si aucun défaut n'est présent sur le JT1 par excitation du relais RIST1 (F311 – 02) alors le JT1 s'enclenche et dans ce cas tous les auxiliaires de la centrale sont alimentés y compris les auxiliaires non essentiels. Voir F306 du document des auxiliaires, schéma de commande de JT1.

b- Commande JC

Lorsque JT1 ou JT2 est fermé le contacte 8-08 du relais RD1 (F305 – 17) ou RD2 (F305- 17) en se fermant excite le relais RDX/T (F305 – 17) ; ce relais excité ferme son contacte 11-14 (F310 – 4) au bout de 2s et enclenche le disjoncteur des auxiliaires non essentiels JC si aucun défaut n'est présent sur le disjoncteur (F316). Voir F310 du document des auxiliaires, schéma de commande de JC.

c- Commande JC1 et JC2

Lorsque JT1 ou JT2 est fermé, les disjoncteurs de couplage JC1 et JC2 se ferment automatiquement. Voir F306B et F307B, les schémas de commande de JC1 et JC2.

d- Commande JT2

Lorsque JT2 est embroché, son contacte 11-12 (F305 – 12) se ferme et dans ces condition si une tension est détectée aux bornes du transformateur TXG2 grâce au relais contrôle de tension RU2 (F302A – 11), le relais RU2/T (F314 – 5) ferme son contact 21-24(F305 – 12) et excite le relais RD2 (F305 – 12). Les contacts du relais RD2 en changeant d'état excite unebobine du relais bistable RP (F305 – 15) et donnent la possibilité de fermer le disjoncteur JT2. Pendant ce temps également, le relais RVS est excité par la fermeture du contacte du relais RV (F305A – 8). Toutes ces conditions étant réunies si aucun défaut n'est présent sur le JT2 par excitation du relais RIST2 (F312 – 02) alors le JT2 s'enclenche et dans ce cas également tous les auxiliaires de la centrale sont alimentés y compris les auxiliaires non essentiels. Voir F307 du document des auxiliaires, schéma de commande de JT2.

e- Commande JT3

L'enclenchement et le déclenchement de JT3 se font par action sur le bouton TPL MJT3. Dans notre projet nous feront en sorte que ce disjoncteur puisse être commandé de façon automatique.

f- Commande J-Cité

La fermeture de JT3 donne la possibilité d'enclencher J-Cité par action (vertical) du TPL MJCIT ; le déclenchement de J-Cité se fait aussi par action (horizontal) sur le TPL MJCIT. Dans notre projet nous feront la commande automatique de ce disjoncteur.

g- Permutation entre JT1 et JT2

Lorsque c'est le transformateur TXG1 qui alimentait les auxiliaires et qu'une perte de tension survenait à ces bornes, le JT1 se déclenche en même temps que JT3, J-Cité et JC.

Dans ces conditions si une tension est disponible aux bornes du transformateur TXG2 alors son disjoncteur JT2 se ferme au bout d'une temporisation de 1s (relais RU2/T) puis JC après 2s (relais RDX/T). Les disjoncteurs JT3 et J-Cité seront fermés par l'opérateur pour alimenter la cité de Nangbéto.

De la même manière lorsque c'est le transformateur TXG2 qui alimentait les auxiliaires et qu'une perte de tension survenait à ces bornes, le JT2 s'ouvre et la permutation se fait sur le JT1 si une tension existe aux bornes de TXG1.La succession des évènements cités au-dessus se déroulent exactement.

NB1 : Le transformateur auxiliaire qui reçoit en premier la tension alimente les auxiliaires par la fermeture de son disjoncteur.

NB2 : Au cas où les deux transformateurs auxiliaires reçoivent la tension simultanément, le disjoncteur qui était au repos se ferme pour alimenter les auxiliaires, relais bistable RP (F305-15). Voir schéma F305, le schéma de l'automatisme de permutation.

f- Permutation entre JT1/JT2 et Diesel de secours

Lorsque c'est le transformateur TXG1/TXG2 qui alimentait les auxiliaires par la fermeture de JT1/JT2 et qu'une perte de tension survenait à ces bornes, le JT1/T2 s'ouvre en même temps que JT3, J-Cité et JC. Dans ces conditions, si aucune tension n'existe aux bornes de TXG2/TXG1alors le Diesel secours démarre automatiquement au bout de 9s (relais RMS au

F807 2) et ferme son disjoncteur JGD pour alimenter seulement les auxiliaires essentiels de chaque groupe et les auxiliaires essentiels communs aux deux groupes

2.3.2.2- Fonctionnement en MANU

En fonctionnement manuel la permutation automatique des disjoncteurs est inopérante ; seul l'opérateur a la possibilité d'ouvrir ou de fermer un disjoncteur dans les limites de verrouillages.

Aussi en mode MANU le démarrage du Diésel ne peut se faire que par l'opérateur.

2.3.3- Le Diesel de secours

C'est un groupe Diesel de 400 kVA, à démarrage pneumatique qui a pour rôle d'alimenter les auxiliaires prioritaires 9s (F807-2) après unblack out. Il est équipé d'un Commutateur de choix de fonctionnement Arrêt/ Auto-Manu-Distance/Manu Local/ Essais. Voir figure II.2 et groupe Diesel et son ballon.

Figure 2.2: Groupe Diesel et ballon de démarrage pneumatique

2.3.3.1- Fonctionnement du Diesel

- **Mode « Arrêt »** : Le groupe est hors service.

- **Mode « Auto-Manu-Distance » :** En cas de perte de tension secteur et si le choix de fonctionnement des auxiliaires est sur « AUTO», le groupe démarre automatiquement (F807 – 9) et la fermeture du JGD se fait aussi automatiquement. Dans ce mode si le choix de fonctionnement des auxiliaires était sur « MANU » alors le démarrage du Diésel se fait par action sur le bouton poussoir MMAD au TC et la fermeture du JGD se fait par action sur le MJGD (F808 – 1) situé aussi au TC.

- **Mode « Manu Local » :** Le démarrage du Diesel se fait par une impulsion sur le bouton poussoir BMM (F807 – 6) situé sur l'armoire Diesel, son arrêt se fait aussi localement par action du bouton poussoir BAM (F807 – 6). Dans ce cas la fermeture du JGD se fait par action du bouton poussoir BEDJ (F808 – 3) et l'arrêt par BDDJ (F808 – 7) situé aussi sur l'armoire Diesel quel que soit le choix de fonctionnement des auxiliaires.

- **Mode « Essai » :** Le Diesel démarre automatiquement sans aucune action préalable (F807-10). En cas de perte de tension secteur, le JGD s'enclenche automatiquement quel que soit le choix de fonctionnement des auxiliaires (F808-4).

NB : Lorsque le choix de fonctionnement des auxiliaires est sur **« AUTO »** et le choix de fonctionnement du Diesel sur **« Auto-Manu-Distance »**, tout retour de la tension secteur arrête le groupe au bout de 58 s, Relais RRS (F807-5.

2.4- Historique des pannes enregistrées sur l'automatisme de permutation

L'automatisme de permutation des auxiliaires alternatifs de la CHN après vingt-quatreans d'exploitation présente un certain nombre de dysfonctionnement. Les pannes enregistrées entre 2009 et 2011 se résument dans le tableau 2.1.

Tableau 2.1 : Tableau des pannes sur l'automatisme de permutation

Date	Evénement	Solution
29/01/2011	Non démarrage du Diésel secours après un black-out et non déclenchement JT3, JC et J-C ite	Intervention de la Division Entretien Electricité
03/02/2011	Fermeture de JC sur le Diésel secours	Ouverture manuel de JC
10/02/2011	Le disjoncteur JC n'a pas déclenché entrainant à son tour le non démarrage du Diesel secours	Intervention de la Division Entretien Electricité
02/03/2011	Non déclenchement JT3, JC et J-Cité entrainant le non démarrage du Diesel	Ouverture manuel des disjoncteurs et puis démarrage manuel du Diésel
03/03/2011	Non démarrage du Diésel après le black-out	Intervention de la Division Entretien Electricité
21/03/2011	Déclenchement du JT3 et J-Cité sans une perte de tension	Intervention de la Division Entretien Electricité
03/04/2011	Non démarrage du Diésel après le black-out	Intervention de la Division Entretien Electricité
11/11/2010	Non déclenchement de JT3 et J-Cité su ite à un manque de tension	Intervention de la Division Entretien Electricité
13/12/2010	Non déclenchement de JT3 et J-Cité lors de la permutation des auxiliaires sur le JT1	Intervention de la Division Entretien Electricité
11/07/2009	Non démarrage du Diésel après le black-out	Démarrage manuel du Diésel

Sur ce tableau récapitulatif des pannes survenues sur le système de permutation, nous remarquons que le nombre de pannes a augmenté considérablement en 2011. Ces pannes ont engendrées des pertes énormes à la CEB étant donné qu'elles entrainent l'indisponibilité des groupes.

Comme référence, la production d'un groupe à la centrale de Nangbéto vaut environ 500 FCFA/s et la puissance des deux groupes aujourd'hui en saison humide représente environ 20% de la pointe du réseau CEB. Parallèlement à ce manque à gagner, la CEB est dans l'obligation d'augmenter ses importations qui, diminuent encore son rendement à cause de leurs coûts élevés par rapport aux frais d'exploitation de ses sources d'énergies. La situation deviendra plus grave lorsque l'augmentation des importations n'est pas possible entrainant le délestage d'une partie des clients avec l'ensemble des conséquences économiques sur le Togo et le Benin.

L'indisponibilité des groupes entraine aussi les déversements qui, inondent le lit du fleuve Mono à l'aval en saison de crue car lorsque les groupes sont immobilisés, le débit turbiné par les groupes s'annule. Ce qui a pour conséquence l'augmentation rapide du niveau du lac.

Devant cette situation la rénovation du système de permutation des auxiliaires alternatifs est justifiée et devrait être encouragé.

2.5- Conclusion

L'étude de ce chapitre nous a permis de connaître le principe de fonctionnement des auxiliaires alternatifs de la centrale de Nangbéto dans tous les détails. Cette étude nous a permis également de connaître les défaillances que présente ledit système ; ainsi nous aborderont notre contribution à l'amélioration du système dans le chapitre suivant en connaissance de cause.

Chapitre 3 :

MODERNISATION DE L'AUTOMATISME DE PERMUTATION DES AUXILIAIRE ALTERNATIFS DE LA CENTRALE DE NANGBETO

3.1- Introduction

La flexibilité et l'évolutivité des Systèmes Automatisés de Production (SAP) sont déjà des priorités dans tous les domaines de la production. Les armoires électriques câblées, les méthodes dépassées et inapplicables en milieu industriel et les solutions empiriques utilisées sur le terrain pénalisent fortement la rentabilité des sites de production.
Au même moment, un outil étrange et mystérieux fait son apparition sur le marché: l'automate. Il rend possible la réalisation d'Automatismes et ouvre des perspectives immenses.Forts des expériences malheureuses dans les automatismes câblés, les industriels souhaitent mettre au point et utiliser une méthode de spécification des Systèmes Automatisés de Production. Diverses études sont entreprises dans le but d'appliquer cette spécification au système de permutation des auxiliaires alternatifs de la Centrale Hydroélectrique de Nangbéto.

Dans ce chapitre, nous ferons dans un premier temps une étude générale sur les API, puis l'élaboration du système de commande de l'automatisme de permutation et à l'aide d'unAPI.

3.2- Généralités sur les API

L'Automate Programmable Industriel (API) est un appareil électronique programmable, adapté à l'environnement industriel, qui réalise des fonctions d'automatisme pour assurer la commande des pré actionneurs à partir d'informations logiques, analogiques ou numériques.

Les API sont spécialement conçus pour traiter, par un programme, des problèmes de logique séquentielle (ou combinatoire) afin de remplacer les commandes d'automatismes en logique câblée réalisée avec des circuits logiques ou des relais.

3.2.1- Présentation

On nomme API (Automate Programmable Industriel) en anglais **PLC** (**Programmable Logic Controller**) un dispositif similaire à un ordinateur, ayant des entrées et des sorties, utilisé pour automatiser des processus comme la commande des disjoncteurs. Là où les systèmes

automatisés plus anciens emploieraient des centaines ou des milliers derelais et de cames, un simple automate suffit. On nomme automaticiens les programmeurs de ces Automates Programmables Industriels.L'API est structuré autour d'une unité de calcul ouprocesseur (en anglais Central ProcessingUnit, CPU), d'une alimentation (depuis des tensions AC ou DC) et, de modules suivant les besoins de l'application, tel que:

- des cartes d'entrées - sorties (en anglais Input - Output, I/O) numériques (Tout ou rien) ou analogiques ;
- des modules de communication Modbus, Modbus Plus, Profibus, InterBus, DeviceNet, LonWorks, Ethernet, FIPIO, FIPWAY, RS232, RS-485, AS-i, CANopen, pour dialoguer avec d'autres automates, des entrées/sorties déportées, des supervisions ou autres interfaces homme-machine (IHM, en anglais Human Machine Interface, HMI) ;
- des modules dédiés métiers, tels que de comptage rapide, de pesage ;
- des modules d'interface pour la commande de mouvement, dits modules Motion, tels que démarreurs progressifs, variateurs de vitesse, commande d'axes ;
- des modules de dialogue (homme-machine) tel que lepupitre (tactile ou avec clavier) dialoguant avec l'automate par réseau industriel propriétaire ou non et affichant des messages ou une représentation du procédé.

D'autres, plus anciens, étaient constitués d'une simple mémoire dont l'adresse d'entrée était constituée d'une concaténation de données d'entrée et de l'état précédent. Beaucoup moins onéreux, ils se prêtaient en revanche mal à une augmentation rapide du nombre d'états. Ils sont restés très utilisés pour des automatisations simples du style Antiblockiersystem (ABS) ou feux de signalisation aux carrefours.

Les programmes des API sont traités selon un cycle précis : acquisition de toutes les entrées (recopie dans une mémoire image), traitement des données (calculs), mise à jour des sorties. Le temps d'un cycle d'API varie selon la taille du programme, la complexité des calculs et de la puissance de l'API. Le temps de cycle est généralement de l'ordre d'une vingtaine de millisecondes et est protégé par un chien de garde. Les API se caractérisent par rapport aux ordinateurs par leur fiabilité et leur facilité de maintenance. Les modules peuvent être changés très facilement et le redémarrage des API est très rapide. L'absence d'interface Homme-machine (IHM, HMI en anglais) pour visualiser l'action et le fonctionnement du programme sur la partie opérative font que les automates sont très souvent reliés par une communication à

un pupitre opérateur, une interface graphique (écran d'affichage ou écran tactile) ou un PC. Dans ce dernier cas, on parle de supervision (dans certains cas, le PC peut d'ailleurs être utilisé seul en regroupant les fonctions de l'API et de la supervision, grâce à l'utilisation d'un softplc).

3.2.2- Historique

Les automates programmables sont apparus à la fin des années soixante, à la demande de l'industrie automobile américaine General Motor (GM), qui réclamait plus d'adaptabilité de leurs systèmes de commande. Depuis le début des années 80, nous intégrons des automates programmables pour le contrôle des différents processus industriels. A l'origine, l'automate programmable était considéré comme une machine séquentielle, capable de suppléer des automatismes réalisés en logique traditionnelle, en apportant toutefois de profonds bouleversements dans la manière de concevoir et d'organiser le contrôle d'un processus.

Aujourd'hui, l'automate programmable n'est plus seulement une machine séquentielle mais il est beaucoup plus considéré comme un calculateur de processus grâce aux énormes progrès quant à la structure de base, la qualité et la diversité des outils proposés. Son intégration sur Field Bus (Profibus, WorldFip), sur Ethernet (Standard TCP-IP), accroît ses possibilités et constitue un passage obligé pour augmenter la performance des processus.

Les coûts de l'électronique permettant alors de remplacer avantageusement les technologies actuelles.

3.2.3- Architecture des automates

Pour faire la présentation d'un automate, nous devons connaitre sa structure matérielle dans son ensemble.Malgré des tailles et des apparences très variées que se soient des gros automates pour les industries d'automobiles, ou pour l'élaboration d'un système de commande, les automates actuels ont presque la même architecture de base.

3.2.3.1- Aspect extérieur

Les automates peuvent être de type compact ou modulaire :

- De type compact, on distinguera les modules de programmation (LOGO de Siemens, ZELIO de Schneider, MILLENIUM de Crouzet ...) des micros automates. Il intègre le processeur, l'alimentation, les entrées et les sorties. 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.

- De type modulaire, le processeur, 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 plus connecteurs). Ces automates sont intégrés dans les automatismes complexes où puissance, capacité de traitement et flexibilité sont nécessaires.

Les figures 3.1 et 3.2 nous montrent ces différents types d'automates.

Figure 3.1 : API de type compact (siemens)

Figure 3.2 : API de type modulaire (siemens)

3.2.3.2- Structure interne

Elle est la même pour tous les API. La figure 3.3 montre la structure interne d' API.

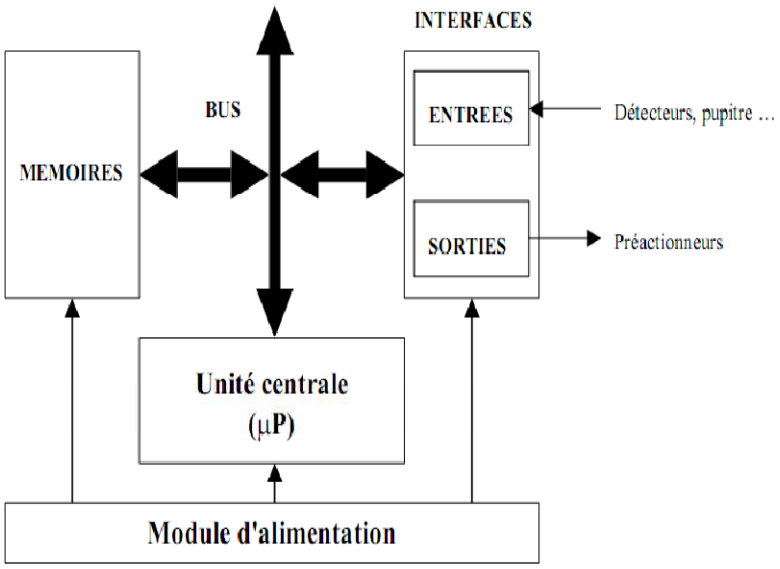

Figure 3.3 : structure interne d'un API

- Module d'alimentation : il assure la distribution d'énergie aux différents modules ;
- Unité centrale : à base de microprocesseur, elle réalise toutes les fonctions logiques, arithmétiques et de traitement numérique (transfert, comptage, temporisation ...) ;
- Le bus interne : il permet la communication de l'ensemble des blocs de l'automate et des éventuelles extensions ;
- Mémoires : Elles permettent de stocker le système d'exploitation (ROM ou PROM), le programme (EEPROM) et les données système lors du fonctionnement (RAM). Cette dernière est généralement secourue par pile ou batterie. On peut, en règle générale, augmenter la capacité mémoire par adjonction de barrettes mémoires type PCMCIA ;
- Interfaces d'entrées / sorties :
    - Interface d'entrée : elle permet de recevoir les informations du S.A.P. ou du pupitre et de mettre en forme (filtrage, ...) ce signal tout en l'isolant électriquement (optocouplage).
    - Interface de sortie : elle permet de commander les divers pré actionneurs et éléments de signalisation du S.A.P. tout en assurant l'isolement électrique.

3.2.3.3- Nature des informations traitées par les API

Les informations peuvent être de type :

- tout ou rien (T.O.R.) : l'information ne peut prendre que deux états (vrai/faux, 0 ou 1…) ; c'est le type d'information délivrée par un détecteur, un bouton poussoir … ;
- analogique : l'information est continue et peut prendre une valeur comprise dans une plage bien déterminée ; c'est le type d'information délivrée par un capteur (pression, température…) ;
- numérique : l'information contenue dans des mots codés sous forme binaire ou bien hexadécimale ; c'est le type d'information délivrée par un ordinateur ou un module intelligent.

3.2.3.4- Traitement du programme automate

Tous les automates fonctionnent selon le même mode opératoire illustré à la figure 3.4.

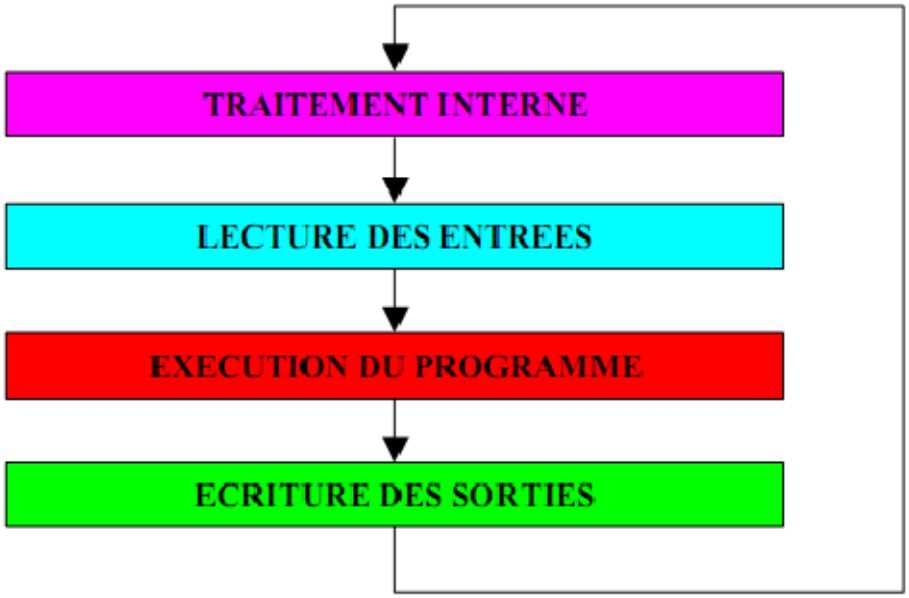

Figure 3.4 : Fonctionnement d'un API

Traitement interne : L'automate effectue des opérations de contrôle et met à jour certains paramètres systèmes (détection des passages en RUN / STOP, mises à jour des valeurs de l'horodateur, ...).

Lecture des entrées : L'automate lit les entrées (de façon synchrone) et les recopie dans la mémoire image des entrées.

Exécution du programme : L'automate exécute le programme instruction par instruction et écrit les sorties dans la mémoire image des sorties.

Ecriture des sorties : L'automate bascule les différentes sorties (de façon synchrone) aux positions définies dans la mémoire image des sorties.
Ces quatre opérations sont effectuées continuellement par l'automate (fonctionnement cyclique).

3.2.3.5- Programmation des API

Chaque automate se programmant via une console de programmation propriétaire ou par un ordinateur équipé du logiciel constructeur spécifique.
Il existe 4 langages de programmation des automates qui sont normalisés au plan mondial par la norme CEI 61131-3 :

- IL (Instruction List), le langage List est très proche du langage assembleur on travaille au plus près du processeur en utilisant l'unité arithmétique et logique, ses registres et ses accumulateurs sont très peu utilisé par les automaticiens

- ST : StructuredText, ce langage structuré ressemble au langage c utilisé pour les ordinateurs. Peu utilisé par les automaticiens.

- LD : LadderDiagram, le langage Ladder (échelle en anglais) ressemble aux schémas électriques, permet de transformer rapidement un ancien programme fait de relais électromécaniques, cette façon de programmer permet une approche visuelle du problème (Le plus fréquent en industrie). On parle également de langage à contacts ou de schéma à contacts pour désigner le langage Ladder ; il est le plus utilisé.

- FBD : Function Bloc Diagram, le FBD se présente sous forme diagramme : suite de blocs, reliables entre eux, réalisant des opérations, simples ou très sophistiquées. Utilisé par les automaticiens.

3.2.3.6- Critères de choix d'un API

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

- les compétences et expériences de l'équipe d'automaticiens et de la mise en ouvre et programmation de la gamme d'automate ;
- la capacité de traitement du processeur (vitesse, mémoire, données, opérations…) ;
- le nombre et le type d'entrées/sorties nécessaire ;
- la qualité du service après-vente.
- sa fiabilité et robustesse

Nous voici à la fin de la description de notre outil de travail. A présent nous allons passer à l'élaboration du nouveau système.

3.3- Etude et élaboration du système de commande

La mise en œuvre de tout système de commande par API exige de la part du concepteur un certain nombre d'études préalables dont la complexité dépend du type de système. Pour un système géré par un API, la démarche est la suivante :

- le mode fonctionnement ;
- la définition du cahier des charges ;
- la détermination du nombre des entrées et des sorties ;
- le choix et configuration de l'API qui pilotera le système ;
- le choix du langage de programmation ;
- écriture du programme dans un langage approprié.

Dans le souci de faciliter l'exploitation du système de permutation nous avons prévue une interface pour permettre de suivre l'état des disjoncteurs et aussi de commander le système.

Nous nous consacrerons dans cette partie à l'élaboration du système de commande en suivant rigoureusement la démarche décrite plus haut.

3.3.1- Les modes de fonctionnements

Notre système de commande aura au total deux modes de fonctionnement à savoir :

- mode automatique,
- mode manuel.

❖ **Le mode automatique**

Dans ce mode de fonctionnement, la permutation des auxiliaires est faite sans aucune action de l'exploitant. Le fonctionnement est entièrement géré par l'automate.

❖ **Le mode manuel**

Ce mode de fonctionnement est entièrement assuré par l'opérateur.

3.3.2- Le cahier de charge

Le but de notre projet est de réaliser un système automatisé réalisé a base d'un automate qui va répondre à un cahier de charge bien définit et qui va remplacer le système existant.

L'objectif du projet étant de réalisé un système automatisé qui répond au même fonctionnement que le système existant, alors notre cahier de charge est le document des schémas des auxiliaires alternatifs de la CHN.

3.3.3- Bilan des entrées/sorties

Les tableaux 3.1 et 3.2 regroupent les variables d'entrées et de sorties de notre système automatisé.

L'inventaire du nombre total d'entrées/sorties après étude nous donne : 79 entrées/sorties TOR (Tout Ou Rien) soient, 38 entrées et 41 sorties. Voire les tableaux des entrées et sorties à en annexe.

3.3.4- Choix et configuration de l'automate

3.3.4.1- Choix d'un automate

Nous retrouvons sur le marché des matériels industriels notamment des API de divers fabricants. On peut citer les principaux que sont TELEMECANIQUE, APRIL, SIEMENS, MODICON. Le choix de l'API pour ce projet portera sur les automates de MODICON M340 pour les raisons suivantes :

- l'uniformité du matériel utilisé en entreprise constitue un atout favorable du point de vue maintenance, de la mise en œuvre et de la mise en réseau. La CHN, pour son projet de renouvellement des régulateurs de vitesse et de tension a utilisé des automates de MODICON M340 ;
- MODICON M340 dispose d'une gamme variée d'automates facile à mettre en œuvre, à utiliser et compatible avec les autres équipements télémécanique .

3.3.4.2- Configuration de l'automate

La configuration d'un automate revient à faire le choix convenable :

- du type de processeur,
- des modules d'alimentations,
- des interfaces d'entrées et sortie,
- du rack.

a- Choix et description du processeur

Le processeur choisi ici pour notre application est le BMX P34 1000. Le tableau 3.3 en annexe présente les caractéristiques du processeur.

b- Choix et description du module d'alimentation

Les modules d'alimentations sont destinés à l'alimentation de base des automates et des extensions locales ou à distance d'entrées/sorties à partir du réseau à courant continu ou alternatif.

Le module d'alimentation est choisi en fonction :

- du réseau d'alimentation électrique : ⎓ 24 V, ⎓ 48 V ou ~ 100…240 V,
- de la puissance nominale.

Les modules d'alimentation disposent en face avant de :

- un bloc de visualisation comprenant :
    - un voyant OK (vert), allumé si les tensions racks sont présentes et correctes,
    - un voyant 24 V (vert), allumé lorsque la tension capteur est présente,
- un bouton-poussoir RESET à pointe de crayon provoquant une reprise à froid de l'application,

- un connecteur 2 contacts recevant un bornier débrochable (à vis ou à ressorts) pour le raccordement du relais alarme,
- un connecteur 5 contacts recevant un bornier débrochable (à vis ou à ressorts) pour le raccordement :
    - du réseau d'alimentation ⎓ ou ~,
    - de la terre de protection,
    - de la tension ⎓ 24 V dédiées à l'alimentation des capteurs d'entrées.

Ayant la possibilité de disposer d'un réseau alternatif de 240 V, nous optons pour BMX CPS 2000. Le tableau 3.4 en annexe présente les caractéristiques de ce module.

c- Choix des interfaces d'entrées et de sorties

Le type et le nombre d'entrées/sorties de même que la source d'alimentation disponibles sont les critères de sélection de ces interfaces.

Pour notre application, nous pouvons disposer d'une alimentation de 240v alternative et comme nos entrées sont des boutons poussoirs, des commutateurs et des interrupteur de

position, notre choix se portera sur les modules TOR (Tout Ou Rien) à 16 voies pour les entrées/sorties.

Le nombre total d'entrées étant 38, notre application nécessitera 3 modules d'entrées de référence BMX DAI 1604 et comme le nombre de sortie est 41, il nous faudra aussi 3 modules de sorties de référence BMX DAO 1605.

Les tableaux 3.5 et 3.6 situés en annexe nous présentent les caractéristiques des modules d'entrées et de sorties.

d- Choix et description de rack

Les racks constituent l'élément de base des stations automates.

Ces racks assurent les fonctions suivantes :

- fonction mécanique : les racks permettent la fixation de l'ensemble des modules d'une station automate (module d'alimentation, processeur, modules d'entrées/sorties TOR/analogiques, modules métiers). Ces racks peuvent être fixés sur différents supports :
    - dans des armoires,
    - dans des bâtis de machines,
    - sur des panneaux.
- fonction électrique : les racks fournissent :
    - les alimentations nécessaires à chaque module d'un même rack,
    - les signaux de service et les données pour l'ensemble de la station automate.

Le choix du rack dépend du nombre de module constituant l'automate.

Pour notre projet, il nous faudra au total 7 emplacements ; mais compte tenu des suggestions lors de la réalisation nous choisissons un rack de 12 emplacements de référence BMX XPB 1200.

En définitif, la configuration de l'automate BMX P34 1000 retenu pour notre système de permutation se résume comme suit :

- 1 processeur BMX P34 1000,

- 1 module d'alimentation BMX CPS 2000,
- 1 module d'entrées BMX DAI 1604,
- 1 module de sorties BMX DAO 1605,
- 1 rack BMX XPB 1200.

3.3.4.3- Adressage des entrées/sorties de l'automate

Pour l'ensemble des racks, l'adresse d'un module est géographique. Elle est fonction de sa position sur le rack.Le tableau 3.7 en annexe nous présente les adresses des modules en fonction du rack utilisé.

Les tableaux 3.8 et 3.9 situés en annexe nous montrent l'adresse de toutes les entrées/sorties de notre application.

3.3.5- Choix du langage de programmation

Le langage de programmation est l'ensemble des codes qui permettent à tout utilisateur les possédant de communiquer à un automate des informations relatives à la gestion d'un processus.

Les langages de programmation dans leur ensemble sont des jeux d'instructions ou des symboles qui définissent la façon d'écrire un programme. Ils suivent une syntaxe précise pour une logique donnée.

Le logiciel de conception et d'exploitation **UNITY PRO** permet de programmer les automates programmables MODICON M340. Ce logiciel comprend cinq langages de programmation :

- Langage à contacts (LD),
- Langage blocs fonctionnels (FBD),
- Langage diagramme fonctionnel en séquence (SFC) ou GRAFCET,
- Langage littéral structuré (ST),
- Langage liste d'instructions (IL).

Pour notre projet, nous avons choisi le langage à contacteLadder.

3.3.6- Le schéma à contact du système

L'ensemble des schémas du système se trouvent en annexe ; voir le schéma à contact de l'automatisme de permutation (Annexe 2).

3.3.7- Interface Homme machine (IHM)

Dans le souci de rendre notre système très facile à utiliser nous avons crée une Interface Homme Machine qui sera élaboré par Vijeo Designer.

L'IHM est destiné au réglage et à la visualisation des paramètres d'une fonction opérative intégrée dans une architecture Ethernet étendue. Il apporte ainsi une solution simple de postes IHM répartis au plus près de chaque partie opérative, en complément du poste de conduite principal.

La lisibilité de l'écran graphique rétro-éclairé et la finesse de la dalle tactile analogique font du terminal HMI la solution Vijeo Designer la plus compacte et la plus économique pour les besoins d'IHM simples et performantes, allant de la petite machine autonome aux postes de réglage et de surveillance répartis sur un système étendu. Pour notre besoin nous utiliserons un écran d'ordinateur comme IHM. Il sera installé à la salle de commande de la CHN pour permettre aux opérateurs d'y accéder facilement.

3.4- Conclusion

Le schéma à contacte ainsi dégagé sera transférer à notre automate à partir du logiciel **UNITY PRO.** La simulation du système aussi sera faite par ce même logiciel. L'interface quand à lui sera réalisé à partir du logiciel **VIJEO** pour visualiser l'état des disjoncteurs. La suite de notre travail consiste à créer une communication Ethernet entre l'automate et l'interface puis simuler le fonctionnement du système.

Chapitre 4 :

MISE EN OUEVRE DU SYSTEME

4.1- Introduction

Le logiciel Unity pro nous a permis de programmer notre automate Modicon M340 en fonction du cahier de charge. Grâce au logiciel Vijeo, nous avons conçu un écran d'exploitation qui va assurer le même rôle que l'IHM. Ainsi on pourra commander les auxiliaires depuis un ordinateur muni du logiciel Vijeo ou depuis un écran d'exploitation dans lequel notre programme Vijeo sera transférer.

Dans cette dernière partie de notre étude, nous allons faire la présentation de ces logiciels destinés à la configuration des automates Modicon et des IHM. Ensuite nous procèderons à la simulation du fonctionnement des auxiliaires.

4.2- Présentation d'UNITY PRO

Unity Pro est un logiciel commun de programmation, de mise au point et exploitationdes automates Modicon M340, Premium, Quantum et slot PLC Atrium.Logiciel IEC 61131-3, Unity Pro reprend les valeurs d'usage reconnues de PL7 etConcept. Il ouvre les portes d'un ensemble complet de nouvelles fonctionnalités pour
plus de productivité :

- une haute conception fonctionnelle ;
- une standardisation aisée pour une réutilisation des développements ;
- de nombreux outils de tests programme et d'amélioration de l'exploitation des systèmes ;
- de nouveaux services de diagnostic intégré.

C'est un logiciel multitâche qui offre les fonctionnalités suivantes:

- Unity Loader pour la maintenance ;
- Logiciel de configuration ;
- 5 langages de programmation IEC 61131-3;
- librairie de blocs fonctions (DFB) intégrée et personnalisable ;
- simulateur automate sur PC pour valider des programmes avant installation ;

- tests intégrés (Built-in test) et diagnostic;
- large gamme de services en ligne.

Les cinq langages de type graphiques ou textuels du logiciel Unity Pro permettent la programmation des plates-formes d'automatismes Modicon M340, Atrium, Premium et Quantum. Les 3 langages graphiques sont : le langage à contacts (LD), le langage blocs fonctionnels (FBD), le langage diagramme fonctionnel en séquence (SFC) ou Grafcet. Les 2 langages textuels sont : le langage littéral structuré (ST), le langage liste d'instructions (IL).

Pour ces 5 langages, l'utilisation du jeu d'instructions de base conforme à la norme IEC 61131-3 permet de créer des applications portables d'une plate-forme sur une autre.

4.2.1- Configuration de l'automate avec Unity pro

L'outil de configuration de Unity pro permet de :

- créer, modifier et sauvegarder les éléments constituant la configuration de la station automate ;
- paramétrer les modules métiers constituant la station ;
- diagnostiquer les modules configurés dans la station ;
- contrôler le nombre de voies métiers configurées par rapport aux capacités du processeur déclaré dans la configuration ;
- faire un bilan sur l'occupation mémoire du processeur.

La figure 42 présente la configuration de notre automate Modicon M340 dans Unity pro.

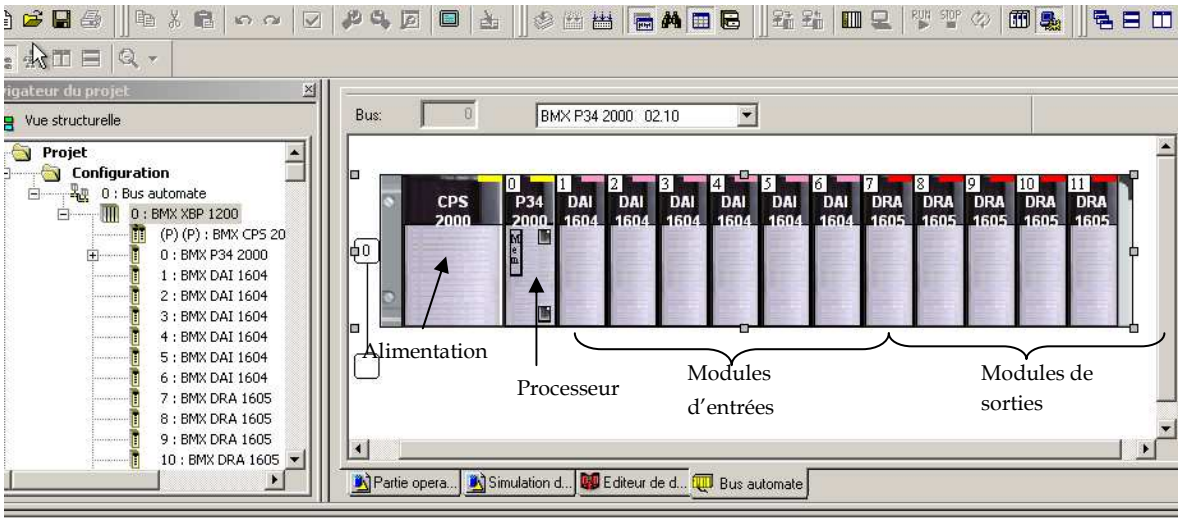

Figure 4.1 : Ecran de configuration de l'automate Modicon M340 dans Unity pro

La configuration d'un module est visualisée sur la figure 4.2

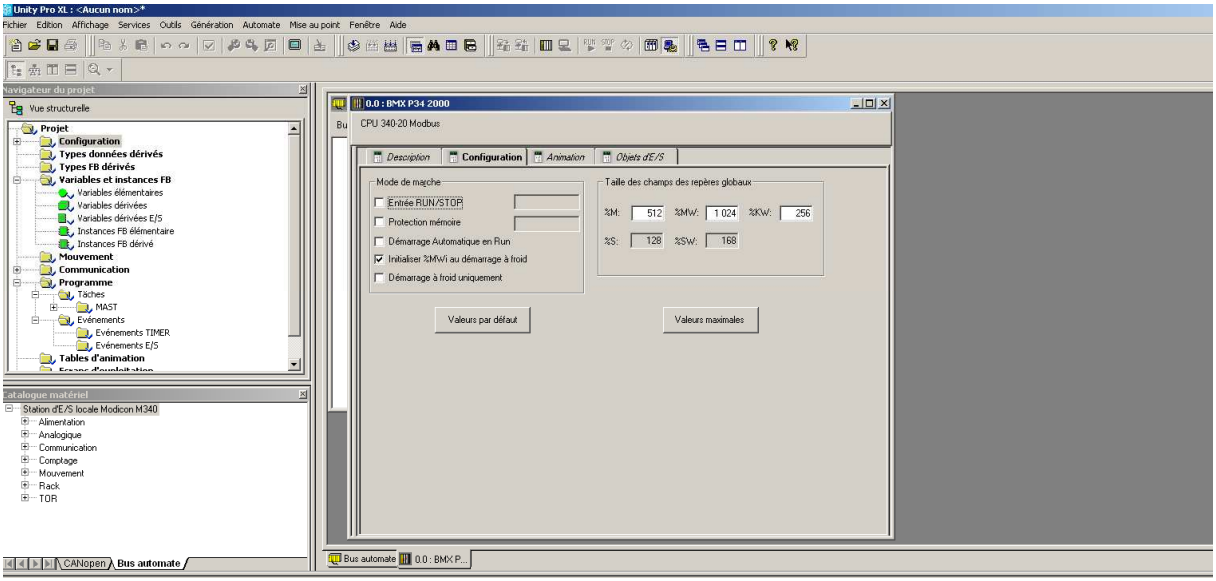

Figure 4.2: Ecran de configuration du module d'alimentation

4.2.2- Editeur de données de UNITY PRO

L'éditeur de données, accessible à partir de la vue structurelle du projet offre en un seul outil les services d'édition suivants :

- déclaration des données incluant les variables et blocs fonctions (déclaration de leur type, leur instance et leurs attributs) ;
- utilisation et archivage des types de données blocs fonctions dans les différentes bibliothèques ;
- visualisation hiérarchique des structures de données ;
- recherche, tri et filtrage des données ;
- création d'hyperlien au niveau du commentaire de toute variable pour accéder à un descriptif.

La figure 4.3 montre l'éditeur de données de Unity pro dans lequel nous avons édité nos variables d'entrées et de sorties de notre système.

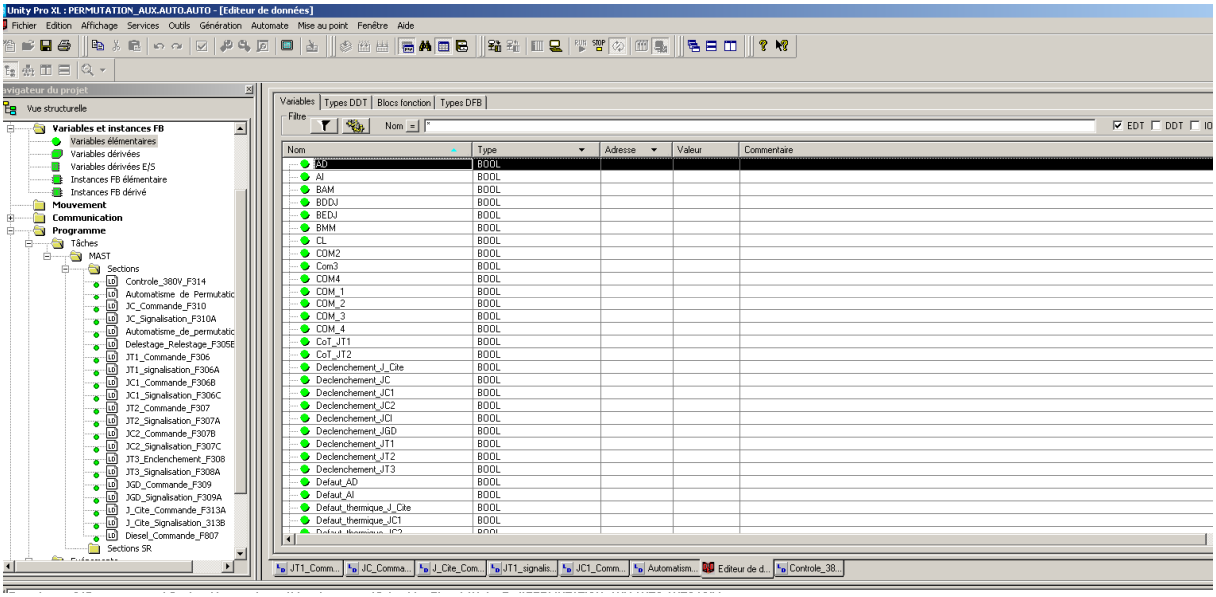

Figure 4.3 : Les variables d'entrées et de sorties dans l'éditeur de données de Unity pro

4.2.3- Editeur de programmes

L'éditeur de programme permet de développer les différentes tâches de l'automate en utilisant différents types de langage, notamment :

- FBD (langage en blocs fonctionnels) ;

- LD (langage à contacts) ;
- SFC (diagramme fonctionnel en séquence), disponible uniquement pour la tâche MAST ;
- IL (liste d'instructions) ;
- ST (littéral structuré).

Dans notre cas nous avons choisi de programmer en Ladder. La figure 4.3 présente une portion du programme de commande de l'alimentation des auxiliaires.

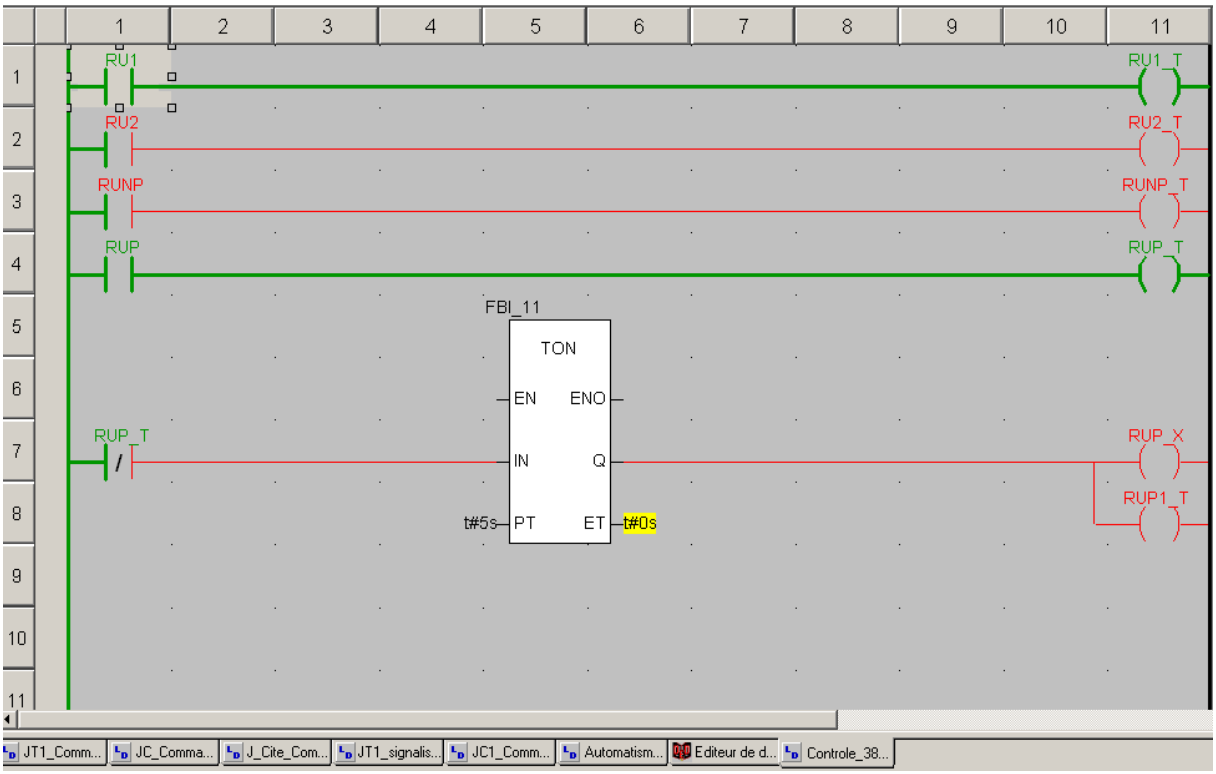

Figure 4.3 : Portion du programme de commande des auxiliaires

4.2.4- Visualisateur de Diagnostic

Unity Pro dispose d'un outil de diagnostic du système et des projets. Dans le cas où des erreurs se produisent, celles-ci s'affichent dans une fenêtre de diagnostic.

4.2.5- Simulateur de Unity pro

Le simulateur de Unity pro permet la simulation d'un projet sans connexion à un véritable automate Modicon.

Toutes les tâches du projet sont également disponibles dans le simulateur. La différence par rapport à un véritable API réside dans l'absence de modules E/S et de réseaux de communication. Le simulateur ne gérant pas les entrées/sorties de l'automate, l'utilisation des tables d'animation permet de simuler par forçage à 1 ou à 0 l'état les entrées. Nous utiliserons cette possibilité de Unity pro pour simuler notre programme étant donné que nous ne disposons pas d'un automate réelle.

4.2.6- Configuration requise pour l'installation de Unity pro

Le tableau 4.1 présente la configuration recommandée pour l'installation de Unity pro.

Tableau 4.1 : Caractéristiques recommandées pour l'installation du logiciel Unity pro

Système	Processeur Pentium3 GHz (minimum 1,2 GHz)
Mémoire RAM	1 Go (minimum 512 Mo)
Disque dur	8 Go (minimum 4 Go)
Système d'exploitation	Microsoft Windows XP Professionnel SP2 et SP3.

4.3- Présentation de Vijeo Designer

Vijeo Designer est un logiciel de pointe permettant de réaliser des écrans opérateur et de configurer les paramètres opérationnels des périphériques d'Interface Homme Machine (IHM). Il fournit tous les outils nécessaires à la conception d'un projet IHM, de l'acquisition des données jusqu'à la création et à la visualisation de synoptiques animés. Le logiciel

VijeoDesigner permet de réaliser les applications de dialogue opérateur destinées à la conduite d'automatismes pour :

- les terminaux Magelis STO et STU ;
- les terminaux Magelis XBT GT et XBT GK ;
- les terminaux portables Magelis XBT GH ;
- les terminaux ouverts Magelis GTW ;
- les PC industriels Magelis Smart, Magelis Compact iPC et PC BOX.

Les principaux outils de Vijeo Designer sont accessibles depuis l'écran principal du programme. Des fenêtres d'outils permettent de développer les projets. Chaque fenêtre fournit les informations relatives à un objet particulier ou au projet.

La figure 4.4 présente l'environnement de Vijeo Designer.

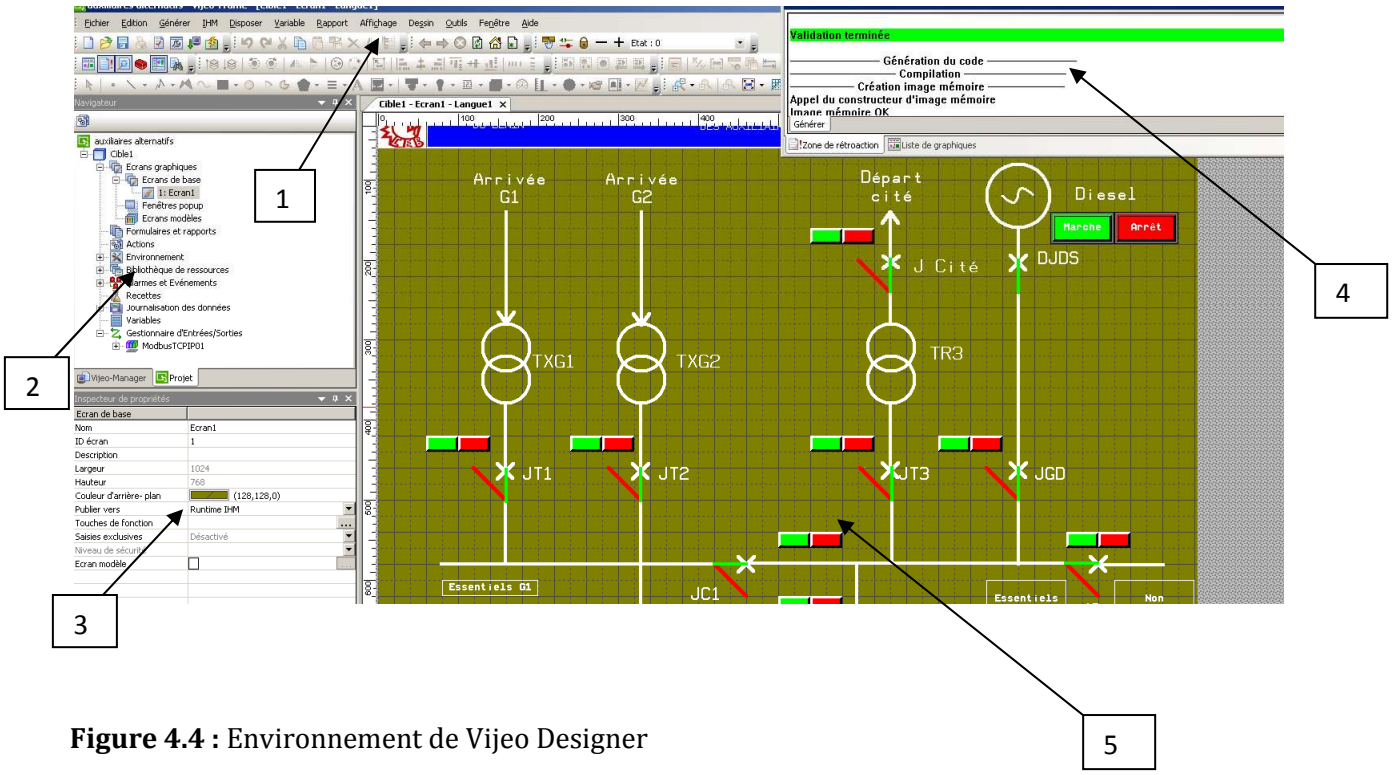

Figure 4.4 : Environnement de Vijeo Designer

Légende :

1-barre d'outil : pour l'édition de l'écran d'exploitation.

2-Navigateur de projet: sert à créer des applications. Les informations concernant chaque projet sont répertoriées hiérarchiquement dans un explorateur dedocuments.

3-Inspecteur de propriétés:affiche et permet de modifier les propriétés desobjets entrant dans la composition de l'écran d'exploitation.

4-Compte-rendu : affiche la progression et les résultats de la vérification des erreurs, de la compilation et du chargement.Lorsqu'une erreur survient, le système affiche un messaged'erreur ou un message d'avertissement.

5-Ecran graphique d'affichage du travail en cours: où se fait la conception des écransgraphique.

4.3.1- Protocoles de communication entre l'application IHM et les automates

La communication entre l'application de dialogue opérateur et l'équipement d'automatisme (ici automate virtuel de Unity pro) est établie grâce à un protocole de communication (pilote), sélectionné lors de la création de l'application dans Vijeo Designer.

Vijeo Designer supporte les protocoles Schneider Electric suivants :

- Modbus RTU Master;
- Modbus TCP/IP Master;
- Modbus Plus *;*
- Modbus 32 bits extensions ;
- ELAU PacDrive (ELAU C00x / LMCx00) ;
- Unitelway;
- UniTE TCP/IP;
- prise console USB des UC Modicon M340 ;
- FIPIO;
- FIPWAY.

L'ensemble des drivers Schneider Electric offre l'accès IEC aux bits/mots d'entrées et aux bits/mots de sorties : Modbus (RTU et TCP/IP), Modbus Plus (GMU et USB), Uni-Telway, Xway.

Dans notre cas, pour relier l'application IHM de vijeo à l'automate virtuel (Modicon M340) de Unity pro, nous avons utilisé le protocole de communication Modbus TCP/IP utilisé par les terminaux XBT G/XBT GT et programmable à l'aide de Vijeo Designer.

Les adresses de registres respectent la syntaxe des standard CEI et des règles d'adressage du logiciel de configuration UNITY (%I, %IW, %Q, %QW).

4.4- Simulation de la commande des auxiliaires par automate programmable (Modicon M340) avec Unity pro et Vijeo Designer

Après avoir présenté les environnements de programmation de Vijeo et de Unity pro, nous allons passer à la simulation de la commande des auxiliaires alternatifs.

L'objectif étant de lier l'écran d'exploitation de Vijeo à l'automate virtuel de Unity pro, nous avons donc importé toutes les variables de Unity pro dans Vijeo pour l'exploitation de ces derniers.

Chaque variable a une adresse qui le relie à l'automate virtuel de Unity pro par le protocole de liaison **Modbus TCP/IP**. La figure 4.5 présente les variables d'entrées et de sorties transférées dans Vijeo.

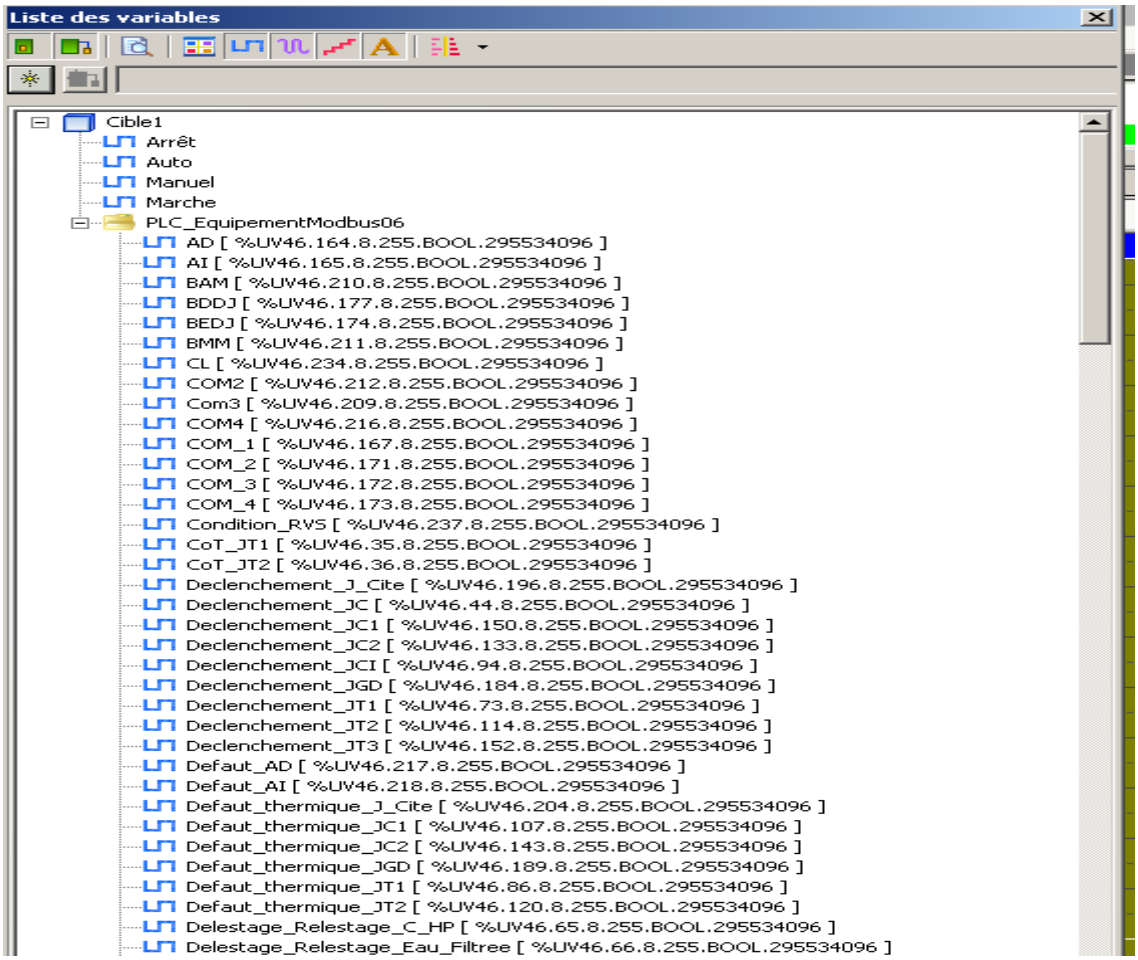

Figure 4.5 : Les variables de Unity pro transférées dans Vijeo

4.4.1- Lancement de la simulation avec Unity pro

Pour commencer, il faut connecter l'automate virtuel puis transférer le programme vers cet automate.

La figure 4.6 illustre la connexion à l'automate virtuel.

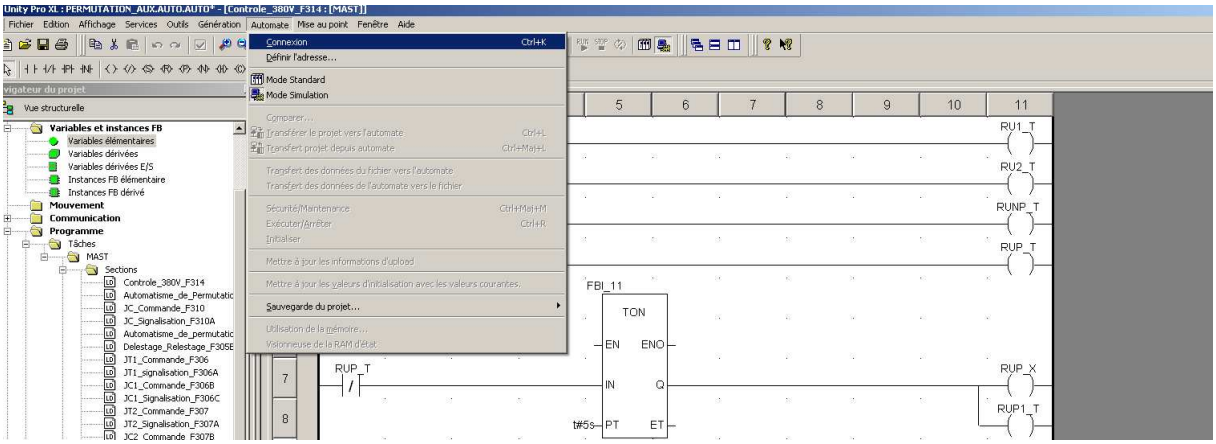

Figure 4.6: Connexion à l'automate virtuel de Unity pro

Dès que l'automate virtuel est connecté, on peut passer au transfert du projet vers celui-ci comme l'illustrent les figures 4.7 et 4.8.

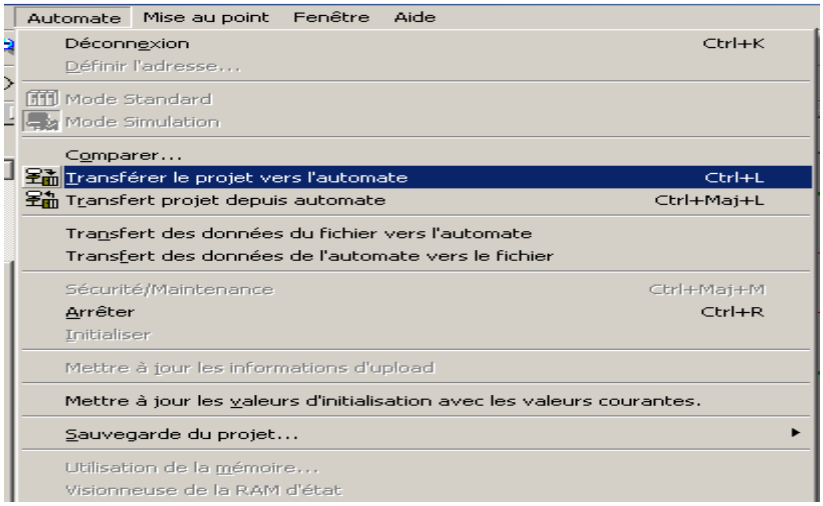

Figure 4.7: Transfert du projet vers l'automate virtuel de Unity pro

En cochant la case **Exécution de l'automate après le transfert,** l'exécution du programme se fait automatiquement après le transfert vers l'automate virtuel.

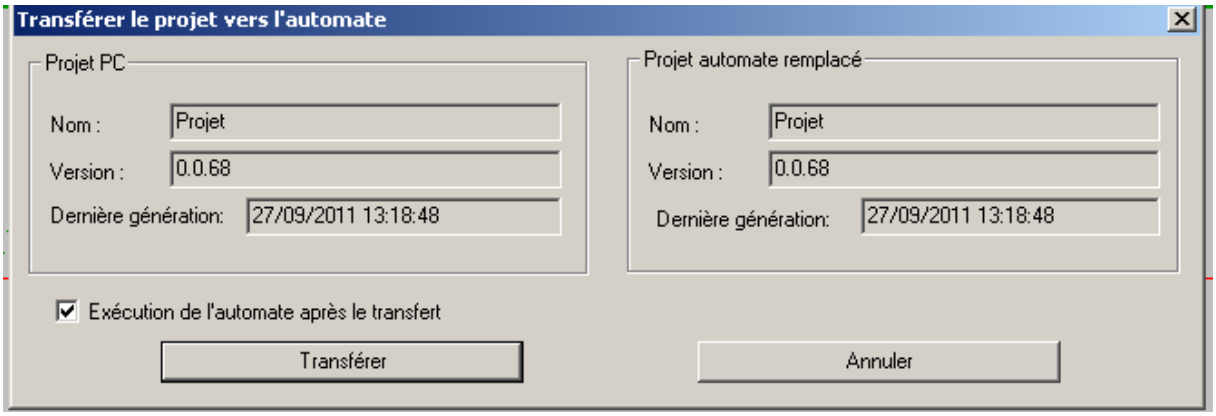

Figure 4.8 : Exécution et transfert du projet vers l'automate

Lorsque l'exécution est en cours, une icône active apparait dans la barre de tâches montrant que l'automate est en pleine simulation.

4.4.2- Lancement de la simulation avec Vijeo Designer

Après avoir lancé la simulation avec Unity pro, nous pouvons lancer la simulation de l'écran d'exploitation de la commande des auxiliaires avec Vijeo(l'automate est en liaison aves l'IHM). La simulation de l'écran d'exploitation de Vijeo se fait en cliquant sur **simulation** dans la barre d'outils**.** Si le projet n'était pas encore généré, la génération se fait automatiquement avant de passer en mode simulation. La figure 4.9 montre le lancement de la simulation avec Vijeo.

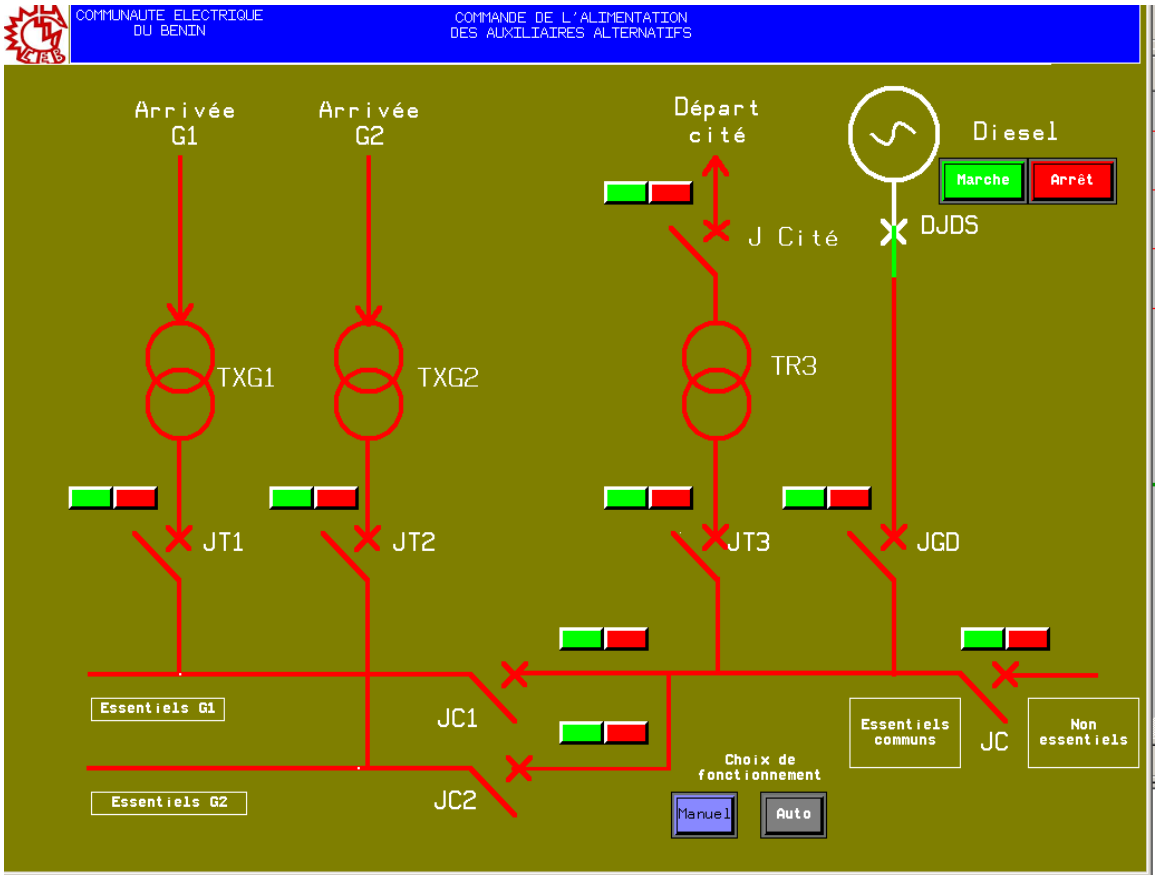

Figure 4.9 : Lancement de la simulation avec Vijeo Designer

S'il n'y a pas d'erreur lors du lancement de la simulation, on observe dans la zone de compte rendu le message de la figure 4.10.

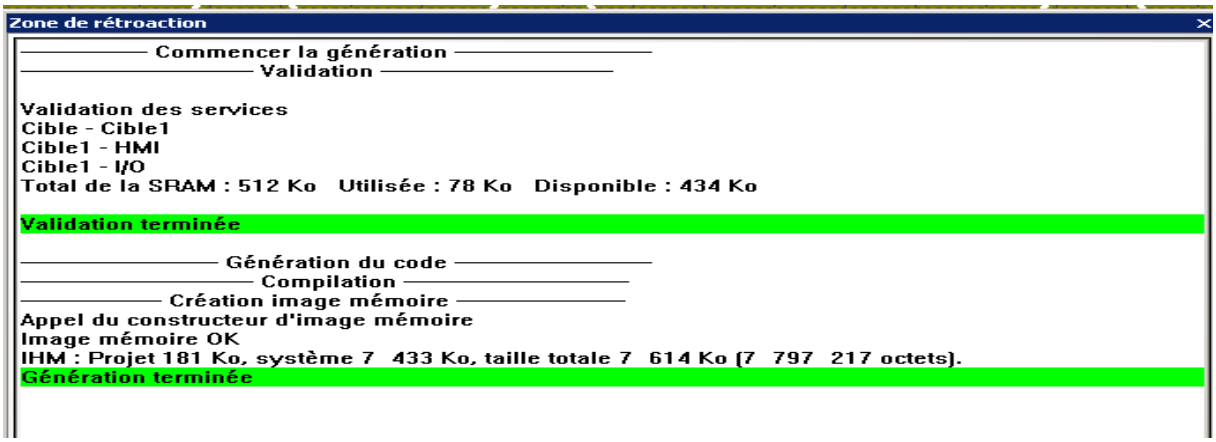

Figure 4.10 : Génération du projet réussie

4.4.3- Simulation de l'alimentation des auxiliaires alternatifs

La simulation de la mise en marche des auxiliaires alternatifs sera effectuée selon deux modes de fonctionnement à savoir le mode MANUEL et le mode AUTO.

NB : A ce niveau nous présentons les écrans captés lors de nos essais ; mais lors de la présentation de notre mémoire nous reprendrons les mêmes essais devant les membres du jury pour qu'ils apprécient notre travail.

- **Le mode AUTO**

1. **Commande de JT1**

Lorsque les conditions d'enclenchement de JT1 sont réunies comme détailler au chapitre 2. L'écran d'exploitation de Vijeo se présente comme suit sur la figure 4.11.

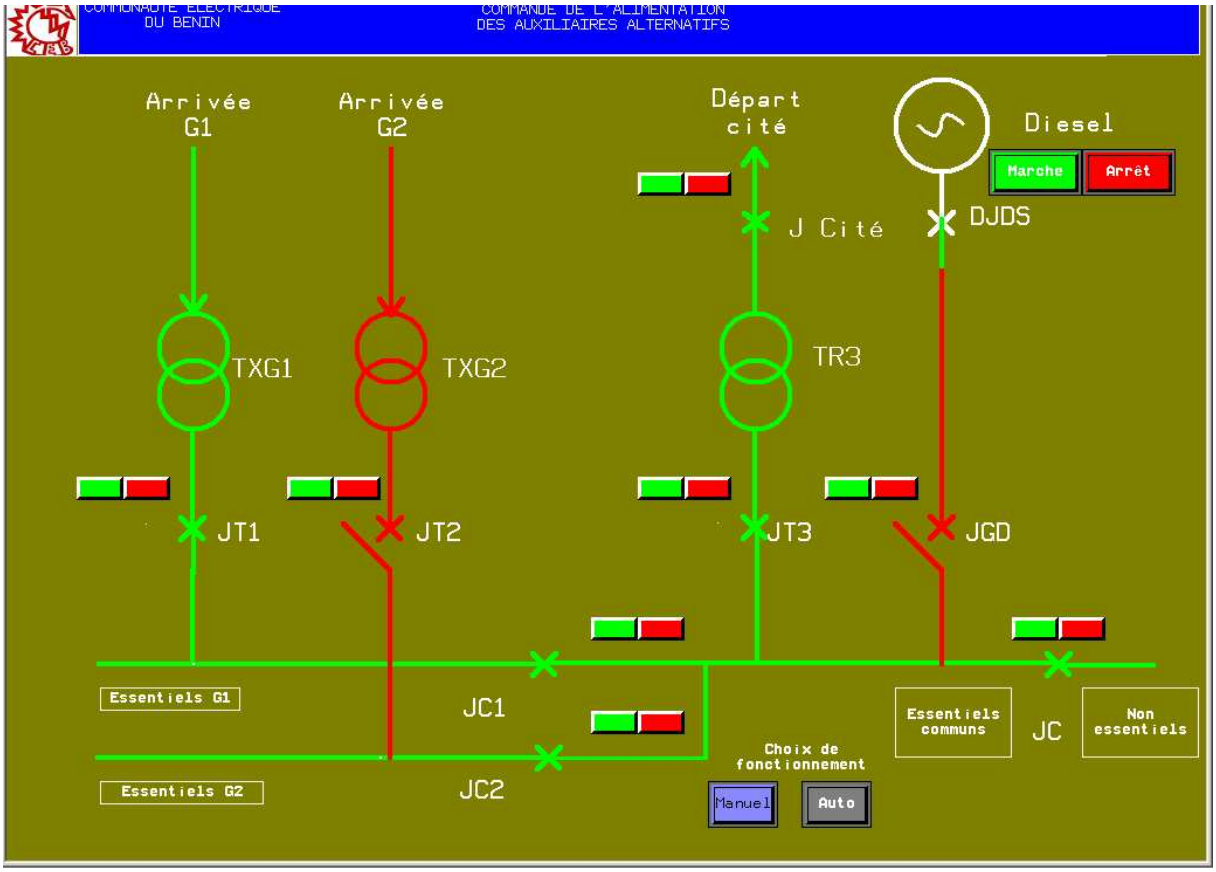

Figure 4.11 : Ecran d'exploitation lors de la commande de JT1.

Au même moment le LADDER est activé dans l'automate comme l'indique la figure 4.12.

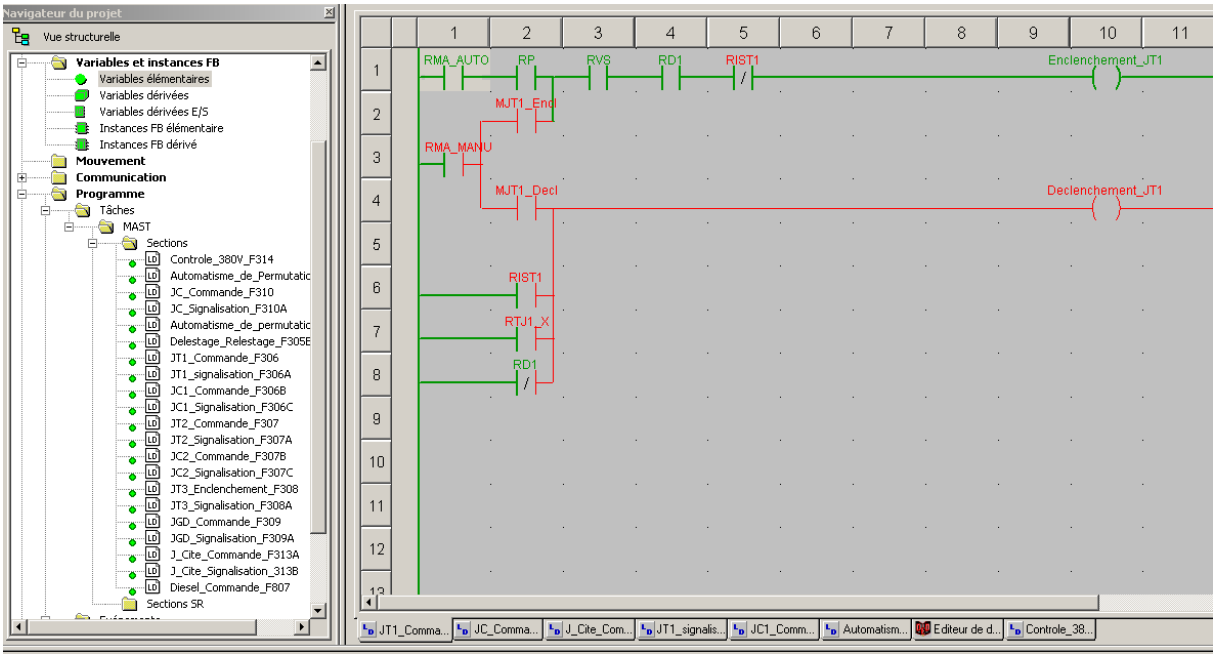

Figure 4.12 : Evolution du LADDER lors de la commande de JT1

Lorsque le JT1 est fermé, JC1, JC2, JC, JT3 et J-Cité se ferment automatiquement

2. Permutation sur JT2

Lorsqu'il y'a perte de tension aux bornes de JT1 et qu'une tension est présente aux bornes de JT2, ce dernier se ferme automatiquement comme expliquer au chapitre 2.L'écran d'exploitation de Vijeo se présente comme suit sur la figure 4.13.

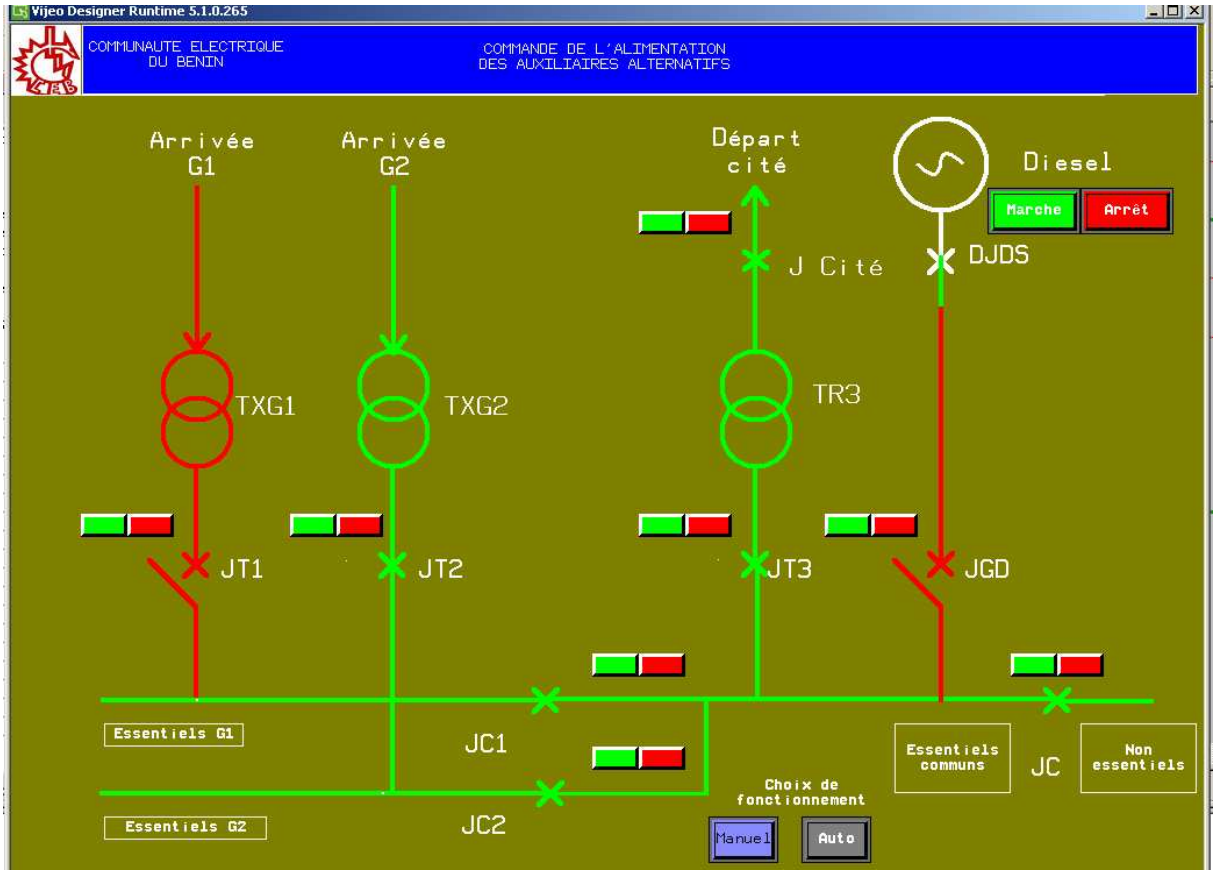

Figure 4.13 : Ecran d'exploitation lors de la permutation sur JT2.

3. Permutation sur le JGD

Lorsqu' on n'a pas la tension aux bornes de JT1 et JT2 le JGD se ferme après le démarrage du Diesel comme expliquer au chapitre 2. L'écran d'exploitation se présentera comme telle sur la figure 4.14.

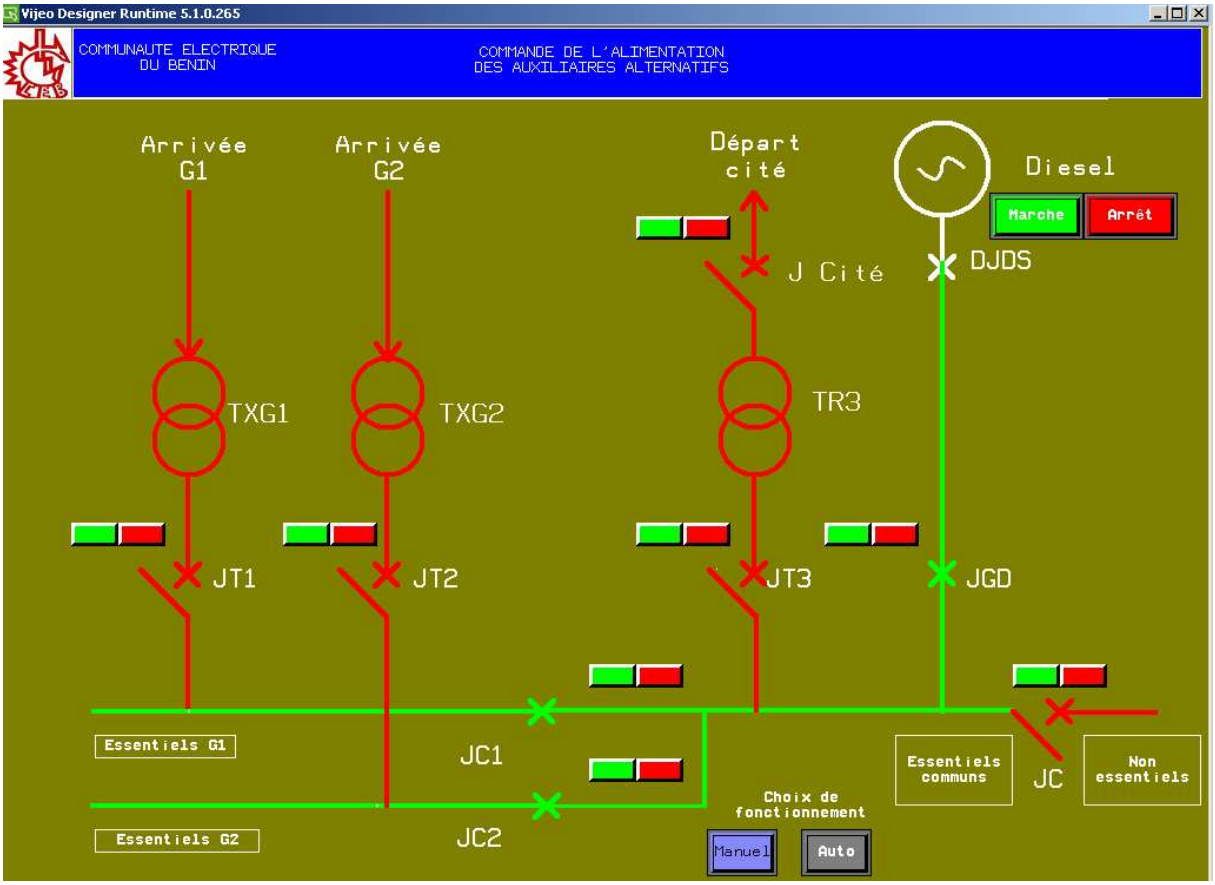

Figure 4.14 : Alimentation des auxiliaires par JGD.

- **Le mode MANUEL**

Les commandes sont exécutées par l'opérateur depuis notre écran d'exploitation. Les figures 4.15, 4.16, 4.17 et 4.18 présentent les différentes commandes manuels.

1. Commande de JT1, JC1 et JC2

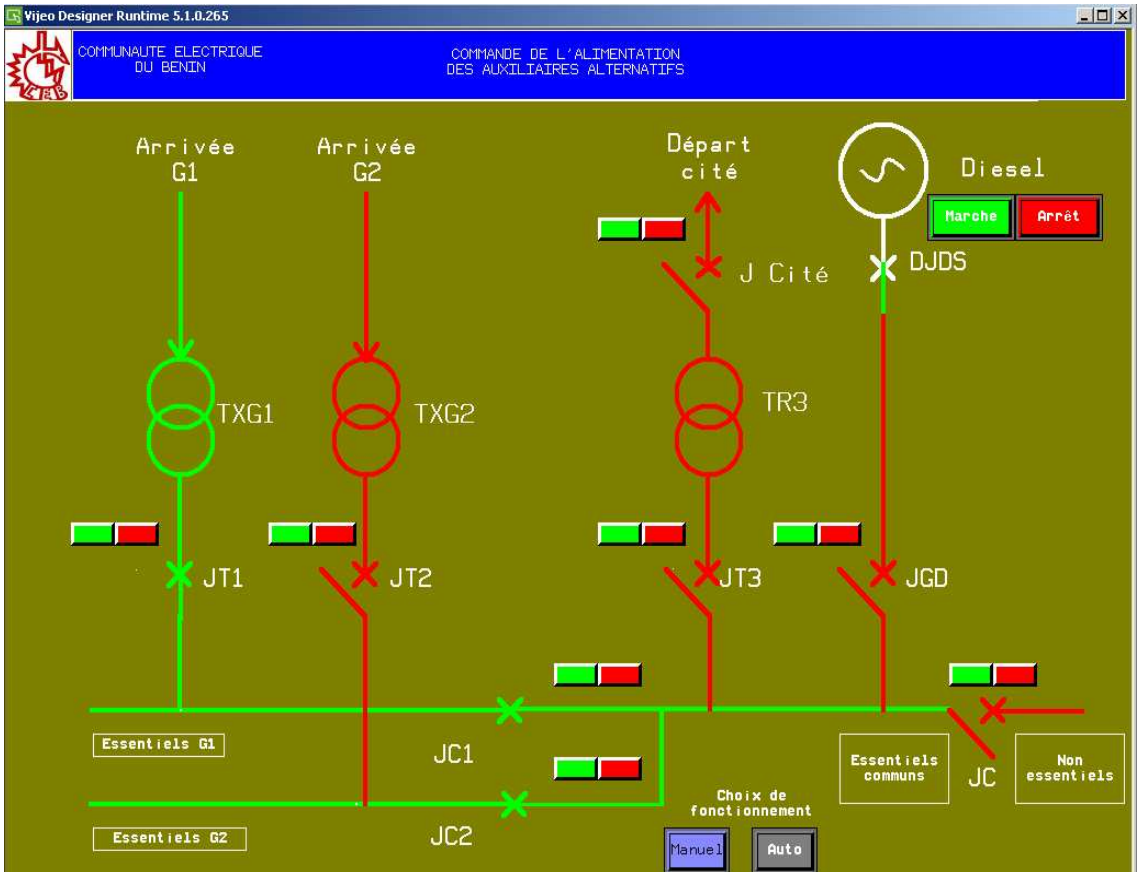

Figure 4.15 : Commande de JT1, JC1 et JC2

2. Commande de JC

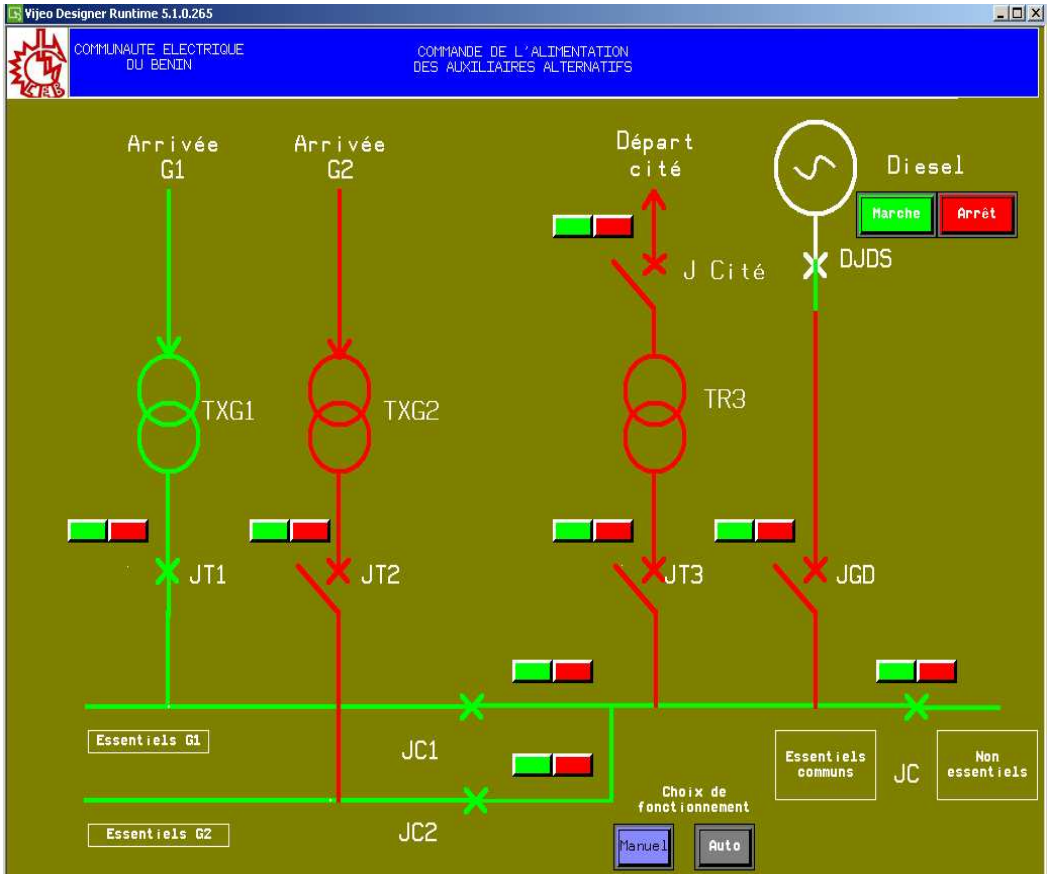

Figure 4.16 : Commande de JC

3. Commande de JT3

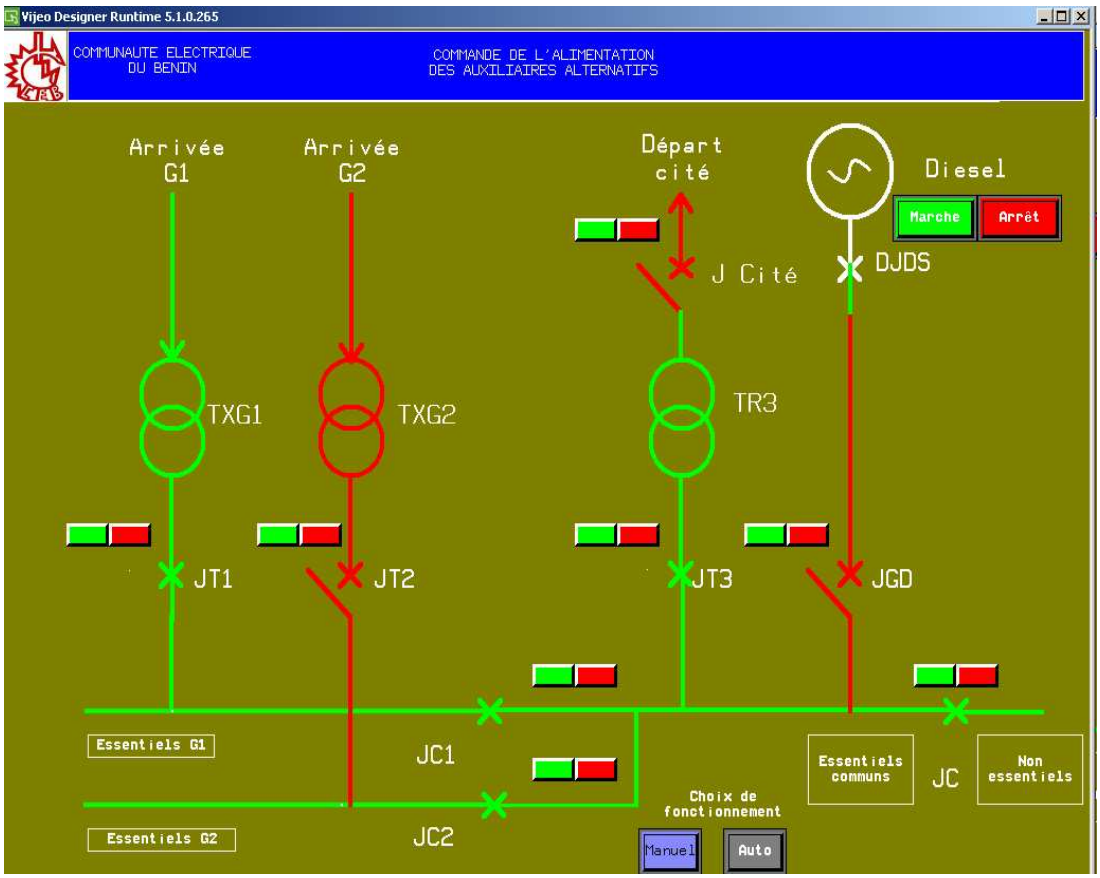

Figure 4.17 : Commande de JT3

4. Commande de J- Cité

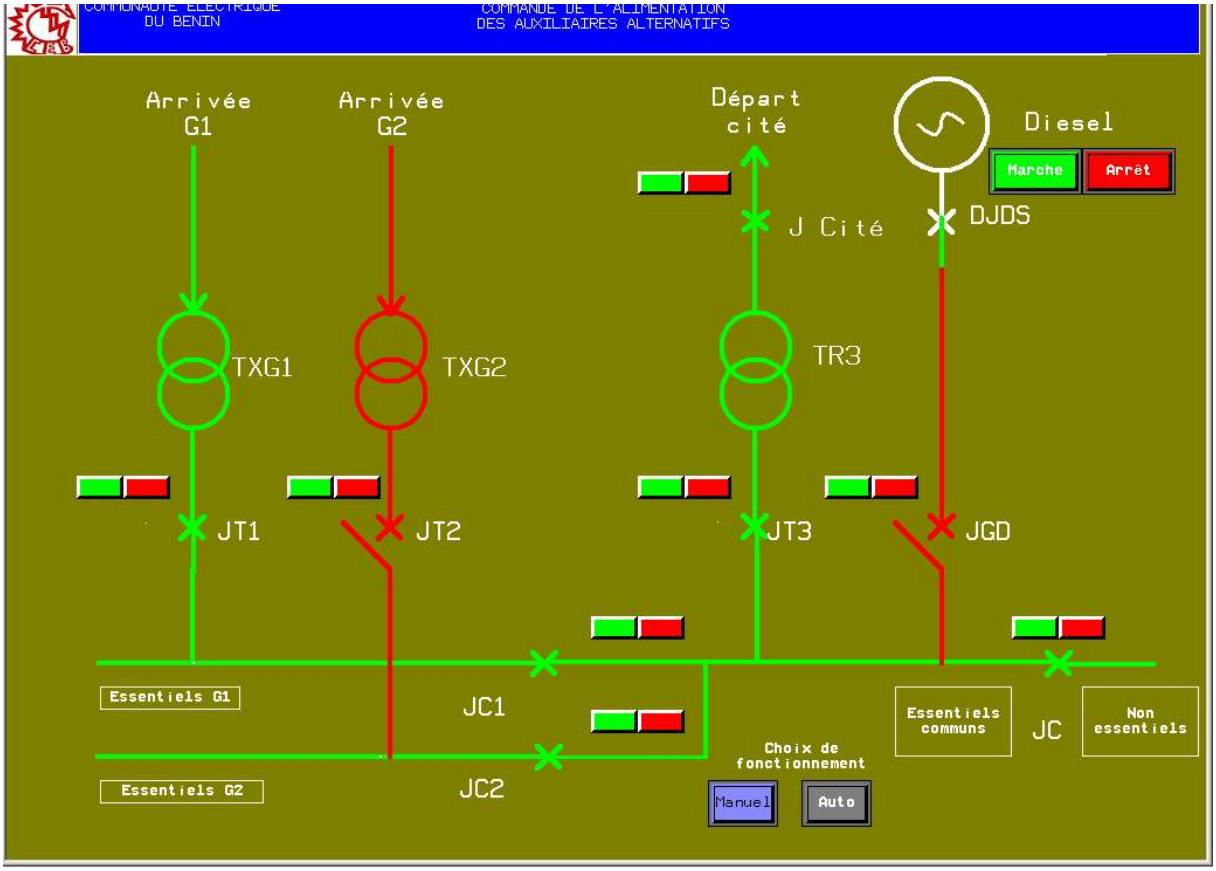

Figure 4.18 : Commande de J- Cité

4.5-Evaluation du coût du projet

Pour la réalisation d'un projet, il est important de faire un bilan économique de tous les matériels et ressources utilisés. Notons que les capteurs et les relais existant seront utilisés donc nous n'allons plus en tenir compte dans l'évaluation des coûts. Ainsi nous baserons notre étude économique sur :

- le coût du matériel utilisé ;
- le coût de la main d'œuvre ;
- le coût de l'étude du projet ;
- la taxe sur la valeur ajoutée (TVA) ;

- imprévu.

4.5.1- Evaluation du coût du matériel

Le coût du matériel a été évalué selon la désignation, la quantité et le prix unitaire. Le tableau 4.2 présente le coût total du matériel utilisé.

Tableau 4.2 : Coût total du matériel utilisé

Matériel	Désignation ou référence	Quantité	Prix unitaire (FCFA)	Montant total (FCFA)
Module processeur	BMX P34 2000	1	291.500	291.500
Module d'alimentation	BMX CPS 2000	1	271.580	217.580
Module d'entrées	BMX DAI 1604	3	236.720	710160
Module de sorties	BMX DAO 1605	3	102.920	308760
Module rack	BMX XBP 1200	1	284.683	284.683
Logiciel	UNITY PRO	1	1.067.650	1.067.650
Ordinateur	Pentium IV	1	250.000	250.000
Imprévus (17% du coût matériel)	-	-	-	532.156
Total	-	-	-	3.662.490

4.5.2- Coût de la main d'œuvre

L'estimation du cout de la main d'œuvre se résume dans le tableau 4.3.

Tableau 4.3 : Coût total de la main d'œuvre

Qualification	Taux horaire (FCFA)	Nombre total d'heure	Nombre d'agent	Montant total (FCFA)
Ingénieur des travaux	5.000	240	01	1.200.000
Agent exécutant	1.500	180	01	270.000
Total	-	-	-	1.470.000

4.5.3- Coût de l'étude du projet

Le coût de l'étude du projet est évalué dans le tableau 4.4.

Tableau 4.4 : Coût de l'étude du projet

Qualification de l'étudiant	Nombre d'heure pour l'étude	Tarif horaire (FCFA)	Montant total (FCFA)
Ingénieur des travaux	960	5.000	4.800.000

4.5.4- Taxe sur la valeur ajoutée (TVA)

Il est important de prévoir la taxe sur la valeur ajouté dans tout bilan économique d'un projet. Cette taxe est en fait une redevance à l'état et doit être incluse dans le coût du projet. Elle est fixée à 18% du coût total du projet hors taxes selon la réglementation fiscale du TOGO.

4.5.5- Coût total du projet

Le coût total est évalué dans le tableau 4.5.

Tableau4.5 : Coût total du projet

Coût du matériel	3.662.490 FCFA
Coût de la main d'œuvre	1.470.000 FCFA
Coût de l'étude du projet	4.800.000 FCFA
Taxe de valeur ajoutée (TVA)	1.187.848 FCFA
Coût total du projet (TTC)	**11.720.337 FCFA**

4.6- Conclusion

Ce projet sur lequel nous avons travaillé pendant des mois nous apermis de prendre connaissance avec de nouveaux logiciels. Il s'agit de Unity pro et de Vijeo Designer.

Le câblage du nouveau système de commande de l'automatisme de permutation des auxiliaires alternatifs de la CHN à partir de l'automate Modicon M340 n'a pas été réalisé mais la simulation avec Unity pro et Vijeo nous permet de conclure que sa réalisation peut se faire sans problème.

Ainsi ce projet prêt à être réalisé représentera un très grand atout pour la Centrale Hydroélectrique de Nangbéto qui est actuellement en phase de réhabilitation.

DISCUSSONS

Discussions

Au terme de ce projet nous avons relevé un certain nombre de questions qui vont faire l'objet de discussion dans cette partie.

A travers ce travail la solution viens d'être trouvée aux pannes qu'on a connu sur l'alimentation des auxiliaires. Un système souple à exploiter et sur lequel on peut ajouter d'autres systèmes. En effet la CHN est dans sa phase de réhabilitation et notre système pourra servir à ajouter d'autres; il suffit d'ajouter les modules d'entrées/sorties et les configurer.

Les équipements auxiliaires consomment beaucoup d'énergie. Sur ce point nous estimons qu'une étude devrait être faite dans le but de réduire cette consommation mais sans entraver le rôle qu'ils sont censé jouer.

L'état des groupes est un souci majeur pour nous; après 24 ans d'exploitation les groupes aussi commencent par présenter un certain nombre de pannes dont les fuites et les échauffements d'huile. Le nombre de ces défauts ne font qu'accroitre avec le vieillissement des groupes et donc leurs réhabilitations est aussi nécessaire sans quoi notre nouveau système n'aura pas sa raison d'être. Mais les dirigeant de la C.E.B ont très vite compris et ont entamés la réhabilitation de la centrale; a ce jour les régulateur de tension et de vitesse qui étaient en logique câblé ont étés remplacés. Ce qui nous rassure davantage que notre projet sera financé.

Au delà de tous ces aspects la C.E.B doit s'investir dans la création de nouvelles sources de production afin de mieux accompagner le Togo et le Benin dans leurs projets de développement. Ceci est très important car les demandes d'énergie ne font qu'accroitre et les investisseurs sont à la recherche des pays qui offrent les meilleurs atouts pour s'installer. Sur ce point nous ne conseillons pas les centrales thermiques à la C.E.B à cause de leurs couts d'exploitation très chers mais surtout à cause de leur émission de gaz à effet de sert. Un grand penseur n'avait pas déclaré : « Science sans conscience n'est que rune de l'âme ». Par contre nos deux pays disposent des conditions favorables pour l'installation des centrales solaires qui constituent à notre avis la meilleure source d'énergie pour l'avenir.

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Conclusion et perspectives

Ce projet nous a permis de nous investir dans l'automatisation de l'automatisme de permutation des auxiliaires alternatifs de la CHN afin de le rendre plus efficace et performant.

En effet, avec les nombreux dysfonctionnements enregistrés lors du fonctionnement du système existant, il est impératif de trouver une solution afin d'assurer la disponibilité permanente des groupes après les black-out.

Pour ce faire, dans un premier temps nous avons étudiéle fonctionnement de l'automatisme de permutation puis avons dégagé son schéma en LADDER ainsi que le nombre d'entrées/sorties du système. Cette phase d'étude nous a permis de choisir l'automate approprié avec ces accessoires pour réaliser un nouveau système plus fiable avec de nombreux avantages et qui va répondre au même principe de fonctionnement que l'existant. En clair, le nouveau système est moins encombrant (réduction du nombre de relais), facile à exploiter (possibilité de commander le système depuis un ordinateur ou l'IHM), facile à maintenir et à être modifier, il permet de suivre l'état des disjoncteurs depuis l'IHM, il donne la possibilité d'être mis en réseau avec les autres systèmes déjà réalisés.

Ce projet n'est pas réalisé mais nous allons le soumettre aux dirigeants de la CEB en vue de sa réalisation. Nos objectifssont bien atteints et notre satisfaction est totale car après cette étude nous avons augmenté nos connaissances en automatisme, aussi nous sommes désormais capable de configurer et d'exploiter les automates de MODICON M340.

Nous avons à travers ce projet mesurer l'importance des auxiliaires pour une centrale, aussi nous avons remarqué qu'ils consomment assez d'énergie (6 GWH en moyenne par jour), soit environ 4% de l'énergie produite par la CHN selon les bilans annuels publié par la CEB. Nous nous somme toute suite posé la question s'il ne serait pas possible de réduire cette consommation. Sur ce point un audit sur la consommation des auxiliaires s'avère nécessaire pour justifier cette vision.

Ce mémoire se veut aussi une solution pour toutes les entreprises confrontées aux problèmes de la logique câblée et désirent passer à la logique programmée.

BIBLIOGRAPHIE

Bibliographie

[1]Cours d'automatisme industriel de Mn PABYAM Sido, décembre 2010.

[2]Automs-catalogue, document de SARRAT INDUSTRIES sur les automates programmables, février 2011.

[3] Logiciel Unity Pro

[4] Logiciel Vijeo

[5] Rapport annuel 2009 de la C.E.B

ANNEXES

ANNEXE 1: DOCUMENT DES AUXILIAIRES

ANNEXE 2 : LES SHEMAS LADDER DU PROJET

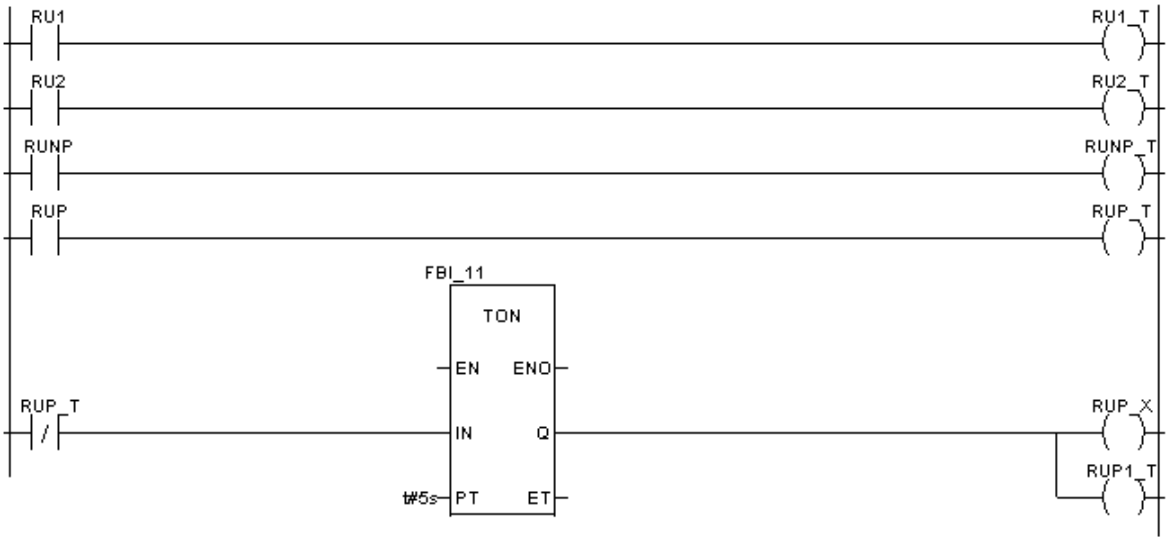

Figure : Contrôle tension 380 V(F314)

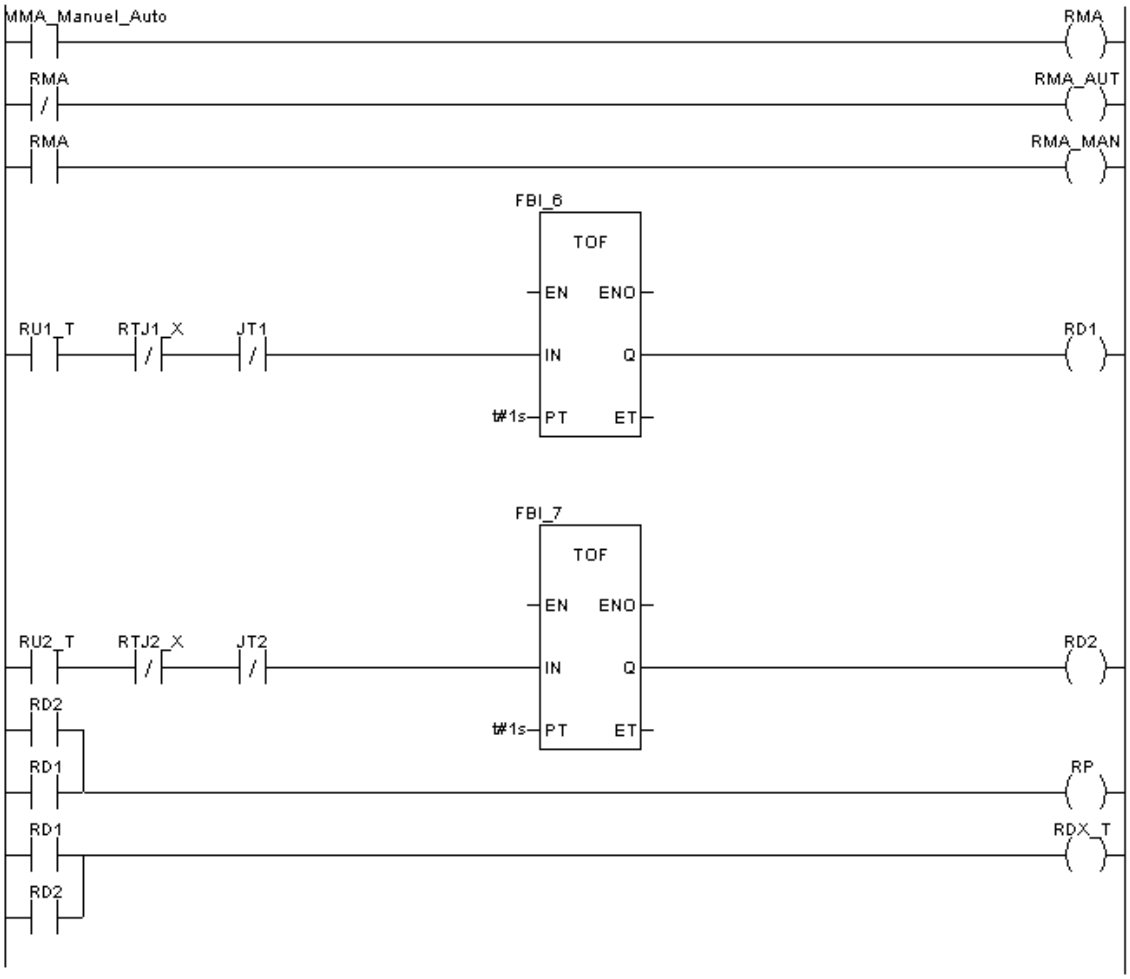

Schéma : Automatisme de permutation (F305)

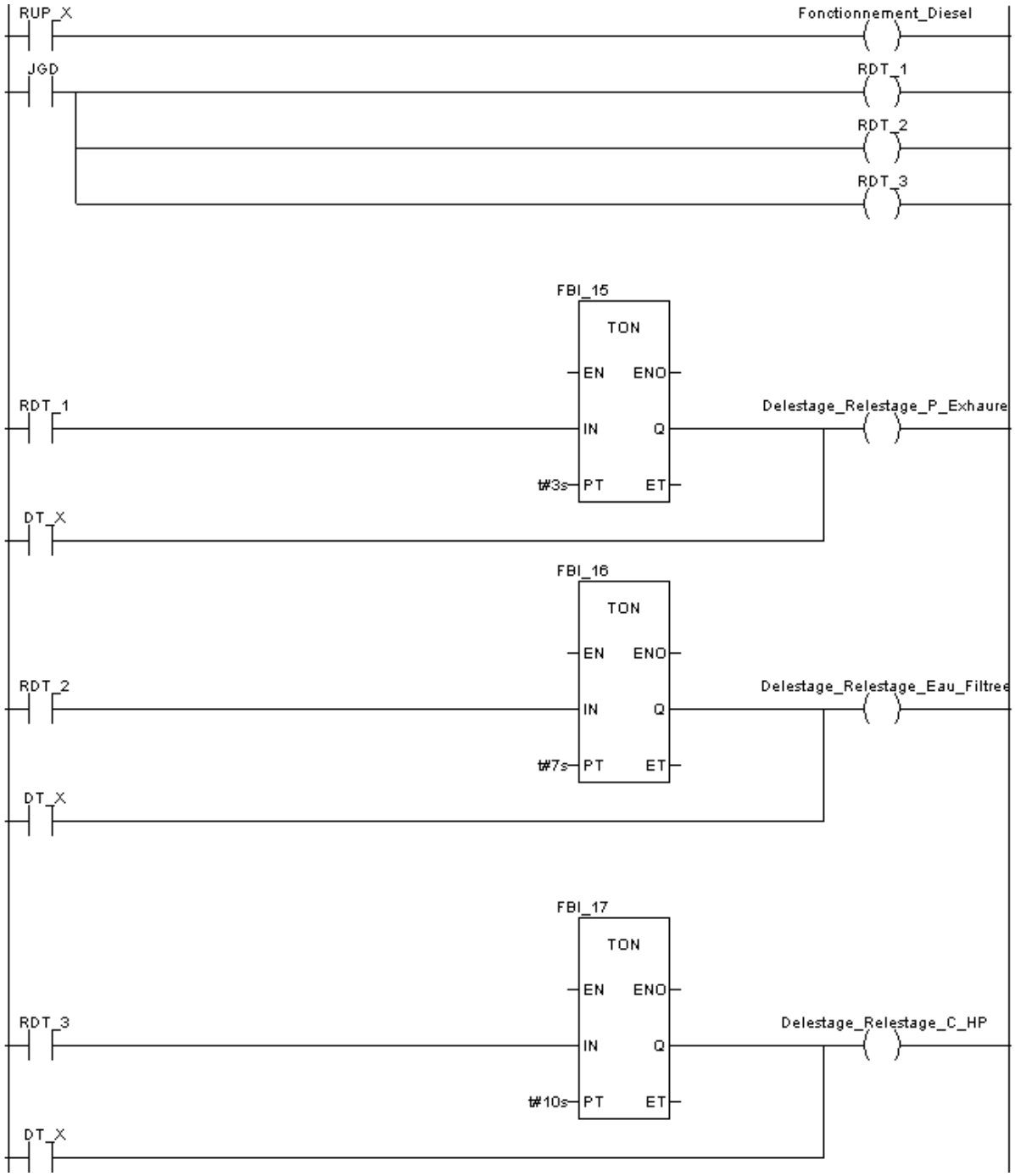

Schéma : délestage –relestage auxiliaires essentiels (F305B)

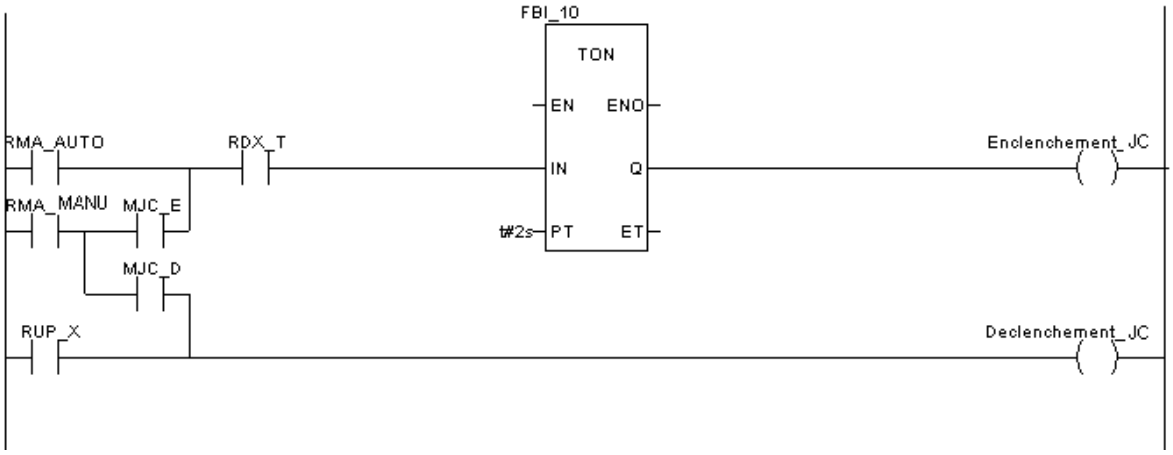

Schéma : Commande JC (F310)

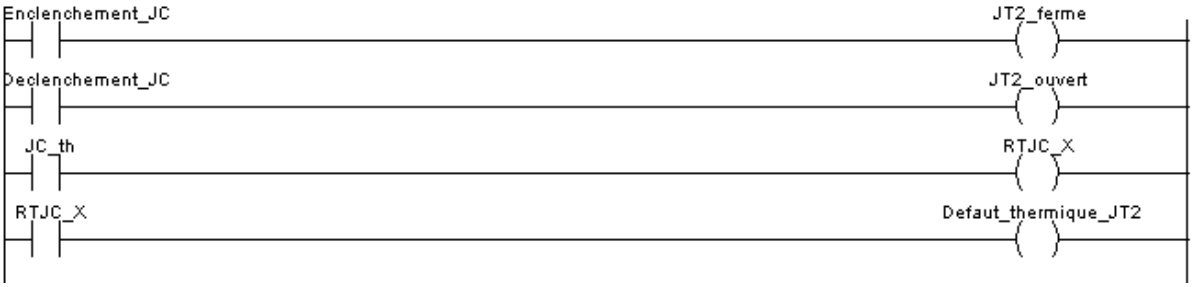

Schéma : Signalisation JC (F310A)

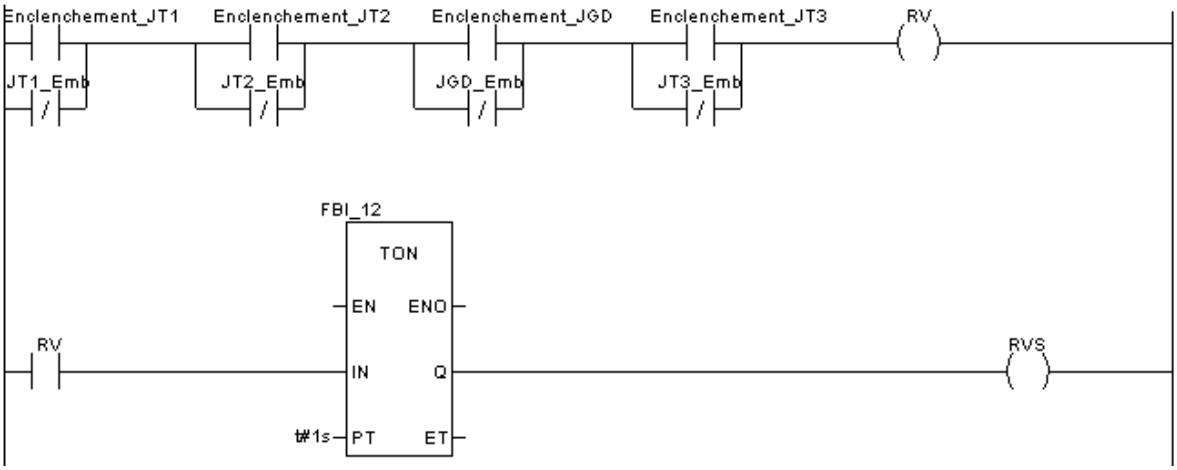

Schéma : Automatisme de permutation (F305A)

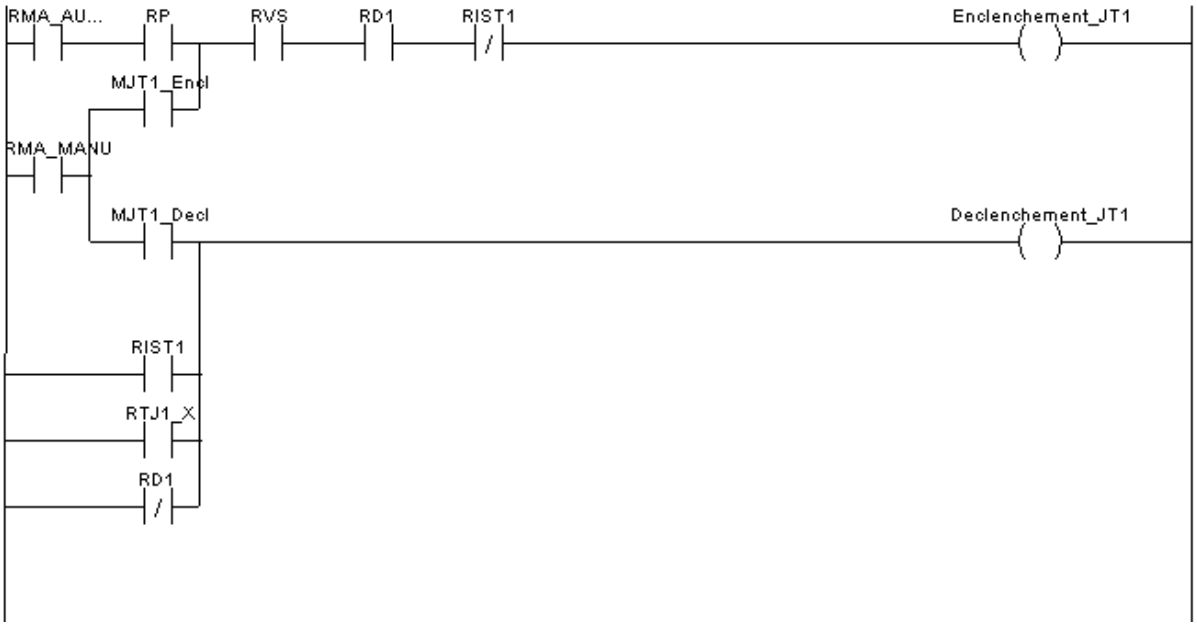

Schéma : Commande JT1 (F306)

Schéma : Signalisation JT1 (F306A)

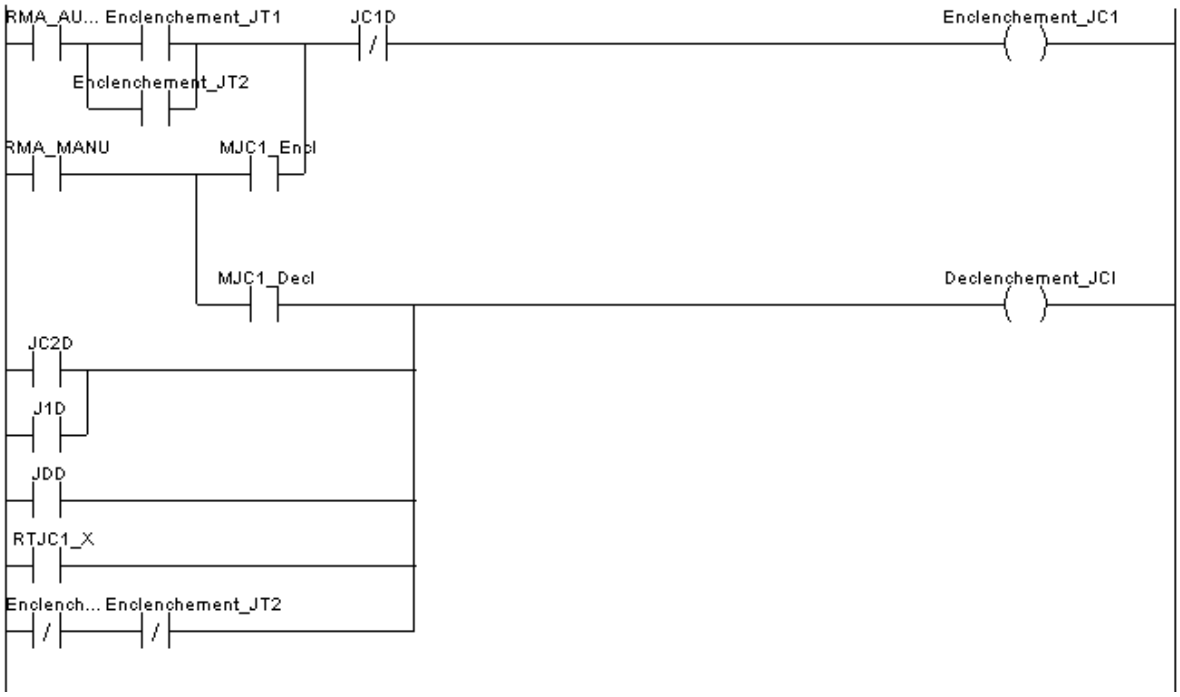

Schéma : Commande JC1 (F306B)

Schéma : Signalisation JC1 (F306C)

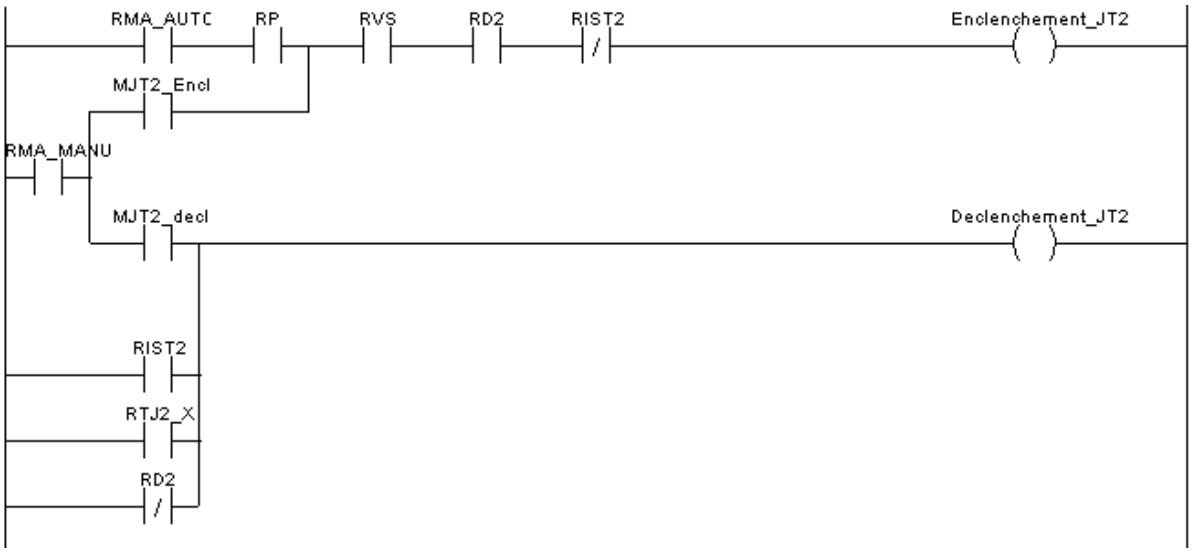

Schéma : Commande JT2 (F307)

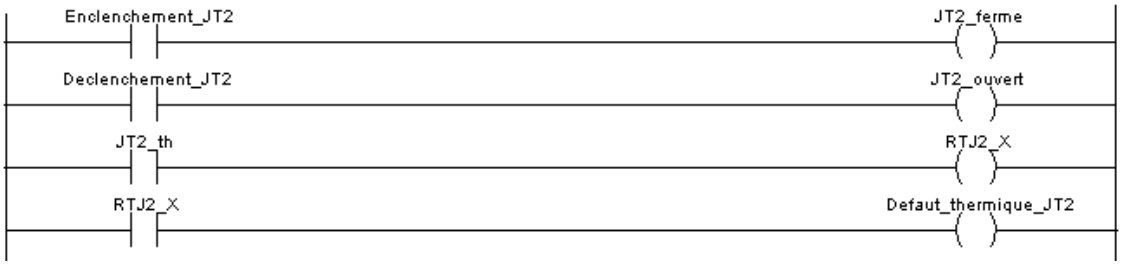

Schéma : Signalisation JT2 (F307A)

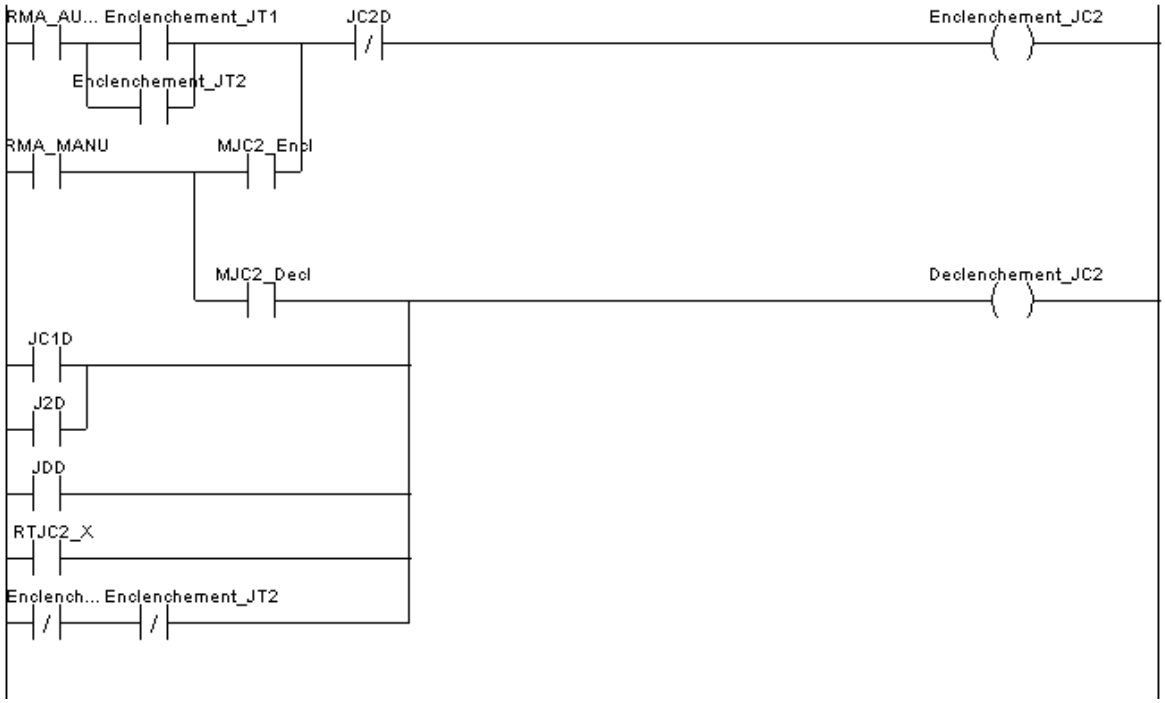

Schéma : Commande JC2 (F307B)

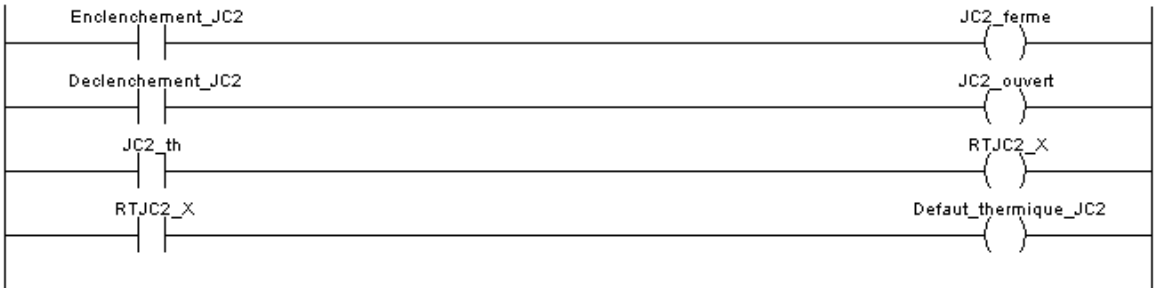

Schéma : Commande JC2 (F307C)

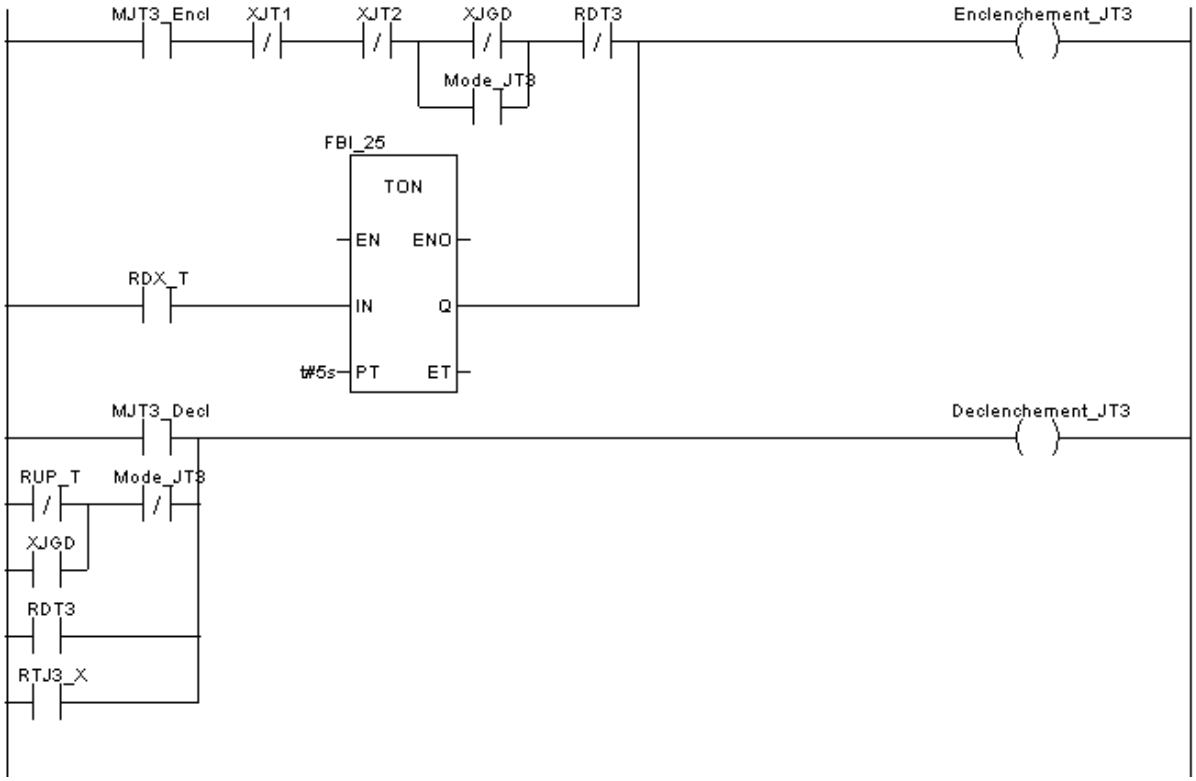

Schéma : Commande JT3 (F308)

Schéma : Signalisation JT3 (F308A)

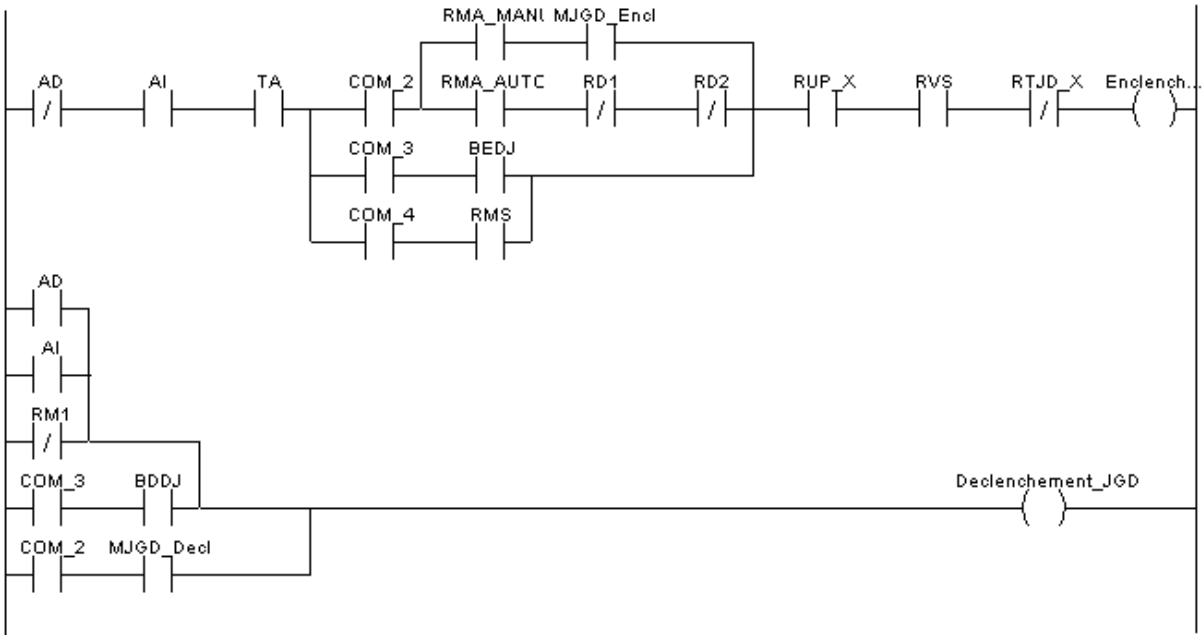

Schéma : Commande JGD (F309)

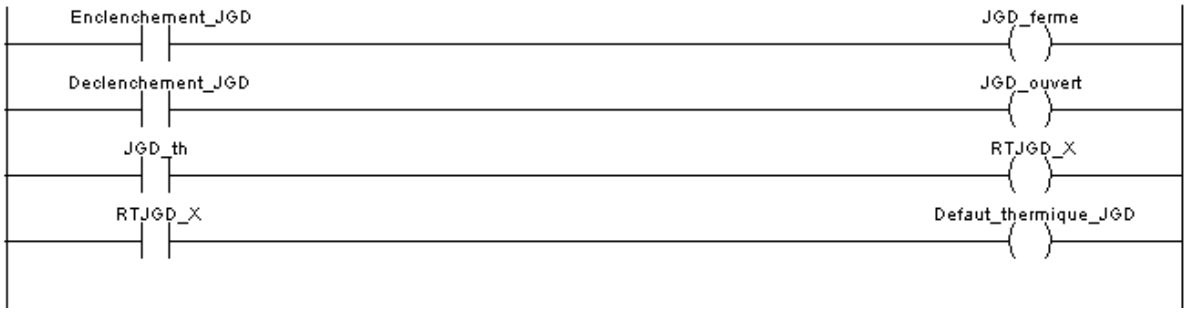

Schéma : Signalisation JGD (F309A)

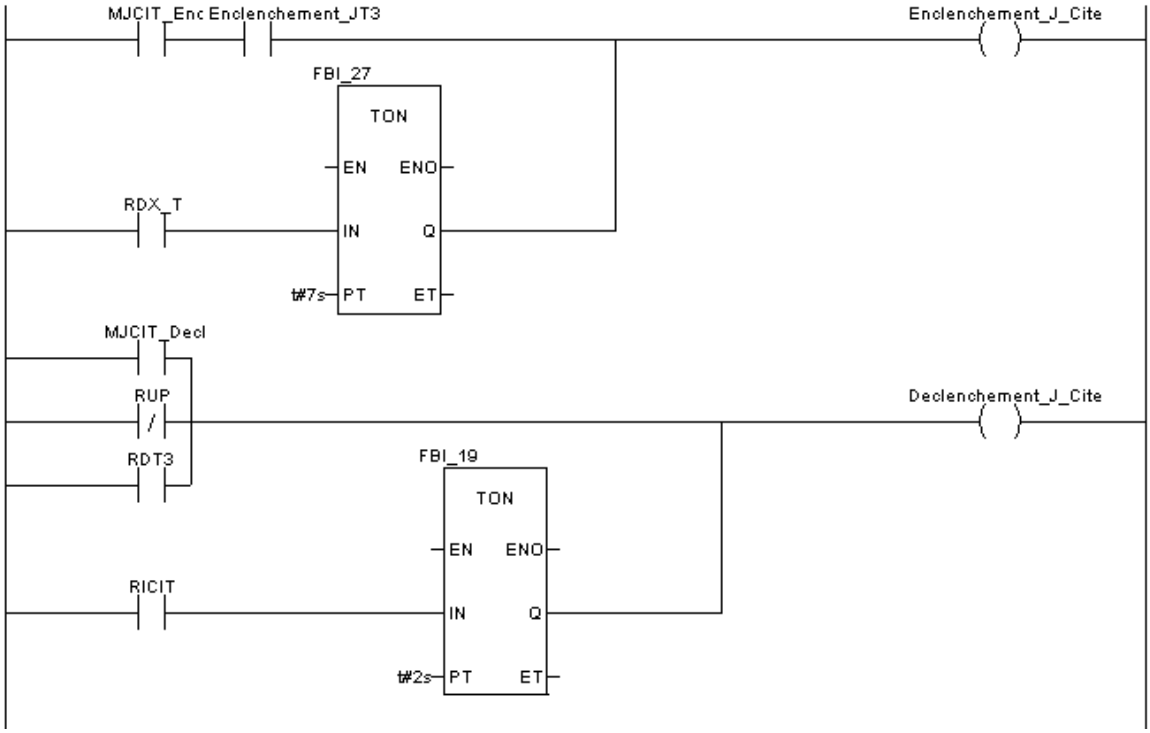

Schéma : Commande J-Cité (F313A)

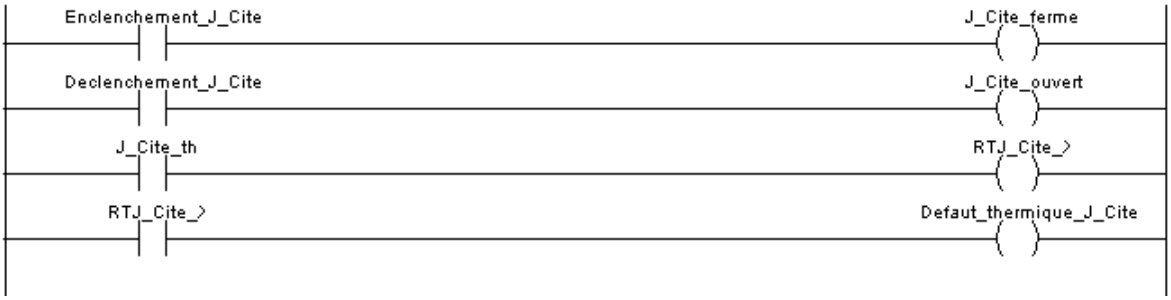

Schéma : Signalisation J-Cité (F313B)

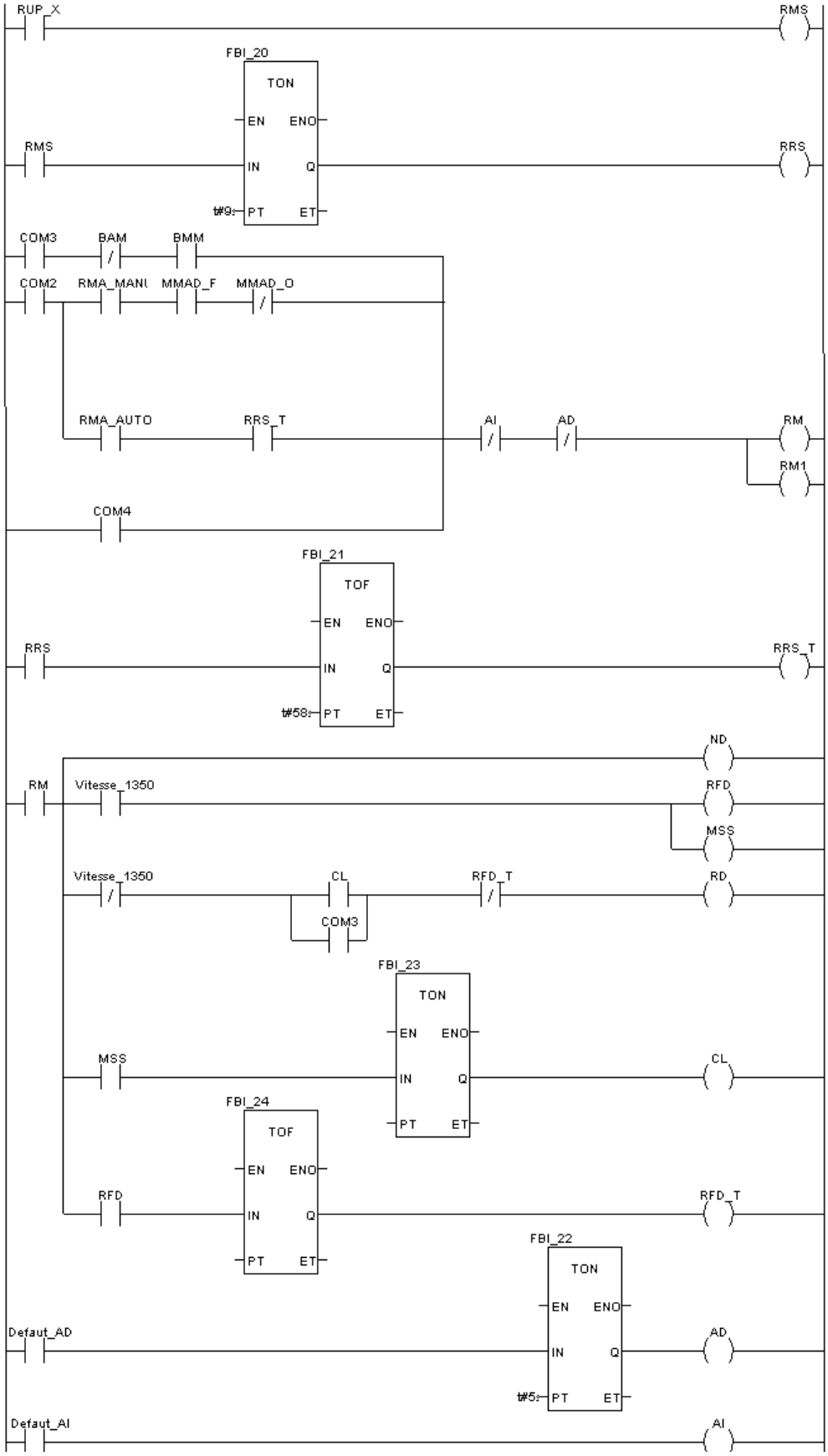

Schéma : Commande du Diésel (F807)

ANNEXE 3 : LES TABEAUX DES ENTREES ET SORTIES

Tableau 3.1 : Variables d'entrées

NOM	TYPE	COMMENTAIRE
J_Cite_th	BOOL	signalisation défaut thermique J_Cité
JC1_th	BOOL	signalisation défaut termique JC1
JC2_th	BOOL	signalisation défaut termique JC2
JC_th	BOOL	signalisation défaut termique JC
JGD_Emb	BOOL	fin de course embrochement JGD
JGD_th	BOOL	signalisation défaut thermique JGD
JT1_Emb	BOOL	fin de course embrochement JT1
JT1_th	BOOL	signalisation défaut thermique JT1
JT2_Emb	BOOL	fin de course embrochement JT2
JT2_th	BOOL	signalisation défaut thermique JT2
JT3_Emb	BOOL	fin de course embrochement JT3
JT3_th	BOOL	signalisation défaut thermique JT3
MJC1_Decl	BOOL	commutateur TPL
MJC1_Encl	BOOL	commutateur TPL
MJC2_Decl	BOOL	commutateur TPL
MJCIT_Decl	BOOL	commutateur TPL
MJT2_Decl	BOOL	commutateur TPL
MJT1_Decl	BOOL	commutateur TPL
MJC2_Encl	BOOL	commutateur TPL
MJC_D	BOOL	commutateur TPL
MJC_E	BOOL	commutateur TPL
MJCIT_Encl	BOOL	commutateur TPL
MJGD_Decl	BOOL	commutateur TPL
MJGD_Encl	BOOL	commutateur TPL
MJT1_Encl	BOOL	commutateur TPL
MJT2_Encl	BOOL	commutateur TPL
MJT3_Decl	BOOL	commutateur TPL
MJT3_Encl	BOOL	commutateur TPL
MMA_Auto	BOOL	Commutateur
MMA_Manuel	BOOL	Commutateur
Mode_JT30	BOOL	Commutateur
Mode_JT31	BOOL	Commutateur
RP	BOOL	relais bistable
RU1	BOOL	relais controle tension
RU2	BOOL	relais controle tension
RUNP	BOOL	relais controle tension
RUP	BOOL	relais controle tension
RICIT	BOOL	panier de protection

Tableau 3.2 : Variables de sorties

NOM	TYPE	COMMENTAIRE
J_Cite_ferme	BOOL	signalisation J_Cite_ferme
J_Cite_ouvert	BOOL	signalisation J_Cite_ouvert
JC1_ferme	BOOL	signalisation JC1 fermé
JC1_ouvert	BOOL	signalisation JC1 ouvert
JC2_ferme	BOOL	signalisation JC2 fermé
JC2_ouvert	BOOL	signalisation JC2 ouvert
JC_ferme	BOOL	signalisation JC fermé
JC_ouvert	BOOL	signalisation JC ouvert
JGD_ferme	BOOL	signalisation JGD fermé
JGD_ouvert	BOOL	signalisation JGD ouvert
JT1_ferme	BOOL	signalisation JT1 fermé
JT1_ouvert	BOOL	signalisation JT1 ouvert
JT2_ferme	BOOL	signalisation JT2 fermé
JT2_ouvert	BOOL	signalisation JT2 ouvert
JT3_ferme	BOOL	signalisation JT3 fermé
JT3_ouvert	BOOL	signalisation JT3 ouvert
Declenchement_J_Cite	BOOL	bobine de déclenchement J-Cité
Declenchement_JC	BOOL	bobine de déclenchement JC
Declenchement_JC1	BOOL	bobine de déclenchement JC1
Declenchement_JC2	BOOL	bobine de déclenchement JC2
Declenchement_JGD	BOOL	bobine de déclenchement JGD
Declenchement_JT2	BOOL	bobine de déclenchement JT2
Declenchement_JT1	BOOL	bobine de déclenchement JT1
Declenchement_JT3	BOOL	bobine de déclenchement JT3
Defaut_thermique_J_Cite	BOOL	signalisation défaut thermique
Defaut_thermique_JC1	BOOL	signalisation défaut thermique
Defaut_thermique_JC2	BOOL	signalisation défaut thermique
Defaut_thermique_JGD	BOOL	signalisation défaut thermique
Defaut_thermique_JT1	BOOL	signalisation défaut thermique
Defaut_thermique_JT2	BOOL	signalisation défaut thermique
Defaut_thermique_JT3	BOOL	signalisation défaut thermique
Defaut_thermique_JC	BOOL	signalisation défaut thermique
Enclenchement_J_Cite	BOOL	bobine d'enclenchement J-Cité
Enclenchement_JC	BOOL	bobine d'enclenchement JC
Enclenchement_JC1	BOOL	bobine d'enclenchement JC1
Enclenchement_JC2	BOOL	bobine d'enclenchement JC2
Enclenchement_JGD	BOOL	bobine d'enclenchement JGD
Enclenchement_JT1	BOOL	bobine d'enclenchement JT1

Enclenchement_JT2	BOOL	bobine d'enclenchement JT2
Enclenchement_JT3	BOOL	bobine d'enclenchement JT
RP	BOOL	relais bistable

Tableau 3.8 : Adressage des variables d'entrées

NOM	TYPE	ADRESSE	COMMENTAIRE
J_Cite_th	BOOL	%I0.0.0	signalisation défaut thermique J_Cité
JC1_th	BOOL	%I0.0.1	signalisation défaut termique JC1
JC2_th	BOOL	%I0.0.2	signalisation défaut termique JC2
JC_th	BOOL	%I0.0.3	signalisation défaut termique JC
JGD_Emb	BOOL	%I0.0.4	fin de course embrochement JGD
JGD_th	BOOL	%I0.0.5	signalisation défaut thermique JGD
JT1_Emb	BOOL	%I0.0.6	fin de course embrochement JT1
JT1_th	BOOL	%I0.0.7	signalisation défaut thermique JT1
JT2_Emb	BOOL	%I0.0.8	fin de course embrochement JT2
JT2_th	BOOL	%I0.0.9	signalisation défaut thermique JT2
JT3_Emb	BOOL	%I0.0.10	fin de course embrochement JT3
JT3_th	BOOL	%I0.0.11	signalisation défaut thermique JT3
MJC1_Decl	BOOL	%I0.0.12	commutateur TPL
MJC1_Encl	BOOL	%I0.0.13	commutateur TPL
MJC2_Decl	BOOL	%I0.0.14	commutateur TPL
MJCIT_Decl	BOOL	%I0.0.15	commutateur TPL
MJT2_Decl	BOOL	%I0.1.0	commutateur TPL
MJT1_Decl	BOOL	%I0.1.1	commutateur TPL
MJC2_Encl	BOOL	%I0.1.2	commutateur TPL
MJC_D	BOOL	%I0.1.3	commutateur TPL
MJC_E	BOOL	%I0.1.4	commutateur TPL
MJCIT_Encl	BOOL	%I0.1.5	commutateur TPL
MJGD_Decl	BOOL	%I0.1.6	commutateur TPL
MJGD_Encl	BOOL	%I0.1.7	commutateur TPL
MJT1_Encl	BOOL	%I0.1.8	commutateur TPL
MJT2_Encl	BOOL	%I0.1.9	commutateur TPL
MJT3_Decl	BOOL	%I0.1.10	commutateur TPL
MJT3_Encl	BOOL	%I0.1.11	commutateur TPL
MMA_Auto	BOOL	%I0.1.12	Commutateur
MMA_Manuel	BOOL	%I0.1.13	Commutateur
Mode_JT30	BOOL	%I0.1.14	Commutateur
Mode_JT31	BOOL	%I0.1.15	Commutateur
RP	BOOL	%I0.2.0	relais bistable
RU1	BOOL	%I0.2.1	relais controle tension
RU2	BOOL	%I0.2.2	relais controle tension

RUNP	BOOL	%I0.2.3	relais controle tension
RUP	BOOL	%I0.2.4	relais controle tension
RICIT	BOOL	%I0.2.5	panier de protection

Tableau 3.9 : Adressage des variables de sorties

NOM	TYPE	ADRESSE	COMMENTAIRE
J_Cite_ferme	BOOL	%Q0.3.0	signalisation J_Cite_ferme
J_Cite_ouvert	BOOL	%Q0.3.1	signalisation J_Cite_ouvert
JC1_ferme	BOOL	%Q0.3.2	signalisation JC1 fermé
JC1_ouvert	BOOL	%Q0.3.3	signalisation JC1 ouvert
JC2_ferme	BOOL	%Q0.3.4	signalisation JC2 fermé
JC2_ouvert	BOOL	%Q0.3.5	signalisation JC2 ouvert
JC_ferme	BOOL	%Q0.3.6	signalisation JC fermé
JC_ouvert	BOOL	%Q0.3.7	signalisation JC ouvert
JGD_ferme	BOOL	%Q0.3.8	signalisation JGD fermé
JGD_ouvert	BOOL	%Q0.3.9	signalisation JGD ouvert
JT1_ferme	BOOL	%Q0.3.10	signalisation JT1 fermé
JT1_ouvert	BOOL	%Q0.3.11	signalisation JT1 ouvert
JT2_ferme	BOOL	%Q0.3.12	signalisation JT2 fermé
JT2_ouvert	BOOL	%Q0.3.13	signalisation JT2 ouvert
JT3_ferme	BOOL	%Q0.3.14	signalisation JT3 fermé
JT3_ouvert	BOOL	%Q0.4.0	signalisation JT3 ouvert
Declenchement_J_Cite	BOOL	%Q0.4.1	bobine de déclenchement J-Cité
Declenchement_JC	BOOL	%Q0.4.2	bobine de déclenchement JC
Declenchement_JC1	BOOL	%Q0.4.3	bobine de déclenchement JC1
Declenchement_JC2	BOOL	%Q0.4.4	bobine de déclenchement JC2
Declenchement_JGD	BOOL	%Q0.4.5	bobine de déclenchement JGD
Declenchement_JT2	BOOL	%Q0.4.6	bobine de déclenchement JT2
Declenchement_JT1	BOOL	%Q0.4.7	bobine de déclenchement JT1
Declenchement_JT3	BOOL	%Q0.4.8	bobine de déclenchement JT3
Defaut_thermique_J_Cite	BOOL	%Q0.4.9	signalisation défaut thermique
Defaut_thermique_JC1	BOOL	%Q0.4.10	signalisation défaut thermique
Defaut_thermique_JC2	BOOL	%Q0.4.11	signalisation défaut thermique
Defaut_thermique_JGD	BOOL	%Q0.4.12	signalisation défaut thermique
Defaut_thermique_JT1	BOOL	%Q0.4.13	signalisation défaut thermique
Defaut_thermique_JT2	BOOL	%Q0.4.14	signalisation défaut thermique
Defaut_thermique_JT3	BOOL	%Q0.4.15	signalisation défaut thermique
Defaut_thermique_JC	BOOL	%Q0.5.0	signalisation défaut thermique
Enclenchement_J_Cite	BOOL	%Q0.5.1	bobine d'enclenchement J-Cité

Enclenchement_JC	BOOL	%Q0.5.2	bobine d'enclenchement JC
Enclenchement_JC1	BOOL	%Q0.5.3	bobine d'enclenchement JC1
Enclenchement_JC2	BOOL	%Q0.5.4	bobine d'enclenchement JC2
Enclenchement_JGD	BOOL	%Q0.5.5	bobine d'enclenchement JGD
Enclenchement_JT1	BOOL	%Q0.5.6	bobine d'enclenchement JT1
Enclenchement_JT2	BOOL	%Q0.5.7	bobine d'enclenchement JT2
Enclenchement_JT3	BOOL	%Q0.5.8	bobine d'enclenchement JT
RP	BOOL	%Q0.5.9	relais bistable

ANNEXE 4 : LES TABEAUX DES CARACTERISTIQUES DES API

Tableau3.3 : Caractéristiques du processeur BMX P34 1000

Nombre de racks	1
Nb d'emplacements maxi pour processeur et modules	12
Nb maximal E/S TOR	512
Nb maximal E/S analogiques	128
Nb maximal Voies de comptage	20
Mémoire RAM	2048 Ko

Tableau 3.4 : Caractéristiques du module BMX CPS 2000

Primaire	Tension	Nominale	~ 100…240 V
		Limite	~ 85…264 V
	Fréquence nominale/limite		50-60/47-63 Hz
	Puissance apparente		70 VA
	Courant nominal d'entrée		0,61 à ~ 115 V; 0,31 à ~ 240 V
Secondaire	Puissance utile	Maxi globale	20 W
		Maxi sur tensions de sortie rack ⎓3,3 V et ⎓ 24 V	16,5 W

	Tension⎓ 3,3 V	Tension nominale	3,3 V
		Courant nominal	2,5 A
		Puissance	8,25 W
	Tension ⎓ 24 V rack	Tension nominale	24 V
		Courant nominal	0,7 A
		Puissance	16,8 W
	Tension ⎓ 24 V capteurs	Tension nominale	24 V
		Courant nominal	0,45
		Puissance	10,8 W
Puissance dissipée maxi			8,5 W

Tableau 3.5 : Caractéristiques du module BMX DAI 1604

Nombres d'entrées			16
Valeurs nominales d'entrées	Tension		~ 100…120 V
	Courant		5 mA
	Fréquence		50/60 Hz
Valeurs limites d'entrées	A l'état 1	Tension	≥ 74 V
		Courant	≥ 2.5 mA
	A l'état 0	Tension	≤ 20 V
		Courant	≤ 1 mA
	Fréquence		47..63 Hz
	Alimentation des capteurs		85…132 V

Tableau 3.6 : Caractéristiques du module BMX DAO 1605

Nombres d'entrées		8
Tension limite d'emploie	Continue	10…34 V
	Alternatif	10…264 V
Courant thermique		3 A

Charge de commutation	Minimum	1 sous ⎓ 5 V

Tableau 3.7 : Adresse des modules en fonction du rack

référence du rack	Nombre d'emplacements disponibles pour les modules	Adresse des modules
BMX XBP 0400	4	00 – 03
BMX XBP 0600	6	00 – 05
BMX XBP 0800	8	00 – 07
BMX XBP 1200	12	00 – 11