



**AVANT-PROJET DE RENOVATION DES  
AUTOMATISMES DES 4 GROUPES TURBO-  
ALTERNATEURS D'UNE CENTRALE HYDRAULIQUE  
SITUEE A KINGUELE, AU GABON : CAS DE LA  
SUPERVISION**

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU  
**MASTER EN GENIE ELECTRIQUE ET ENERGETIQUE**  
OPTION : ENERGETIQUE ET PROCEDES INDUSTRIELS

---

Présenté et soutenu publiquement le 26 Juin 2017 par

**Esther Grâce MVOMO NKE**

Travaux encadrés par :

**Ing. Jean-Claude POUGET**, *Superviseur technique de MES International*  
**Ing. Henri KOTTIN**, *Ingénieur de recherche 2iE*  
**Dr Daniel YAMEGUEU**, *Professeur assistant 2iE*

Jury d'évaluation du stage :

Président : Dr Ahmed BAGRE

Membres et correcteurs : Ing. Jean-Claude POUGET  
Dr Marie SAWADOGO  
Dr Daniel YAMEGUEU

**Promotion [2015/2016]**



*Labor improbus omnia vincit*

*A une mère et une sœur parties trop tôt*

## Remerciements

Je tiens à remercier de façon générale toutes les personnes qui ont, de près ou de loin, contribué au bon déroulement de ce stage de master d'ingénierie.

Je ne saurais commencer sans adresser mes remerciements les plus sincères à Monsieur Djibrilla MAIGA, Directeur Général de MES INTERNATIONAL, pour m'avoir accepté en tant que stagiaire et pour avoir veillé à mon insertion au sein de son entreprise tout au long de ce stage.

Ma profonde gratitude va également à l'endroit de mon encadreur professionnel, Monsieur Jean-Claude POUGET, pour son accueil, son hébergement et son encadrement. Il a été plus qu'un encadreur et ce stage n'aurait pas été possible sans son soutien.

Je tiens à témoigner toute ma reconnaissance à deux de mes enseignants, Dr Daniel YAMEGUEU, Chef du LESEE, pour avoir accepté d'encadrer mes travaux de mémoire et à Monsieur Henri KOTTIN Ingénieur-chercheur au LESEE, qui a su, tout au long de ces deux années de master, insuffler en moi le désir d'apprendre l'automatisme.

Je ne saurais continuer sans exprimer ma reconnaissance au personnel de MES INTERNATIONAL, pour leur assistance et leur disponibilité sans faille.

Je remercie par la suite tout le corps administratif et enseignant de l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et l'Environnement, pour la formation de qualité qu'ils se sont évertués à me donner.

Je terminerai cette liste en remerciant du plus profond de mon cœur mes frères et sœurs, sans qui je ne serai ici à ce jour. Merci pour leur soutien inconditionnel durant tout le parcours de ma formation.

## RESUME

Notre stage de master d'ingénierie en génie énergétique et électrique, option génie énergétique et procédés industriels a porté sur le thème « AVANT-PROJET DE RENOVATION DES AUTOMATISMES D'UNE CENTRALE HYDROELECTRIQUE : CAS DE LA SUPERVISION ». Il a été question durant ces travaux de proposer une nouvelle architecture des automatismes de la centrale, puis de développer une application de supervision, afin de pouvoir assurer le contrôle-commande des quatre groupes turbines-alternateurs constituant la centrale hydroélectrique de Kinguélé. C'est ainsi qu'en partant de l'analyse de l'existant des automatismes, nous avons pu dégager ses contraintes d'exploitations actuelles, et opté pour l'installation d'automates *M580 Unity de Schneider Electric*, sous réseau *Ethernet*. Pendant l'étude du réseau d'automates, nous avons rédigé l'analyse fonctionnelle et mis à jour les grafkets de marche/arrêt des groupes de la centrale, conformément au cahier de charge du client; par la suite, nous avons dressé la liste des entrées/sorties des automates ; de là, défini la configuration de nos API et finalement dressé un organigramme de la supervision de la centrale. Pour terminer, nous avons développé l'application de supervision sur *Vijeo Citect*, avec le souci majeur de dissocier notre application de supervision de l'application automate de fonctionnement des groupes. Après avoir effectué et réussi nos simulations, il ressort que, pour un fonctionnement efficace de la centrale, il serait indiqué de justement dissocier ces deux applications, de façon à ce que si une panne survient au niveau du superviseur, la continuité de production énergétique continue d'être assurée par le programme automate, et vice-versa.

### Mots-clés :

1. Analyse fonctionnelle
2. Architecture d'automatismes
3. Centrale hydroélectrique
4. Grafket
5. Supervision

## ABSTRACT

Our training course of master of engineering in energy and electricity, in the option of energetics and industrial processes carried on the topic « PRELIMINARY DRAFT OF RENOVATION OF THE AUTOMATISMS OF AN HYDROELECTRIC POWER STATION : CASE OF THE SUPERVISION ». During this work, It was about proposing a new architecture of the automatisms of the power station, then develop an application of supervision, in order to be able to ensure the control of the four turbine-alternators groups constituting the hydroelectric power station of Kinguélé. Thus on the basis of the analysis of existing automatisms, we could release its constraints of current exploitations, and chose to install the automats *M580 Unity of Schneider Electric* under *Ethernet network*. During the study of the network of automat, we wrote the functional analysis and updated the grafkets of turn on/off of the groups of the power station, in accordance with the specifications of the customer; thereafter, we drew up the list of the inputs/outputs of the automat; from there, definite the configuration of our API and finally drawn up a flow chart of the supervision of the power station. To finish, we developed the application of supervision on *Vijeo Citect*, with the major concern to dissociate our application of supervision of the automat application of operation of the groups. After having carried out and make a success of our simulations, it arises that, for an effective operation of the power station, it would be indicated to precisely dissociate these two applications, so that if a breakdown occurs on the level of the supervisor, the continuity of the energy production will continue to be ensured by the automat program , and vice versa.

### **Key words :**

1. Functional analysis
2. Structure of automatisms
3. Hydroelectric power station
4. Grafcet
5. Supervision

## Table des matières

|  |     |
|--|-----|
| Remerciements.....   | iv  |
| RESUME .....   | v   |
| ABSTRACT.....  | vi  |
| Table des matières.....  | vii |
| Liste des abréviations.....  | ix  |
| Liste des figures .....  | x   |
| Liste des tableaux.....  | xi  |
| Introduction.....  | 1   |
| Chapitre 1 : PRESENTATION DE L'ENTREPRISE ET DU PROJET .....                     | 2   |
| I. Présentation de l'entreprise.....   | 2   |
| I.1 Cadre juridique et institutionnel.....                                       | 2   |
| I.2 Domaines d'interventions et activités .....                                  | 2   |
| I.3 Présentation du service de stage.....  | 2   |
| II. Présentation du projet et de notre mission .....                             | 3   |
| II. 1 Etat de l'existant et justification du projet .....                        | 3   |
| II. 2 Contraintes d'exploitation actuelles.....                                  | 5   |
| II. 3 Présentation et objectifs de notre mission.....                            | 5   |
| Chapitre 2 : ANALYSE DU PROJET, METHODOLOGIE DE CONCEPTION ET<br>MATERIELS ..... | 6   |
| I. Etat des lieux de la documentation projet.....                                | 6   |
| II. Généralités sur la supervision .....   | 7   |
| II. 1 Définition .....   | 7   |
| II. 2 Rôle de la supervision et concept CIM .....                                | 7   |
| II. 3 La supervision dans l'architecture des systèmes automatisés.....           | 8   |
| III. Architectures de l'automatisme de la centrale.....                          | 9   |
| III. 1 Partie opérative : groupes turbo-alternateurs.....                        | 9   |
| III. 2 Partie commande : Programme automate et logiciel de supervision.....      | 12  |
| III.2.1 Architecture logicielle actuelle de la centrale.....                     | 12  |
| III.2.2 Architecture logicielle à installer après la rénovation.....             | 12  |
| IV. Méthodologie et logiciels de conception .....                                | 14  |
| IV. 1 Méthodologie.....  | 14  |
| IV. 2 Logiciels .....  | 14  |

|   |   |    |
|---|---|----|
| IV.2.1  | OPC Factory Server .....  | 15 |
| IV.2.2  | Vijeo Citect .....  | 16 |
| Chapitre 3 : APPLICATION DE LA METHODOLOGIE ..... |   | 17 |
| I.  | Etude du réseau d'automates et de l'analyse fonctionnelle .....           | 17 |
| I.1   | Réseau d'automates .....  | 17 |
| I.2   | Analyse fonctionnelle .....   | 18 |
| I.2.1   | Fonctionnement et modes de conduite .....                                 | 18 |
| I.2.2   | Description exhaustive des fonctions des groupes .....                    | 27 |
| II.   | Configuration des automates .....   | 29 |
| II. 1   | Choix des automates .....   | 29 |
| II. 2   | Elaboration de la liste des entrées et sorties .....                      | 30 |
| II.2.1  | Liste des entrées TOR (Tout Ou Rien) .....                                | 30 |
| II.2.2  | Liste des entrées ANALOGIQUES .....                                       | 35 |
| II.2.3  | Liste des sorties TOR .....   | 35 |
| II.2.4  | Liste des sorties ANALOGIQUES .....                                       | 37 |
| III.  | Choix du processeur .....   | 38 |
| IV.   | Choix de l'alimentation, des racks et du coupleur .....                   | 38 |
| III.  | Traitement des données et architecture logicielle de la supervision ..... | 41 |
| III. 1  | Modèle de l'application .....   | 41 |
| III. 2  | Organigramme de notre supervision .....                                   | 41 |
| IV.   | Conception de l'application .....   | 43 |
| IV. 1   | Création du projet .....  | 43 |
| IV. 2   | Configuration de la communication .....                                   | 43 |
| IV. 3   | Création des pages de supervision .....                                   | 44 |
| Chapitre 4 : SIMULATION .....                     |   | 48 |
| I.  | Hypothèses de simulation .....  | 48 |
| II.   | Définition des variables locales .....                                    | 48 |
| III.  | Résultats des simulations et interprétations .....                        | 50 |
| Conclusion .....                                  |   | 52 |
| Bibliographie .....                               |   | 53 |
| Annexes .....                                     |   | 54 |
| Chapitre I .....                                  |   | 54 |
| Chapitre III .....                                |   | 55 |

## Liste des abréviations

**APCK** : Automate Programmable de Conduite de Kinguélé

**APG** : Automate Programmable de Groupe

**API** : Automate Programmable Industriel

**BIT** : Unité binaire pour une quantité d'informations pouvant représenter deux valeurs distinctes (ou états distincts) : 0 ou 1.

**BOOL** : booléen.

**CEI** : Commission Electrotechnique Internationale

**CIM** : Concept Intergrated Manufacturing

**DFB** : Derived Function Block (bloc fonction dérivé).

**EBOOL** : Extended BOOLean (booléen étendu).

**EN** : European Normalization

**FBD** : Function Block Diagram (langage en blocs fonctionnels).

**IEC 61131-3** : Standard international sur les commandes de logique programmable, Partie 3 sur les langages de programmation.

**IHM** : Interface Homme Machine

**LD** : Ladder Diagram (langage schéma à contacts)

**MES** : Mali Electricité Services

**MTBF** : Mean Time Before Failure

**OFS** : OPC Factory Server

**RIC** : Réseau Inter Connecté

**SCADA** : Supervisory Control And Data Aquisition

**SEEG** : Société d'Eau et d'Electricité du Gabon

**SFC** : Sequential Function Chart (diagramme fonctionnel en séquence). SFC ou Grafcet.

**TOR** : Tout Ou Rien

## Liste des figures

|  |    |
|--|----|
| Figure 1 : Architecture globale de la centrale .....                                   | 4  |
| Figure 2 : Pyramide CIM .....  | 7  |
| Figure 3 : Architecture d'un système automatisé .....                                  | 8  |
| Figure 4 : Caractéristiques électriques du groupe turbo-alternateur de 24 MVA.....     | 10 |
| Figure 5 : Photographie des 4 groupes turbine-alternateur de la centrale.....          | 9  |
| Figure 6 : Architecture de l'installation électrique .....                             | 11 |
| Figure 7 : Architecture logicielle actuelle de la centrale .....                       | 12 |
| Figure 8 : Architecture logicielle à installer .....                                   | 13 |
| Figure 9 : Interaction entre OFS et Vijeo Citect.....                                  | 15 |
| Figure 10 : Communication entre OFS et Vijeo Citect.....                               | 16 |
| Figure 11 : Réseau d'automates de la centrale.....                                     | 17 |
| Figure 12 : Grafcet de conduite .....  | 19 |
| Figure 13 : Grafcet de mode de marche normale.....                                     | 21 |
| Figure 14 : Grafcet de mode d'arrêt normal .....                                       | 24 |
| Figure 15 : Grafcet de mode d'arrêt sur DH.....  | 24 |
| Figure 16 : Grafcet de mode d'arrêt sur DE .....                                       | 25 |
| Figure 17 : Grafcet de mode d'arrêt sur DB .....                                       | 26 |
| Figure 18 : Automate M580 Unity.....   | 29 |
| Figure 19 : Configuration de l'automate.....   | 40 |
| Figure 20 : Création du projet.....  | 43 |
| Figure 21 : Page 1 du superviseur: « accueil » .....                                   | 45 |
| Figure 22 : Page 2 du superviseur « Choix de mode de conduite ».....                   | 45 |
| Figure 23 : Page 3 du superviseur « Types de procédures et alarmes » .....             | 46 |
| Figure 24 : Page 4 du superviseur « Etapes des différentes procédures » .....          | 47 |
| Figure 25 : Simulation de la page 2 de notre application .....                         | 50 |
| Figure 26 : Extrait du RIC de Libreville.....  | 54 |
| Figure 27 : Agencement des différentes fonctions de chaque groupe turbo-alternateur .. | 55 |
| Figure 28 : Fiche technique de l'automate M580 .....                                   | 57 |
| Figure 29 : Caractéristiques du module d'alimentation.....                             | 58 |

## Liste des tableaux

|  |    |
|--|----|
| Tableau 1 : Caractéristiques électriques du groupe turbo-alternateur de 24 MVA ..... | 10 |
| Tableau 2 : Légende du grafcet de marche normale .....                               | 22 |
| Tableau 3 : Liste des entrées TOR .....  | 30 |
| Tableau 4 : Liste des Entrées ANA .....  | 35 |
| Tableau 5 : Liste des sorties TOR .....  | 36 |
| Tableau 6 : Liste des sorties ANA .....  | 37 |
| Tableau 7 : Caractéristiques de câbles pour les sorties ANA .....                    | 38 |
| Tableau 8 : Bilan de consommation de l'automate .....                                | 39 |
| Tableau 9 : Configuration de l'automate .....  | 40 |
| Tableau 10 : Organigramme de la supervision .....                                    | 42 |
| Tableau 11 : Déclaration des variables locales pour la page 2 .....                  | 49 |

## Introduction

Le contexte énergétique subsaharien africain actuel est caractérisé par une forte demande en énergie; celle-ci est due notamment au développement des activités économiques et à la croissance démographique. Malheureusement, cette croissance économique est freinée par l'indisponibilité régulière de l'énergie électrique dans plusieurs grandes villes du continent. Au Gabon et dans la ville de Libreville en particulier, la production électrique est assurée à 60% par l'énergie hydraulique. Le pays dispose de nombreux barrages hydroélectriques parmi lesquels le barrage de Kinguélé ; ce dernier est situé dans les monts de Cristal, plus précisément dans la province de l'estuaire. Il a une capacité de production de 68,4 MVA et est de ce fait le 2<sup>ème</sup> barrage le plus important du pays. Il dessert une partie de Libreville et ses environs.

Dans l'optique de soutenir efficacement la croissance économique de son pays, le gouvernement gabonais, à travers la SEEG (Société d'Eau et d'Electricité du Gabon) va faire de l'augmentation des capacités de production et de l'amélioration de la qualité du service ses priorités. C'est dans ce contexte que va s'inscrire l'avant-projet de rénovation des automatismes de la centrale hydroélectrique de Kinguélé, au Gabon. Il sera question dans ce projet de proposer une solution de migration des automatismes des quatre groupes turbo-alternateurs de la centrale et de concevoir une application de supervision qui pourra permettre d'assurer un contrôle-commande effectif et efficace de ces groupes en temps réel. Durant nos travaux, nous avons eu pour missions la rédaction de l'analyse fonctionnelle de la centrale ainsi que la mise à jour des graficets de marche/arrêt des groupes à partir de l'existant, par la suite, la configuration complète des automates (choix des automates à installer, élaboration des listes des entrées et des sorties, choix du processeur et du coupleur), la modélisation d'une architecture logicielle de notre supervision, et pour finir, la conception proprement dite de notre application de supervision.

Le présent mémoire est une synthèse des travaux réalisés et met en exergue trois principales parties :

- Analyse du projet, méthodologie de conception et matériels
- Application de la méthodologie
- Simulation.

# Chapitre 1 : PRESENTATION DE L'ENTREPRISE ET DU PROJET

## I. Présentation de l'entreprise

### I.1 Cadre juridique et institutionnel

La société MES (Mali Electricité Services) International est une société privée de droit malien enregistrée au registre du commerce MA BKO 2006 B 3039 avec comme statut juridique Société à Action Simplifiée.

Elle a été fondée en 2007 par Monsieur Djibrilla Alhousseyni MAIGA, qui en est le Président Directeur Général. Elle est constituée de quatre filiales juridiquement distinctes et localisées à Bamako au Mali, à Ouagadougou au Burkina-Faso, à Niamey au Niger et à Dakar au Sénégal.

### I.2 Domaines d'interventions et activités

MES International intervient dans la conception, la mise en service et la maintenance des systèmes et installations électriques ou automatisés. Son expertise s'étend notamment aux domaines suivants :

- **Distribution des produits et Intégration d'applications Schneider Electric**
  - Terminaux de distribution et de répartition d'énergie pour l'industrie, le bâtiment et le résidentiel
  - Réalisation et mise en service de solutions d'automatisme et de contrôle, d'interfaces homme-machine
  - Distribution électrique BT/HTA.
- **Tableautier** : Montage et câblage d'armoires et coffrets électriques pour les industries, mines et bâtiments
- **Energies renouvelables**
  - Centrales hybrides PV/Diesel pour sites isolés : électrification rurale
  - Adduction d'eau potable via pompes solaires
  - Solutions alternatives d'irrigation agricole
- **Intégration de systèmes automatisés** : Etudes, analyse et mise en service d'applications d'automatisation et de supervision
- **Distribution de l'énergie**
  - Infrastructures : réseaux électriques, aéroports, télécoms, data center
  - Bâtiments, Industries

### I.3 Présentation du service de stage

D'une durée de six mois, notre stage s'est déroulé du 1<sup>er</sup> septembre 2016 au 31 Mars 2017, à la fois à Bamako et à Ouagadougou, et sous l'encadrement professionnel de Jean-Claude POUGET, superviseur technique et responsable du pôle formation et expertise du groupe MES International.

## II. Présentation du projet et de notre mission

Le barrage de Kinguélé localisé dans les Monts de Cristal au Gabon, plus précisément dans la province de l'estuaire, a été mis en œuvre en 1973 par la SEEG.

Il a une capacité de 450 000 m<sup>3</sup> et est le 2<sup>ème</sup> barrage le plus important du pays avec une capacité de production d'environ 66 MW.

### II.1 Etat de l'existant et justification du projet

La centrale hydraulique produit 68,4 MVA d'électricité via quatre groupes turbo-alternateurs ; à savoir deux groupes de 12 MVA et deux groupes de 24 MVA. Son fonctionnement est régi par un ensemble de programmes prédéfinis et rentrés dans un automatisme.

Le contrôle-commande de la centrale a une structure hiérarchisée comprenant cinq automates et un superviseur :

- L'APCK (Automate Programmable de Conduite usine de Kinguélé) ayant pour fonction la conduite globale de l'usine, et servant à consigner tous les états, défauts et signalisations provenant des groupes turbines-alternateurs. Il est relié aux APGs par un bus industriel.
- Les quatre APGs (Automate Programmable de Groupe turbine-alternateur) ; ils sont identiques pour les groupes 1 et 2 d'une part et pour les groupes 3 et 4 d'autre part.
- Le poste SCADA pour la supervision. Il permet la surveillance globale des aménagements et la distribution des consignes en puissance et en tension.

L'APCK échange des informations et joue le rôle de concentrateur d'échanges pour les APGs. Il a pour mission de lire et d'écrire des requêtes sur les APIs des groupes, en fonction de la consigne reçu.

L'architecture de base de l'automatisme de la centrale de Kinguélé était initialement conçue sur le réseau Fipway, réseau propriétaire Télémécanique. Il est important de préciser que Télémécanique est une entreprise qui avait été rachetée dans les années 90 par Schneider Electric. Certains des automates de la centrale sont encore des automates Télémécanique fonctionnant sous le système d'exploitation OS 2. De plus, ces automates, tout comme le système d'exploitation OS 2 et les langages de programmation associés, ne sont plus ni fabriqués ni commercialisés.

La migration en septembre 2015 de trois APIs *Télémécanique Série 7* en APIs *Schneider Electric Premium Unity* (modèle plus récent et plus viable), que sont l'APCK, l'APPU et l'APPK, a permis de mettre en œuvre un réseau Ethernet en lieu et place du réseau fipway,

ainsi qu'un remplacement du système de conduite. L'architecture actuelle de l'automatisme global de la centrale se présente comme suit :

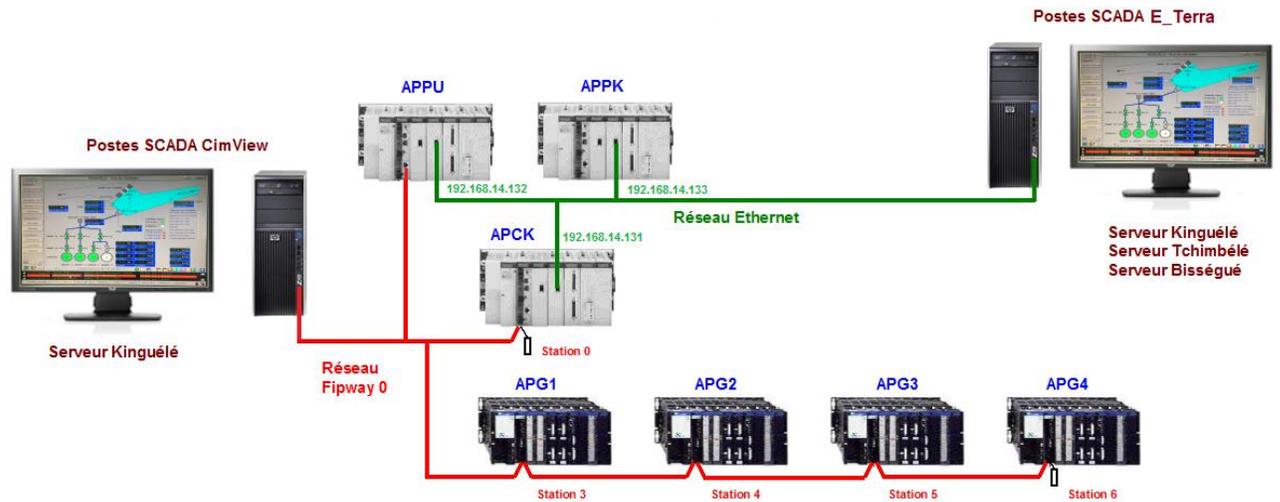


Figure 1 : Architecture globale de la centrale

Notons que l'APPU (Automate Programmable Poste Usine) est l'automate situé en sortie de l'usine de Kinguélé, au niveau du poste de transformation 90/225 kV. Et l'APPK (Automate Programmable Poste Kinguélé) est celui situé au niveau du transformateur 225kV et faisant la liaison avec d'autres centrales de la ville.

Plus d'informations sont visibles sur l'extrait du réseau interconnecté de la ville de Libreville, fourni en Annexe I.

PS : Ces deux automates (APPK et APPU) ne rentreront pas dans le cadre de notre projet.

Par la suite, les actuels automates *Télémechanique Série 7* des APGs seront remplacés par des APIs *M580 Unity* de *Schneider Electric* et devront communiquer avec l'APCK par un réseau Ethernet. C'est une partie de cette migration qui fera en effet l'objet de notre mémoire de fin d'études.

Pour réaliser cette migration, le logiciel de programmation des automates va passer de *PL7 Pro* à *Unity Pro* et le logiciel de supervision passera de *SCADA* à *Vijeo Citect* de *Schneider Electric*.

C'est donc dans un contexte de modernisation des infrastructures, d'optimisation des capacités de production, et de souci de continuité du service que naît notre projet qui est l'avant-projet de rénovation des automatismes de 4 groupes turbo-alternateurs de la centrale hydroélectrique de Kinguélé. Le projet rentre en effet dans la continuité de la migration des automatismes la centrale, entamée en 2015.

## II. 2 Contraintes d'exploitation actuelles

Les contraintes d'exploitation liées à l'état actuel de la centrale sont observables tant sur la partie automate que sur la partie PC.

Sur la partie automate et software, l'obsolescence des automates Télémécanique Série 7, des logiciels de programmation ainsi que du système d'exploitation OS2 pourront éventuellement occasionner les dommages suivants :

- Lenteur d'exécution des programmes ;
- Eventualité de rupture de stocks et donc de fourniture du service : en effet, les automates Série 7 et le système d'exploitation OS2 sont en arrêt complet de fabrication et de commercialisation à ce jour.

Sur la partie PC et hardware, la sauvegarde des programmes sous disquettes 3''<sup>1/2</sup> ainsi que l'état sur réseau Fipway de la communication entraînent des risques de :

- Fragilité et perte éventuelle des données : Support de sauvegarde que sont les disquettes sont peu fiables ;
- Exclusivité d'utilisation d'APIs Schneider. Le réseau fipway étant propriétaire Télémécanique (et Télémécanique ayant été racheté par Schneider Electric), à ce jour, la centrale ne peut utiliser que des automates Télémécanique ou Schneider Electric ;
- Lenteur dans la communication des informations et des requêtes ; en effet la vitesse de transmission de données sur réseau Fipway est de 1 Mbit/s quand celle sur réseau Ethernet varie entre 10-100 Mbit/s.

## II. 3 Présentation et objectifs de notre mission

Pour pallier à toutes ces contraintes, le client souhaite une rénovation complète des automatismes des quatre groupes APGs. A cet effet, les objectifs qui nous ont été confiés dans le cadre de ce stage et au travers de notre mission sont les suivants :

- La rédaction de l'analyse fonctionnelle détaillée de la centrale, à partir du document d'origine,
- La mise à jour des graficets Marche / Arrêt des groupes
- L'élaboration de la liste des entrées sorties des automates des groupes
- La création la base de données des échanges entre les APGs et l'APCK, à partir de l'existante
- La mise en œuvre de la communication sur réseau Ethernet entre les APGs et l'APCK
- Le développement des pages de supervision des groupes avec le logiciel Vijeo Citect.

## Chapitre 2 : ANALYSE DU PROJET, METHODOLOGIE DE CONCEPTION ET MATERIELS

### I. Etat des lieux de la documentation projet

#### **Documentation fournie**

- *Analyse organique*

C'est un document renseignant sur les différents matériels et logiciels utilisés sur une installation. Dans notre cas, l'analyse organique fournie renseignait sur les principaux échanges du superviseur et de comment ces derniers étaient structurés.

- *Schémas électriques des groupes et des organes constitutifs des groupes (vanne, moteur, pompes, ...)*
- *Base de données des échanges du superviseur actuel*
- *Spécifications fonctionnelles pour la supervision*

C'est un document décrivant les différentes procédures d'un process. Il s'agit des tâches prises en compte par le superviseur, les interactions avec l'utilisateur et les règles de ces interactions.

#### **Documentation mise à jour pendant le projet**

- *Analyse fonctionnelle détaillée de la centrale*

C'est un document présentant les différentes fonctions de l'automatisme de la centrale, ainsi que les interactions.

Il a été question pour nous lors de la mise à jour de ce fichier, de le remettre en forme, en produisant un document complet et ayant une version numérique. En effet, le fichier d'origine n'était disponible que sur format papier et était illisible par endroit.

- *Graficets de marche et arrêt des groupes*

Tout comme l'analyse fonctionnelle, il s'est agi de la remise en forme des documents.

- *Liste des variables des automates des APGs*

Il était question de faire les listes des entrées et sorties TOR et analogiques de chaque groupe de la centrale.

#### **Documentation manquante**

- *Analyse matérielle des groupes*

Document renseignant sur la constitution et les caractéristiques mécaniques des organes (pompes, vannes, moteurs, etc.) constituant les groupes.

## II. Généralités sur la supervision

### II.1 Définition

La supervision est une application de surveillance, de contrôle-commande évolué et de diagnostic de procédés. C'est une technique de suivi et de pilotage des procédés automatisés.

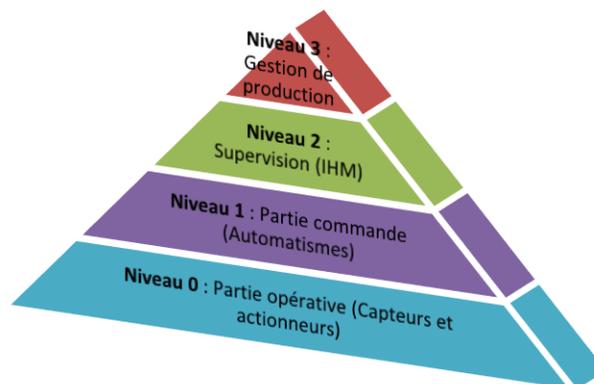
Une application de supervision fonctionne généralement sur un ordinateur en communication avec un ou plusieurs équipements, via un réseau local ou un réseau distant. Les équipements communiquant avec une application de supervision peuvent être des API, un ordinateur, une carte spécialisée, etc.

### II.2 Rôle de la supervision et concept CIM

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

- la commande des processus de production via des interfaces homme/machine dynamiques ;
- le suivi-contrôle de l'état et de l'évolution d'une installation automatisée ;
- la mise en évidence des anomalies sur une installation automatisée (alarmes) ;
- la collecte d'informations en temps réel sur des processus depuis des sites distants (machines, ateliers, usines...) ainsi que leur archivage.

La pyramide CIM (Computer Integrated Manufacturing) décrit l'automatisation complète des processus de fabrication. Chaque niveau de la pyramide va renseigner sur une série d'activités. Un niveau supérieur décide ce qu'un niveau inférieur exécute. Ci-dessous une représentation de la pyramide CIM.



*Figure 2 : Pyramide CIM*

Parmi les hiérarchies du concept CIM, notre intérêt se limitera sur les niveaux 0, 1 et 2 de la pyramide. La supervision se fera par une application de supervision réalisée avec le logiciel *Vijeo Citect* de *Schneider Electric*.

### II. 3 La supervision dans l'architecture des systèmes automatisés

Un système automatisé est composé de plusieurs parties inter-dépendantes présentées comme suit :

- **La partie opérative (PO):** C'est le processus physique à automatiser. Cette partie intègre les pré-actionneurs, les actionneurs, les capteurs. Les capteurs auront le rôle d'informer la partie commande de l'état de la partie opérative (non-ouverture disjoncteur, survitesse électrique, vanne ouverte...);
- **La partie commande (PC):** C'est l'automatisme qui en fonction des informations venant de la partie opérative (via les capteurs) élabore des ordres destinés à cette même partie opérative (pré-actionneurs);
- **La partie relation** ou « accès opérateur »: L'opérateur est amené à donner des ordres à la partie commande (par bouton, clavier, etc.) et reçoit des informations émanant de la partie commande (par voyants, synoptique, alarme, etc.). C'est dans cette partie que sera développée notre application de supervision.

L'architecture d'un système automatisé se présente comme suit :

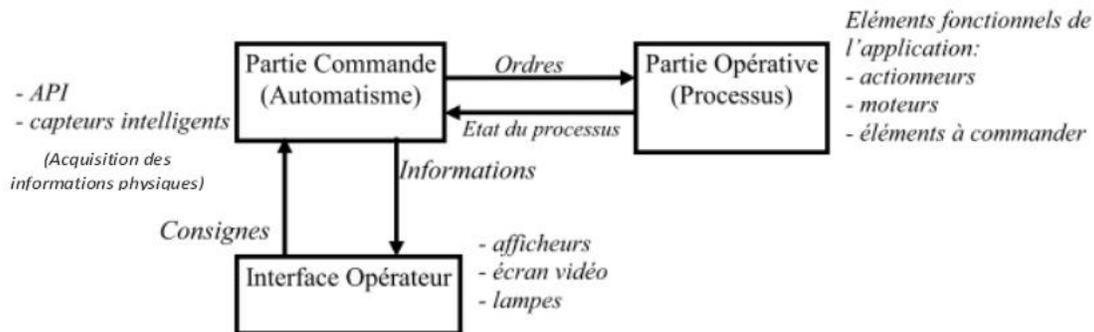


Figure 3 : Architecture d'un système automatisé

### III. Architectures de l'automatisme de la centrale

Dans cette partie, nous présenterons l'architecture de l'automatisme de la centrale ainsi que les différents éléments qui le constituent. Il s'agit notamment de :

- la partie commande constituée par les cinq APIs (quatre automates Télémécanique TSX7 et un automate Schneider Electric Premium Unity),
- La partie opératoire constituée par les quatre groupes turbo-alternateurs,
- Le réseau local de communication qui est encore le Fipway.

La rénovation des automatismes ne va impacter que sur l'architecture logicielle de la centrale. Ceci étant, nous présenterons successivement dans cette partie, l'architecture matérielle de la centrale, puis les architectures logicielles actuelle et prochaine de notre centrale.

#### III. 1 Partie opérative : groupes turbo-alternateurs

La centrale hydroélectrique à superviser est constituée de quatre groupes turbo-alternateurs dont 2 de 24 MVA et 2 de 12 MVA. La figure ci-après représente une photographie de ces 4 groupes.



*Figure 4 : Photographie des 4 groupes turbine-alternateur de la centrale*

Notons que chaque groupe turbo-alternateur est constitué d'un ensemble d'organes (moteurs, vannes, pompes et autres petites machines), tous nécessaires au fonctionnement du groupe. Il s'agit notamment de :

- Moteurs triphasés
- Pompes

- Vannes
- Organes de protection électriques
- Organes de mesures et de comptage
- Capteurs et actionneurs
- Sondes de niveaux et de température

Les caractéristiques électriques des groupes sont présentées dans le tableau qui suit :

*Tableau 1 : Caractéristiques électriques du groupe turbo-alternateur de 24 MVA*

| Turbine     |                   | Alternateur |            |
|-------------|-------------------|-------------|------------|
| Puissance   | 19 450 kW         | Puissance   | 24 000 kVA |
| Type        | Francis           | Cos $\phi$  | 0,8        |
| Chute nette | 108 m             | Tension     | 5 650 V    |
| Débit       | 20 m <sup>3</sup> | Fréquence   | 50 Hz      |
| Vitesse     | 428 tr/min        | Vitesse     | 428 tr/min |

La figure ci-après est une image de la plaque signalétique d'un des groupes. Elle renseigne sur les caractéristiques électriques de ce groupe.



*Figure 5 : Caractéristiques électriques du groupe turbo-alternateur de 24 MVA*

Le schéma qui suit est le schéma unifilaire des groupes 3 et 4.

Ce plan est la propriété de Spie-Enertrans. Il ne pourra pas être reproduit sans son autorisation.

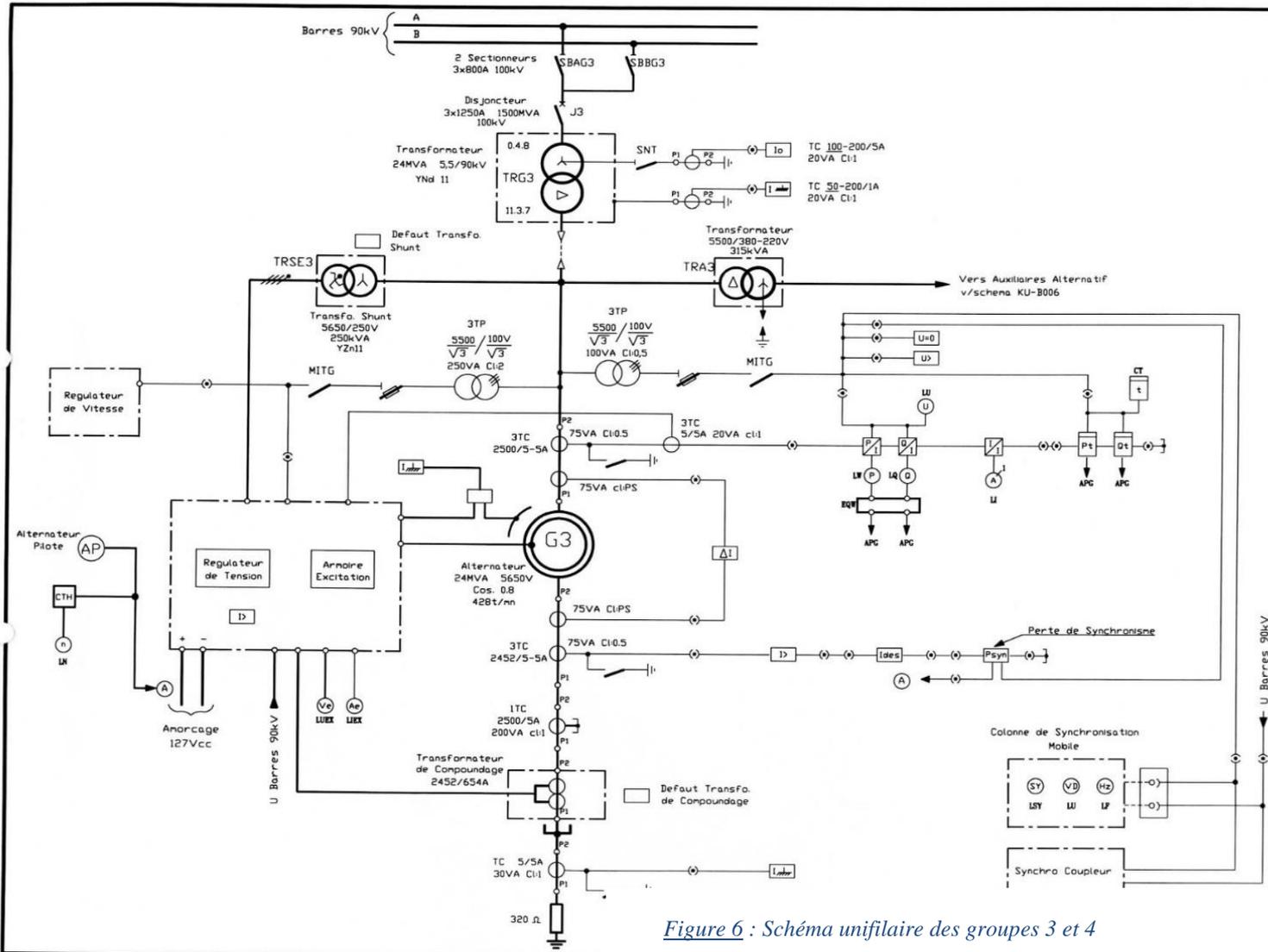


Figure 6 : Schéma unifilaire des groupes 3 et 4

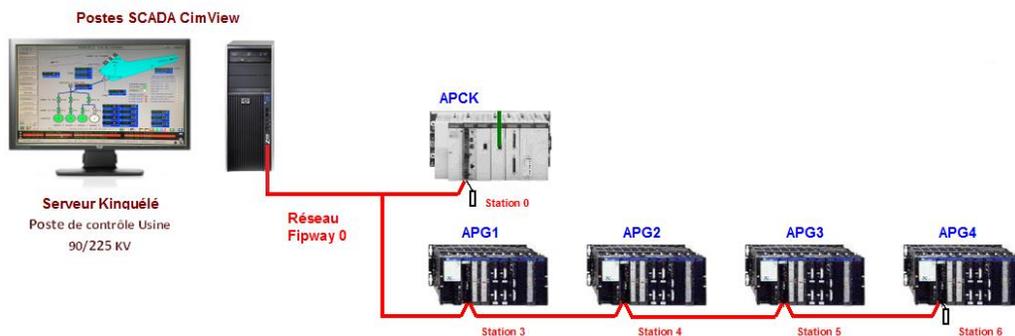
|   |                             |  |                                    |                          |                                  |                                    |              |
|---|-----------------------------|--|------------------------------------|--------------------------|----------------------------------|------------------------------------|--------------|
| GROUPE CPE<br><b>Spie Enertrans</b><br>CENTRALE DE PRODUCTION HYDRAULIQUE<br>Parc B-Coullage-Cong RABET | USINE DE<br><b>KINGUELE</b> |  | GROUPES 3 & 4<br>SCHEMA UNIFILAIRE | A 27/09/95<br>C 30/11/95 | EMISSION ORIGINALE<br>N°E A .00R | <b>KU-B003</b><br><b>EDF</b> SEISO | FOLIO<br>303 |
|   |                             |  |                                    |                          |                                  |                                    |              |

## III.2 Partie commande : Programme automate et logiciel de supervision

### III.2.1 Architecture logicielle actuelle de la centrale

Comme le montre le schéma, l'architecture logicielle actuelle intègre cinq automates et un superviseur :

- L'APCK qui est un automate *Schneider Electric Premium Unity*, fonctionne sous le logiciel de programmation *Unity Pro* ;
- Les APG1, APG2, APG3 et APG4 qui sont des automates *Télemécanique TSX Série 7* fonctionnant sous *PL7 Pro* ; les APGs fonctionnent en esclaves et l'APCK en maître ;
- Un poste de supervision *SCADA Cimview* permettant de piloter les cinq automates et ainsi de superviser la centrale ;
- La communication entre le poste de supervision et l'APCK, ainsi que entre chacun des APGs et l'APCK se fait par le réseau *Fipway*.

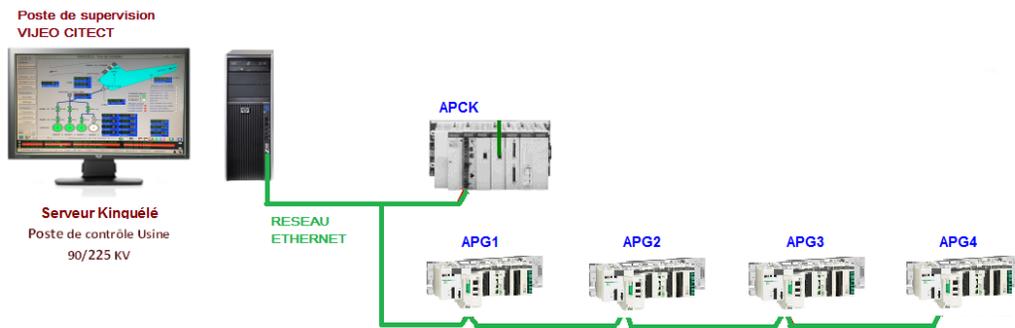


*Figure 7 : Architecture logicielle actuelle de la centrale*

### III.2.2 Architecture logicielle à installer après la rénovation

Comme le montre le schéma, l'architecture logicielle actuelle intègre cinq automates et un superviseur :

- L'APCK qui est un automate Schneider Unity Premium Unity, fonctionne sous le logiciel de programmation Unity ;
- Les APG1, APG2, APG3 et APG4 qui sont des automates *Schneider Electric M580* fonctionnant sous *Unity Pro* ;
- Un poste de supervision fonctionnant avec le logiciel de supervision *Vijeo Citect*, permettant de piloter les cinq automates et ainsi de superviser la centrale ;
- La communication entre le poste de supervision et l'APCK, ainsi que entre chacun des APGs et l'APCK se fait par un réseau *Ethernet*.



*Figure 8 : Architecture logicielle à installer*

### III.2.3 Comparaison des deux architectures logicielles

Le tableau ci-dessous est un récapitulatif comparatif des deux architectures.

*Tableau 2 : Tableau comparatif des deux architectures*

|  | AVANT<br>RENOVATION                   | APRES<br>RENOVATION                   |
|--|---------------------------------------|---------------------------------------|
| Communication                            | Fipway                                | Ethernet                              |
| Superviseur                              | SCADA<br>Cimview                      | Vijeo Citect                          |
| APCK et logiciel<br>de<br>programmation  | Unity<br>premium<br>sous Unity<br>Pro | Unity<br>premium<br>sous Unity<br>Pro |
| APGs et<br>logiciels de<br>programmation | TSX Série 7<br>sous PL7 Pro           | M580 sous<br>Unity Pro                |

## IV. Méthodologie et logiciels de conception

### IV.1 Méthodologie

La méthodologie à suivre pour la conception de notre application de supervision se fera comme suit :

- Tout d'abord, on fera une étude de l'analyse fonctionnelle et du réseau d'automates de la centrale
- En fonction de l'analyse et des informations à gérer, on fera la configuration de l'API à installer. Il s'agira de :
  - Dresser les listes d'entrée et de sortie TOR et analogiques;
  - Faire le choix du processeur ;
  - Faire le choix de l'alimentation des modules de l'API.
- Ayant déjà une idée claire des informations à gérer par notre automate, on procèdera au traitement de ces données ; il sera question ici de :
  - Définir un modèle pour notre application
  - Définir l'organigramme de notre supervision
  - Définir son architecture logicielle.
- Et pour finir, nous pourrons concevoir proprement dit l'application de supervision. En d'autres termes, procéder au développement des pages de supervision.

### IV.2 Logiciels

Nous utiliserons tour à tour les logiciels de Schneider Electric suivants :

- *OFS* ou *OPC Factory Server* pour configurer la communication entre le superviseur *Vijeo Citect* et les automates;
- *Vijeo Citect* pour la réalisation des écrans de supervision, pour une surveillance globale de la centrale, via des IHM et des PC.

Le choix du logiciel de programmation des automates (*unity Pro* de *Schneider Electric*) a été motivé par les exigences du client.

Ceci étant, les autres logiciels que nous utiliserons dans le cadre du projet seront également des logiciels du concepteur *Schneider Electric* ; pour pallier aux éventuels problèmes de compatibilité de fichiers.

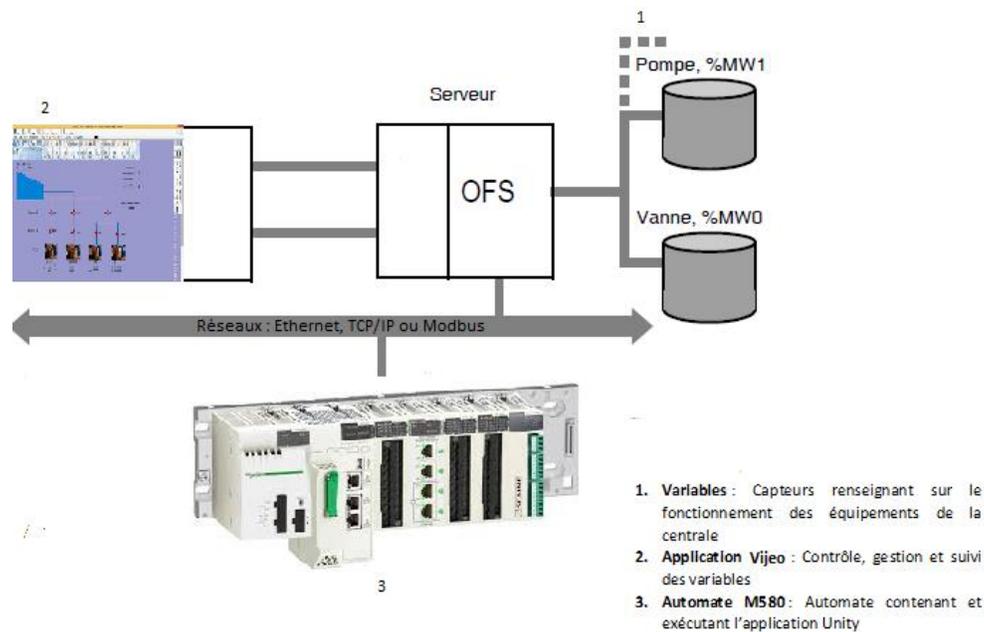
## IV.2.1 OPC Factory Server

### IV.2.1.1 Définition et rôle

L'*OFS* ou *OPC Factory Server* est un serveur de données multi-automates capable de communiquer avec tous les automates Schneider Electric (Télémécanique, Modicon).

C'est un serveur d'accès aux données qui peut être utilisé pour lire ou écrire des données sur des équipements (en général des automates, mais pas uniquement).

Il apportera à notre application Vijeo Citect un ensemble de services d'accès liés aux différents automates des groupes. Le serveur assurera une interface masquée (retransmission de données) entre les APIs des groupes et notre application Vijeo Citect, telle que représentée sur le schéma.



*Figure 9 : Interaction entre OFS et Vijeo Citect*

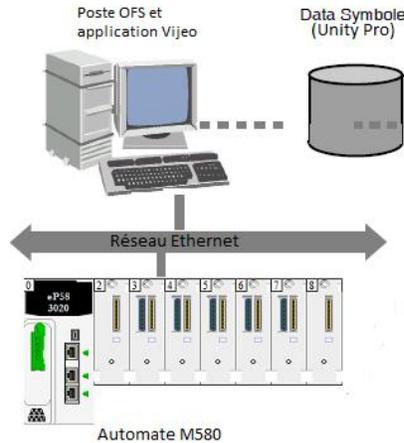
Le serveur OFS propose entre autres les services suivants :

- la lecture et l'écriture de variables dans un ou plusieurs automates d'une architecture Schneider Electric,
- une interface de navigation permettant à l'utilisateur de prendre connaissance graphiquement des équipements accessibles et des symboles qui leur sont associés.

### IV.2.1.2 Communication

Le serveur OFS joue le rôle de driver en assurant la communication entre les logiciels et tous les équipements Schneider Electric.

Dans notre cas, il utilisera le réseau Ethernet. L'accès aux données s'effectuera via un mode local. C'est-à-dire que l'application Vijeo et le serveur OFS seront tous les deux installés sur le même poste.



*Figure 10 : Communication entre OFS et Vijeo Citect*

#### **IV.2.1.3 Lien avec Vijeo Citect**

Le lien direct de l'OFS avec Vijeo Citect permet :

- l'accès à la base de données de l'application client développée sur Unity Pro (programme automate),
- le support des symboles et des images,
- la consultation des symboles,
- l'accès à des variables non localisées et à des données structurées,
- d'avoir un contrôle dynamique de cohérence avec un rechargement automatique des symboles dans le cas où l'application dans l'automate aurait changé.

#### **IV.2.2 Vijeo Citect**

Vijeo citect est un logiciel de supervision, permettant de créer des interfaces graphiques et pouvant communiquer avec les interfaces d'entrées/sorties des automates. Il a été développé par Schneider Electric.

Il facilite la création des interfaces homme-machine pour la gestion et le suivi des processus. Dans notre cas, nous l'utiliserons pour la création des écrans de supervision de notre centrale.

En effet, Vijeo Citect nous facilitera l'accès et la manipulation des variables déclarées dans Unity (logiciel de programmation de l'automate) ; ceci en nous permettant de modéliser lesdites variables de façon graphique.

## Chapitre 3 : APPLICATION DE LA METHODOLOGIE

Cette partie de notre document décrit la mise en œuvre de notre application, depuis la conception jusqu'à la mise en route.

Des détails seront donnés sur les différents types de variables utilisées, des fonctions logiques et langages de programmation, ainsi que de la réalisation des écrans de supervision et d'exploitation.

### I. Etude du réseau d'automates et de l'analyse fonctionnelle

#### I.1 Réseau d'automates

Le réseau des automates de la centrale est organisé en étoile, avec pour centre de traitement commun (ici le maître) l'APCK et les quatre APGs comme stations (les esclaves).

La particularité d'un réseau en étoile est que le centre de traitement commun échange avec chacune des autres stations ; mais deux stations ne peuvent pas échanger directement entre elles. Le réseau se présente ainsi :



*Figure 11 : Réseau d'automates de la centrale*

Maîtriser le fonctionnement de la centrale revient donc à maîtriser le fonctionnement d'un esclave, à savoir un groupe turbo-alternateur.

## I.2 Analyse fonctionnelle

Les architectures internes des 4 APGs étant identiques, nous détaillerons le fonctionnement d'un seul groupe, à savoir le groupe turbo-alternateur 3.

L'automate de groupe (APG) pilote le fonctionnement de l'ensemble alternateur-turbine qui lui est associé. Il s'occupe de la gestion complète, ainsi que du contrôle-commande du groupe turbo-alternateur.

### I.2.1 Fonctionnement et modes de conduite

#### I.2.1.1 Modes de conduite et graficets de Marche/Arrêt

Le fonctionnement de chaque groupe turbo-alternateur est organisé autour de 5 modes de conduite qui sont :

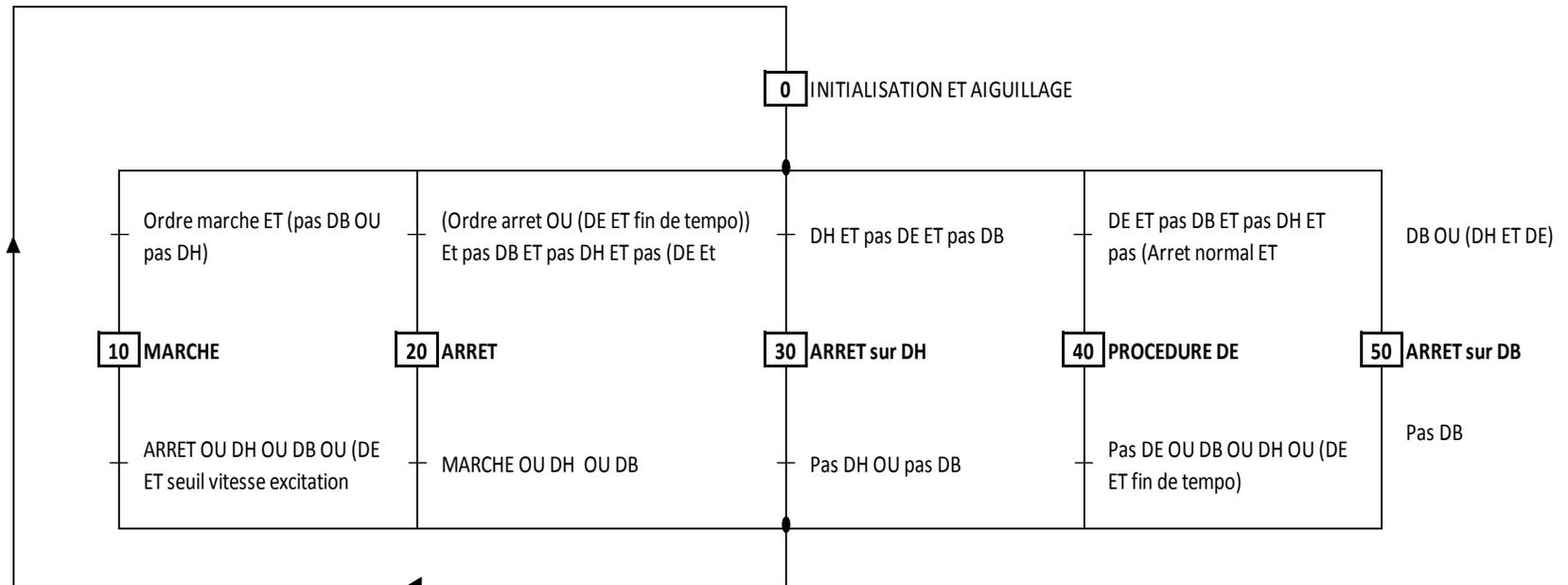
- la marche normale,
- l'arrêt normal,
- l'arrêt sur DH (Défaut Hydraulique),
- l'arrêt sur DE (Défaut Electrique),
- l'arrêt sur DB (Défaut Mécanique).

Les abréviations DB, DH et DE correspondent à des groupes de défauts observables sur les groupes pendant leur fonctionnement. La liste exhaustive de ces défauts est fournie plus loin, dans la liste des entrées TOR, Cf *Chapitre III, § II.2.2*.

Ci-après le graficet de conduite de chacun des groupes turbo-alternateur de notre centrale.

**Nota :**

- L'ordre d'arrêt est prioritaire sur l'ordre de marche et sur discordance entre Marche et Arrêt.
- DE + DH = DB.
- DE + DEMARRAGE → DE ne prend effet qu'à la marche à vide et non excité.
- Ordre d'arrêt + DE → 1. Si disjoncteur groupe fermé → "DE"  
2. Si disjoncteur groupe ouvert → Continue l'arrêt normal.



*Figure 12 : Grafset de conduite*

 *Mode de conduite **Marche normale***

Le mode de conduite **marche normale** décrit le fonctionnement du groupe lorsqu'il est en procédure de démarrage normale, sans aucune signalisation de défaut. Il intègre toutes les étapes, depuis l'ordre de marche jusqu'à l'ordre d'arrêt.

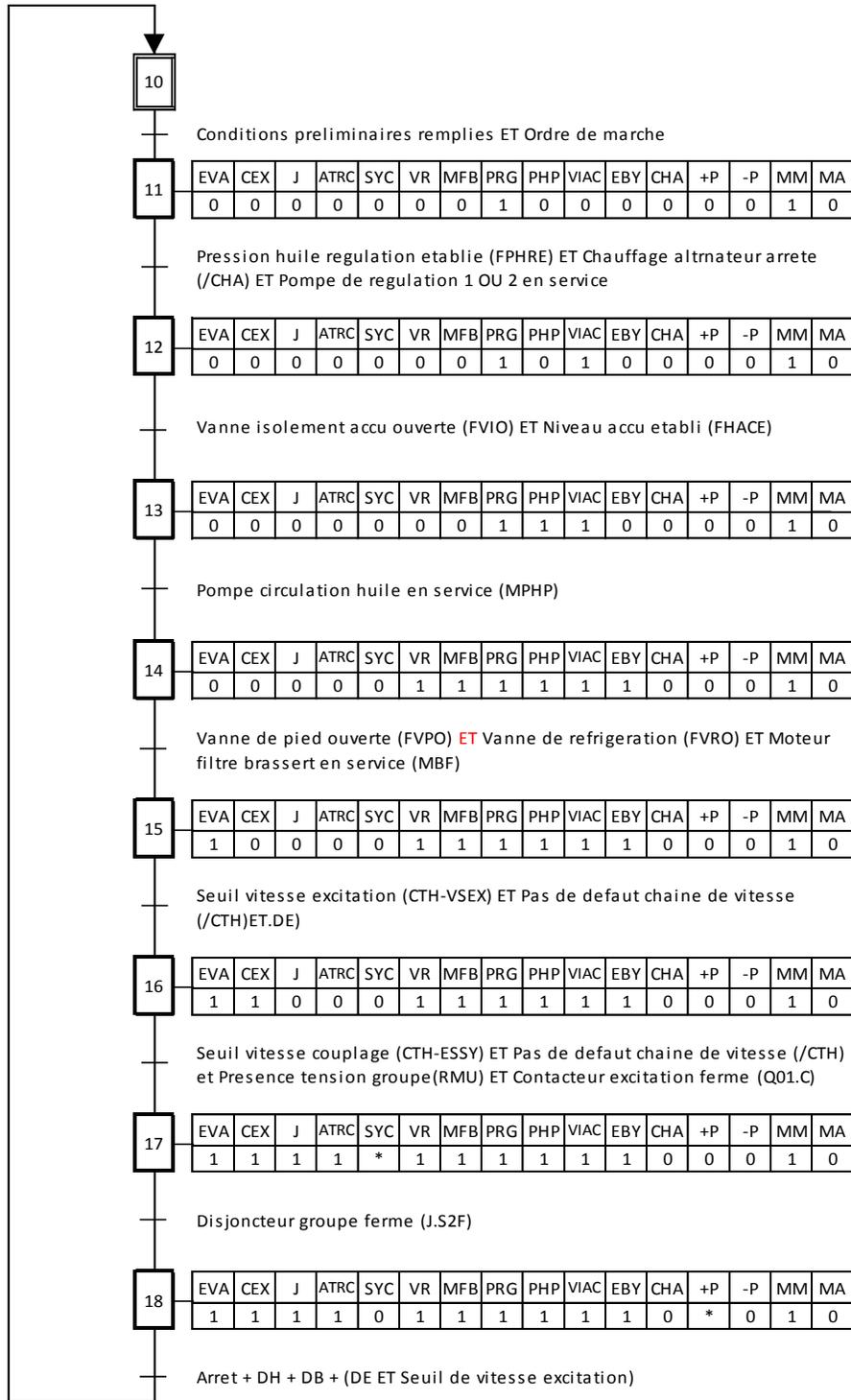


Figure 13 : Grafcet de mode de marche normale

*Tableau 3 : Légende du grafcet de marche normale*

| LEGENDE |                              |
|---------|------------------------------|
| EVA     | Electro sécurité vannage     |
| CEX     | Contacteur excitation        |
| J       | Disjoncteur groupe           |
| ATRC    | Auxiliaire transfo groupe    |
| SYC     | Synchro coupleur             |
| VR      | Vanne de réfrigération       |
| MFB     | Moteur filtre brassert       |
| PRG     | Pompe de régulation          |
| PHP     | Pompe de circulation d'huile |
| VIAC    | Vanne isolement accumulateur |
| EBY     | By-pass vanne de pied        |
| CHA     | Chauffage alternateur        |
| +P      | + Puissance active           |
| -P      | - Puissance active           |
| MM      | Lampe groupe en marche       |
| MA      | Lampe groupe à l'arrêt       |

Pour bien comprendre le grafcet ci-haut, il est important de tenir compte des informations complémentaires qui suivent.

**Nota :** A n'importe quelle étape de ce grafcet, si l'étape 1 n'est plus valide, le grafcet de DEMARRAGE (marche normale) n'est plus actif.

#### **ETAPE 11 : CONDITIONS PRELIMINAIRES**

- Présence tension tranche groupe
- Vanne de tête ouverte
- Chaîne de secours armée
- Pas de défaut DB, DH, DHC, DBSG, DHSB, DSG, NOJ
- Pas de défaut chaîne tachymétrique

#### **ETAPE 17 : \*SYC**

Synchro coupleur automatique = 1

Synchro coupleur manuel ou groupe en renvoi de tension SYC = 0

Autorisation de couplage temporisée après mise en service synchro-coupleur.

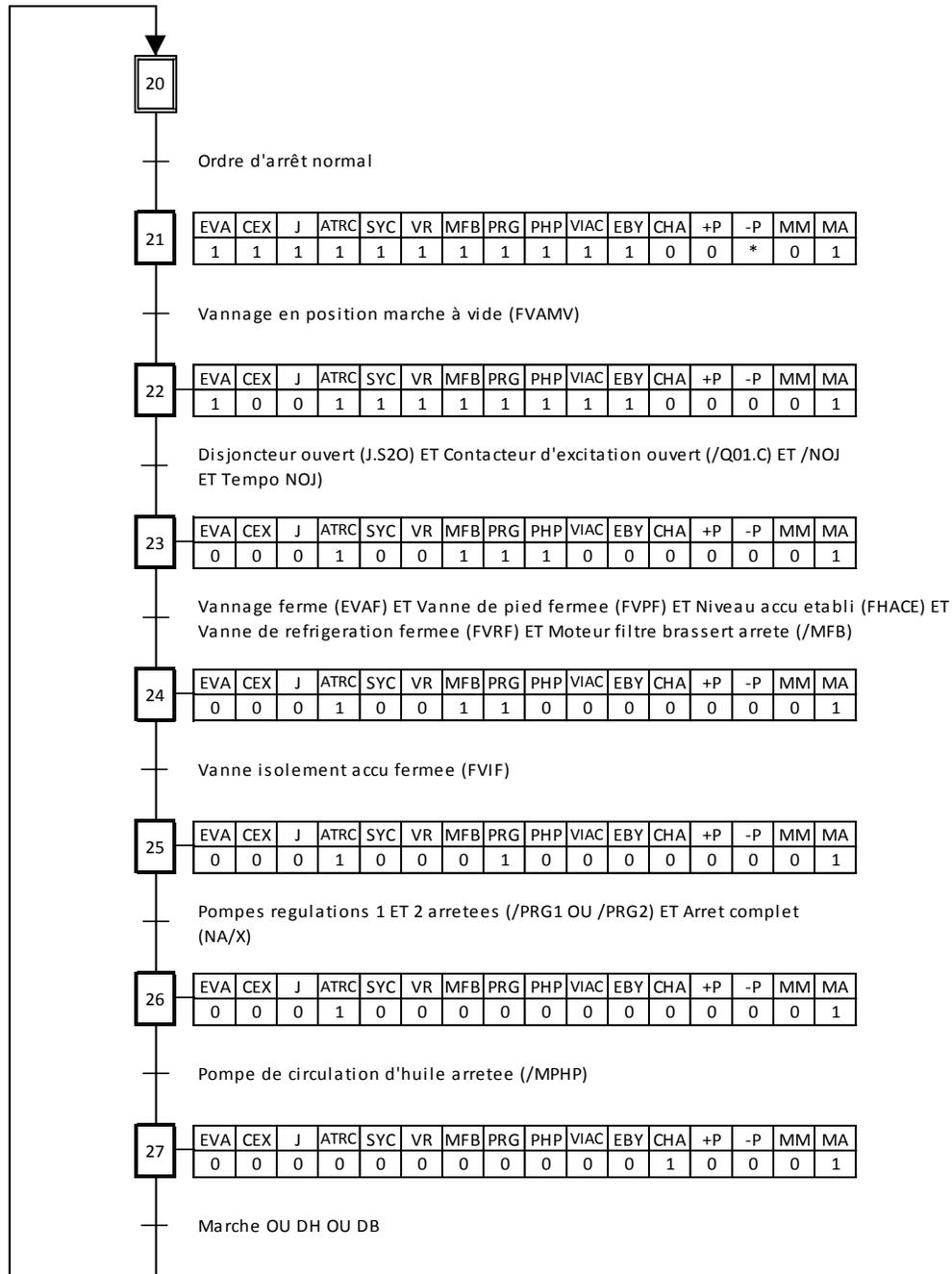
#### **ETAPE 18 : \* +P**

Conduite globale usine : introduction d'une consigne analogique minimale

Commande LOCALE (par APG) en synchro automatique : un ordre + P donné pendant 5s.

 **Mode de conduite Arrêt normal**

Le mode de conduite **arrêt normal** décrit le fonctionnement du groupe lorsqu'il est en procédure d'arrêt normal, sans aucune signalisation de défaut. Il intègre toutes les étapes, depuis l'ordre d'arrêt normal jusqu'à l'ordre de marche (ou alors la signalisation d'un défaut DH ou DB).



arrêt sur DH

Figure 14 : Grafcet de mode d'arrêt normal

L'arrêt sur DH est demandé en cas de survenue d'un défaut de ce type. Et on ne quittera ce mode que lorsque tous les défauts seront acquittés.

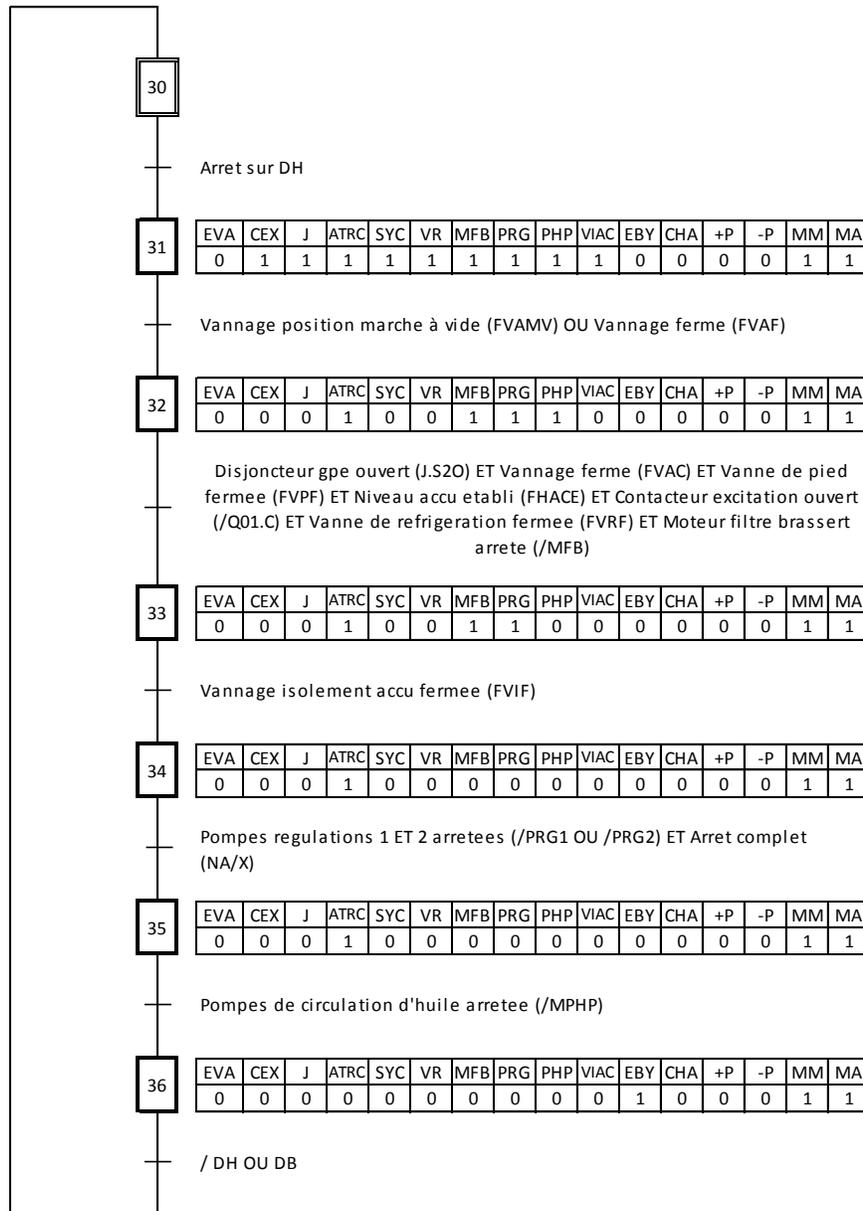
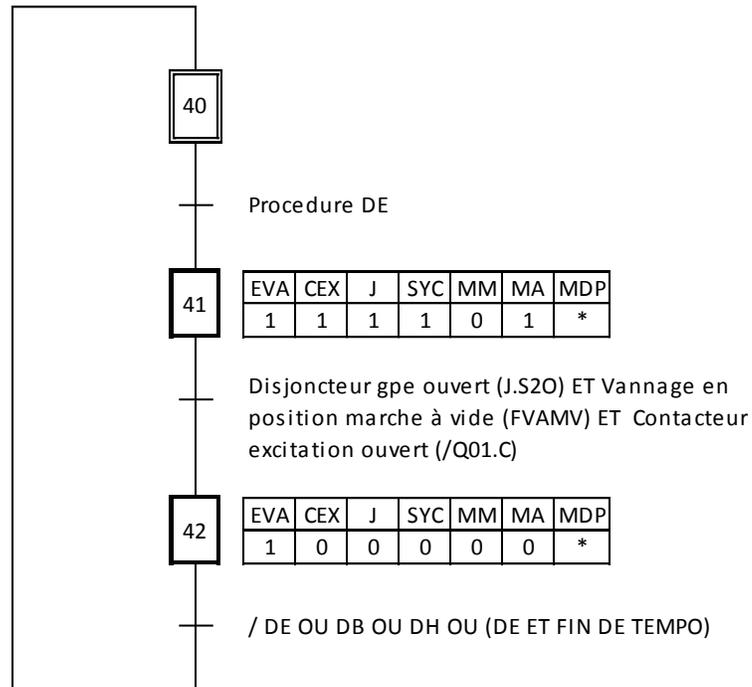


Figure 15 : Grafcet de mode d'arrêt sur DH

**Nota** : A n'importe quelle étape de ce grafcet, si l'étape 3 n'est plus valide, le grafcet ARRET DH n'est plus actif.

### Mode de marche **arrêt sur DE**

L'arrêt sur DE est demandé en cas de survenue d'un défaut de ce type. Et on ne quittera ce mode que lorsque tous les défauts seront acquittés.



*Figure 16 : Grafcet de mode d'arrêt sur DE*

**Nota :** A n'importe quelle étape de ce grafcet, si l'étape 4 n'est plus valide, le grafcet PROCEDURE DE n'est plus actif.

#### **ETAPE 41 :**

MDP = Lampe groupe bloquée clignotante

#### **ETAPE 42 :**

- DE = 1 si DE après tempo = Arrêt normal → Saut graphe "ARRET NORMAL"
- DE = 0 si /DE après tempo → Saut graphe "MARCHE"
- DE = 1 si DH → Saut graphe "DB"
- MDP = Lampe groupe bloqué clignotante.

✚ arrêt sur DB

L'arrêt sur DE est demandé en cas de survenue d'un défaut de ce type. Et on ne quittera ce mode que lorsque tous les défauts seront acquittés.

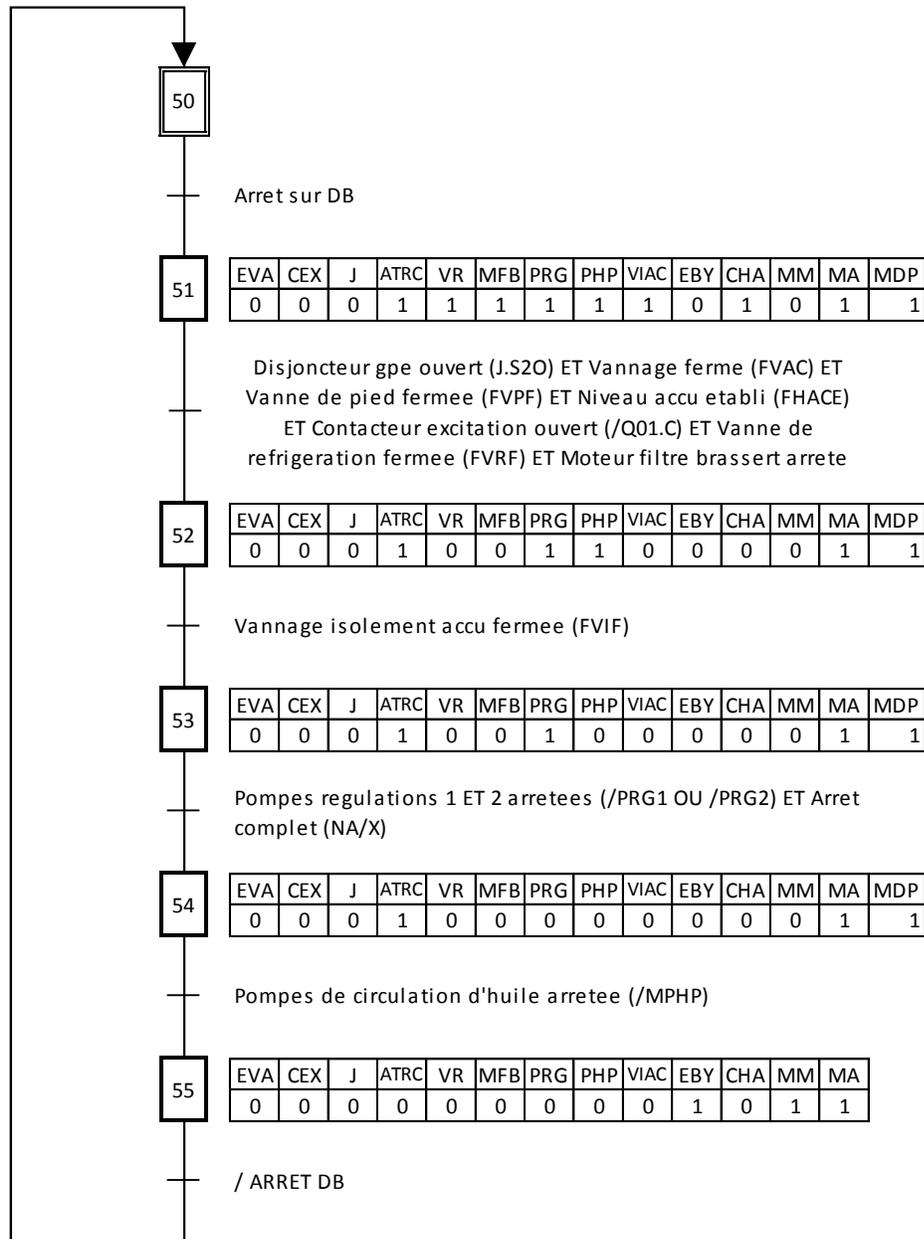


Figure 17 : Grafcet de mode d'arrêt sur DB

**Nota :** A n'importe quelle étape de ce grafcet, si l'étape 5 n'est plus valide, le grafcet ARRET DB n'est plus actif.

### *I.2.1.2 Fonctionnement*

L'automate de groupe pilote le fonctionnement de l'ensemble alternateur-turbine qui lui est associé. Il a donc à sa charge :

#### ➤ **L'acquisition**

- De tous les signaux (contacts TOR, fin de course, ...) donnant la position des organes réglants ;
- De tous les défauts provenant du groupe ;
- De tous les boutons-poussoirs de commande manuelle, arrêt d'urgence, commutateurs de fonctions et de choix ;
- Des informations nécessaires à la bonne marche du groupe, au superviseur et à l'APCK ;
- Des impulsions de comptage des énergies actives et réactives, mesures de puissance.

#### ➤ **Le traitement**

- Du séquentiel de démarrage et d'arrêts (Grafcet de démarrage et arrêt)
- Des protections
- Des consignes de puissance et de tension.

#### ➤ **L'élaboration (ou la commande)**

- Des alarmes
- Des ordres de commande des différents actionneurs
- Du contrôle de chien de garde
- Des signalisations
- De la consignation d'états

#### ➤ **Les liaisons**

Avec l'APCK pour échange de consigne et de paramètres d'exploitation, pour la consignation d'états et la mise à l'heure de l'horloge interne automate.

## **I.2.2 Description exhaustive des fonctions des groupes**

L'analyse de toutes les fonctionnalités demandées à l'APG conduit à adopter une structure en dix fonctions distinctes qui sont :

- Initialisation
- Choix de conduite
- Surveillance et protection
- Conduite
- Réglage
- Commande
- Base de temps

- Traitement des alarmes
- Consignation
- Communication
- Comptages et préparation au journal de bord.

*L'agencement de ces différents modules est donné en annexes II.*

#### ➤ **La fonction choix de conduite**

Elle a pour rôle :

- D'acquérir le mode de conduite du groupe précédemment sélectionné sur le tableau de groupe par l'opérateur, ainsi que les différentes consignes qui lui sont données, par l'APCK ou le tableau local le cas échéant.
- De sélectionner les ordres utiles en fonction du mode de conduite (conduite par l'APCK ou conduite par l'APG) et de les transmettre à la fonction conduite.

#### ➤ **La fonction protection**

Son but est de détecter tous les défauts provenant de l'automate ou des différents capteurs, afin d'assurer la protection du groupe par arrêt d'urgence ou retour en marche à vide, découplé et désexcité.

#### ➤ **La fonction conduite**

Elle gère le démarrage, les procédures sur défaut (arrêts, marche à vide avec découplage) et prises de charge du groupe par commandes d'automatismes séquentiels.

#### ➤ **La fonction réglage**

Cette fonction transmet aux régulateurs les consignes d'ouverture de vannage et de tension reçues par l'APCK après mise à l'échelle et par incrémentation (rampe de type PI).

#### ➤ **La fonction commande**

Elle agit directement sur le procédé en commandant les différents actionneurs. Cette fonction représente bon nombre des sous-modules de la fonction Conduite.

#### ➤ **La fonction base de temps**

C'est l'horloge du système synchronisée par l'APCK et téléchargée par le superviseur. Elle date les informations du consignateur et permet de compter les heures de marche du groupe.

#### ➤ **La fonction traitement des alarmes**

Elle a pour but le regroupement des alarmes qui vont actionner le klaxon (ou DAP futur) par voie câblée ou via l'APCK.

#### ➤ **La fonction consignation**

Elle mémorise les défauts, alarmes et signalisations, tout en préparant leur transfert vers l'APCK (traduction sous la forme heure + numéro d'information).

#### ➤ **La fonction communication**

Elle réalise les échanges et la transmission d'informations avec l'APCK et occasionnellement avec un terminal d'exploitation/consignation et imprimante locale en fonctionnement dégradé.

➤ **La fonction comptage et acquisition de mesures**

Elle assure le comptage des énergies et heures de marche du groupe, ainsi que les acquisitions de mesures nécessaires à la supervision.

## II. Configuration des automates

### II.1 Choix des automates

En plus des contraintes d'exploitation exprimées par le client (Cf Chapitre1§II.2), le choix de nos automates sera motivé par deux principaux critères à savoir :

- le concepteur : l'environnement automate de la centrale étant exclusivement *Schneider Electric*, le premier critère est que l'automate choisi soit un de ce constructeur
- la performance : nous prendrons le meilleur automate existant en termes de performance et de technicité chez le constructeur, et ce pour des installations de moyenne envergure.

C'est ainsi que notre choix s'est porté sur le *M580* de *Schneider Electric*, qui, comparé à d'autres automates tout aussi récents (*M340* notamment), est le meilleur automate en termes de technicité pour des installations de moyenne envergure.

*La fiche technique de cet automate est fournie en Annexes II.*

Les quatre groupes de notre centrale seront tous dotés du même automate *M580*.



*Figure 18 : Automate M580 Unity*

La configuration de l'automate sera faite en fonction du nombre d'informations que l'on cherche à gérer.

La configuration de nos automates va être réalisée en tenant compte des spécifications de la norme *CEI 1131* sur les API et les périphériques associés. Elle renseigne sur la configuration d'un API et la constitution d'un système automatisé.

## II. 2 Elaboration de la liste des entrées et sorties

### II.2.1 Liste des entrées TOR (Tout Ou Rien)

Les entrées TOR renseignent sur l'état de chaque élément de la centrale. Ce sont notamment les états des capteurs, sondes, indicateurs, boutons poussoirs, commutateurs, etc. Ci-après la liste des entrées répertoriées.

*Tableau 4 : Liste des entrées TOR*

| Liste des Entrées TOR APG3 API M580                                   |       |   |                 |
|---|-------|---|-----------------|
| @ M580  | Type  | Commentaire   | Adresse mémoire |
| <b>Carte 16 Entrées 48Vca - Rack 1 - Emplacement 0 - BMX DDI 1603</b> |       |   |                 |
| %I1.0.0   | EBOOL | Groupe 3 Arrêt d'urgence                            | %MW22500.0      |
| %I1.0.1   | EBOOL | Groupe 3 Défaut régulateur de vitesse               | %MW22500.1      |
| %I1.0.2   | EBOOL | Groupe 3 Survitesse électrique                      | %MW22500.2      |
| %I1.0.3   | EBOOL | Groupe 3 Survitesse mécanique (Emballément)         | %MW22500.3      |
| %I1.0.4   | EBOOL | Groupe 3 Fusion fusibles TT 5 kV protection mesures | %MW22500.4      |
| %I1.0.5   | EBOOL | Groupe 3 Fusion fusibles TT 5 kV régulation tension | %MW22500.5      |
| %I1.0.6   | EBOOL | Groupe 3 Défaut régulateur de tension               | %MW22500.6      |
| %I1.0.7   | EBOOL | Groupe 3 Défaut excitation                          | %MW22500.7      |
| %I1.0.8   | EBOOL | Groupe 3 Maximum courant rotor                      | %MW22500.8      |
| %I1.0.9   | EBOOL | Groupe 3 Défaut transfo. compoundage excitation     | %MW22500.9      |
| %I1.0.10  | EBOOL | Groupe 3 Défaut transfo. Shunt excitation           | %MW22500.10     |
| %I1.0.11  | EBOOL | Groupe 3 Masse stator                               | %MW22500.11     |
| %I1.0.12  | EBOOL | Groupe 3 Maximum courant stator                     | %MW22500.12     |
| %I1.0.13  | EBOOL | Groupe 3 Déséquilibre                               | %MW22500.13     |
| %I1.0.14  | EBOOL | Groupe 3 Perte de synchronisme                      | %MW22500.14     |
| %I1.0.15  | EBOOL | Groupe 3 Différentielle                             | %MW22500.15     |
| <b>Carte 16 Entrées 48Vca - Rack 1 - Emplacement 1 - BMX DDI 1603</b> |       |   |                 |
| %I1.1.0   | EBOOL | Groupe 3 Maximum tension stator                     | %MW22501.0      |
| %I1.1.1   | EBOOL | Groupe 3 Incendie alternateur                       | %MW22501.1      |
| %I1.1.2   | EBOOL | Groupe 3 Masse cuve transfo. Groupe                 | %MW22501.2      |
| %I1.1.3   | EBOOL | Groupe 3 Homopolaire transfo. Groupe                | %MW22501.3      |

| Liste des Entrées TOR APG3 API M580                                   |       |  |                 |
|---|-------|--|-----------------|
| @ M580  | Type  | Commentaire  | Adresse mémoire |
| %I1.1.4   | EBOOL | Groupe 3 Bucholz transfo. Groupe 1er stage             | %MW22501.4      |
| %I1.1.5   | EBOOL | Groupe 3 Bucholz transfo. Groupe 2eme stage            | %MW22501.5      |
| %I1.1.6   | EBOOL | Groupe 3 Supression cuve transfo. Auxiliaire           | %MW22501.6      |
| %I1.1.7   | EBOOL | Groupe 3 Defaut synchro-coupleur                       | %MW22501.7      |
| %I1.1.8   | EBOOL | Groupe 3 Non ouverture disjoncteur groupe              | %MW22501.8      |
| %I1.1.9   | EBOOL | Groupe 3 Niveau bas palier alternateur                 | %MW22501.9      |
| %I1.1.10  | EBOOL | Groupe 3 Niveau trop bas palier accumulateur           | %MW22501.10     |
| %I1.1.11  | EBOOL | Groupe 3 Niveau bas cuve huile palier 1 turbine        | %MW22501.11     |
| %I1.1.12  | EBOOL | Groupe 3 Niveau bas cuve huile palier 2 turbine        | %MW22501.12     |
| %I1.1.13  | EBOOL | Groupe 3 Niveau haut cuve huile palier 1 turbine       | %MW22501.13     |
| %I1.1.14  | EBOOL | Groupe 3 Masse rotor                                   | %MW22501.14     |
| %I1.1.15  | EBOOL | Groupe 3 Masse stator                                  | %MW22501.15     |
| <b>Carte 16 Entrées 48Vca - Rack 1 - Emplacement 2 - BMX DDI 1603</b> |       |  |                 |
| %I1.2.0   | EBOOL | Groupe 3 Echauffement air alternateur                  | %MW22502.0      |
| %I1.2.1   | EBOOL | Groupe 3 Echauffement 2eme stade palier alternateur    | %MW22502.1      |
| %I1.2.2   | EBOOL | Groupe 3 Echauffement 2eme stade palier 1 turbine      | %MW22502.2      |
| %I1.2.3   | EBOOL | Groupe 3 Echauffement 2eme stade palier 2 turbine      | %MW22502.3      |
| %I1.2.4   | EBOOL | Groupe 3 Echauffement 2eme stade transfo. Groupe       | %MW22502.4      |
| %I1.2.5   | EBOOL | Groupe 3 Vibration 2eme stade                          | %MW22502.5      |
| %I1.2.6   | EBOOL | Groupe 3 Echauffement 2eme stade transfo. Auxiliaire   | %MW22502.6      |
| %I1.2.7   | EBOOL | Groupe 3 Oscillation de puissance                      | %MW22502.7      |
| %I1.2.8   | EBOOL | Groupe 3 Manque eau refrigeration alternateur          | %MW22502.8      |
| %I1.2.9   | EBOOL | Groupe 3 Manque eau refrigeration palier alternateur   | %MW22502.9      |
| %I1.2.10  | EBOOL | Groupe 3 Manque eau refrigeration palier 1 turbine     | %MW22502.10     |
| %I1.2.11  | EBOOL | Groupe 3 Manque eau refrigeration palier 2 turbine     | %MW22502.11     |
| %I1.2.12  | EBOOL | Groupe 3 Manque eau refrigeration bac huile regulation | %MW22502.12     |
| %I1.2.13  | EBOOL | Groupe 3 Niveau bas accumulateur                       | %MW22502.13     |
| %I1.2.14  | EBOOL | Groupe 3 Manque pression huile regulation              | %MW22502.14     |
| %I1.2.15  | EBOOL | Groupe 3 Baisse pression conduite                      | %MW22502.15     |
| <b>Carte 16 Entrées 48Vca - Rack 1 - Emplacement 3 - BMX DDI 1603</b> |       |  |                 |
| %I1.3.0   | EBOOL | Groupe 3 Defaults DESG                                 | %MW22503.0      |
| %I1.3.1   | EBOOL | Groupe 3 Defaults DHSG                                 | %MW22503.1      |
| %I1.3.2   | EBOOL | Groupe 3 Defaults DBSG                                 | %MW22503.2      |
| %I1.3.3   | EBOOL | Groupe 3 Defaults DSG                                  | %MW22503.3      |
| %I1.3.4   | EBOOL | Groupe 3 Defaults DE regroupes                         | %MW22503.4      |
| %I1.3.5   | EBOOL | Groupe 3 Defaults DHC regroupes                        | %MW22503.5      |
| %I1.3.6   | EBOOL | Groupe 3 Defaults DH regroupes                         | %MW22503.6      |
| %I1.3.7   | EBOOL | Groupe 3 Defaults DB regroupes                         | %MW22503.7      |

| Liste des Entrées TOR APG3 API M580                                   |       |  |                 |
|---|-------|--|-----------------|
| @ M580  | Type  | Commentaire  | Adresse mémoire |
| %I1.3.8   | EBOOL | Groupe 3 Excitation en limitation de sur excitation      | %MW22503.8      |
| %I1.3.9   | EBOOL | Groupe 3 Niveau bas normal accu.                         | %MW22503.9      |
| %I1.3.10  | EBOOL | Groupe 3 RESERVE   | %MW22503.10     |
| %I1.3.11  | EBOOL | Groupe 3 RESERVE   | %MW22503.11     |
| %I1.3.12  | EBOOL | Groupe 3 RESERVE   | %MW22503.12     |
| %I1.3.13  | EBOOL | Groupe 3 RESERVE   | %MW22503.13     |
| %I1.3.14  | EBOOL | Groupe 3 RESERVE   | %MW22503.14     |
| %I1.3.15  | EBOOL | Groupe 3 RESERVE   | %MW22503.15     |
| <b>Carte 16 Entrées 48Vca - Rack 1 - Emplacement 4 - BMX DDI 1603</b> |       |  |                 |
| %I1.4.0   | EBOOL | Groupe 3 Validation tension tranche                      | %MW22504.0      |
| %I1.4.1   | EBOOL | Groupe 3 Defaut depart vanne de refrigeration            | %MW22504.1      |
| %I1.4.2   | EBOOL | Groupe 3 Defaut depart filtre brassert                   | %MW22504.2      |
| %I1.4.3   | EBOOL | Groupe 3 Defaut depart pompe 1 huile regulation          | %MW22504.3      |
| %I1.4.4   | EBOOL | Groupe 3 Defaut depart pompe 2 huile regulation          | %MW22504.4      |
| %I1.4.5   | EBOOL | Groupe 3 Defaut huile regulation pompe 1                 | %MW22504.5      |
| %I1.4.6   | EBOOL | Groupe 3 Defaut huile regulation pompe 2                 | %MW22504.6      |
| %I1.4.7   | EBOOL | Groupe 3 Niveau haut accumulateur                        | %MW22504.7      |
| %I1.4.8   | EBOOL | Groupe 3 Echauffement huile regulation                   | %MW22504.8      |
| %I1.4.9   | EBOOL | Groupe 3 Niveau anormal cuve huile regulation            | %MW22504.9      |
| %I1.4.10  | EBOOL | Groupe 3 Regulateur de vitesse en butee                  | %MW22504.10     |
| %I1.4.11  | EBOOL | Groupe 3 Defaut chaine tachymetrique                     | %MW22504.11     |
| %I1.4.12  | EBOOL | Groupe 3 Echauffement 1er stade palier alternateur       | %MW22504.12     |
| %I1.4.13  | EBOOL | Groupe 3 Echauffement 1er stade palier 1 turbine         | %MW22504.13     |
| %I1.4.14  | EBOOL | Groupe 3 Echauffement 1er stade palier 2 turbine         | %MW22504.14     |
| %I1.4.15  | EBOOL | Groupe 3 Defaut depart pompe huile palier turbine        | %MW22504.15     |
| <b>Carte 16 Entrées 48Vca - Rack 1 - Emplacement 5 - BMX DDI 1603</b> |       |  |                 |
| %I1.5.0   | EBOOL | Groupe 3 Excitation en limitation de courant             | %MW22505.0      |
| %I1.5.1   | EBOOL | Groupe 3 Excitation en limitation de sous excitation     | %MW22505.1      |
| %I1.5.2   | EBOOL | Groupe 3 Defaut relais protection temperature            | %MW22505.2      |
| %I1.5.3   | EBOOL | Groupe 3 Defaut relais protection vibrations             | %MW22505.3      |
| %I1.5.4   | EBOOL | Groupe 3 Vibrations 1er stade                            | %MW22505.4      |
| %I1.5.5   | EBOOL | Groupe 3 Protection incendie alternateur verrouillee     | %MW22505.5      |
| %I1.5.6   | EBOOL | Groupe 3 Emission de CO2                                 | %MW22505.6      |
| %I1.5.7   | EBOOL | Groupe 3 Echauffement 1er stade transfo. Groupe          | %MW22505.7      |
| %I1.5.8   | EBOOL | Groupe 3 Defaut auxiliaire transfo. Groupe               | %MW22505.8      |
| %I1.5.9   | EBOOL | Groupe 3 Echauffement 1er stade transfo. Auxiliaire      | %MW22505.9      |
| %I1.5.10  | EBOOL | Groupe 3 Manque de tension auxiliaire CA groupe          | %MW22505.10     |
| %I1.5.11  | EBOOL | Groupe 3 Defaut depart ventilateur regulateur de tension | %MW22505.11     |

| Liste des Entrées TOR APG3 API M580                                   |       |  |                 |
|---|-------|--|-----------------|
| @ M580  | Type  | Commentaire  | Adresse mémoire |
| %I1.5.12  | EBOOL | Groupe 3 Defaut depart reserve                               | %MW22505.12     |
| %I1.5.13  | EBOOL | Groupe 3 Defaut depart auxiliaire transfo. Groupe            | %MW22505.13     |
| %I1.5.14  | EBOOL | Groupe 3 Defaut depart chauffage alternateur                 | %MW22505.14     |
| %I1.5.15  | EBOOL | Groupe 3 Temperature anormale automate                       | %MW22505.15     |
| <b>Carte 16 Entrées 48Vca - Rack 1 - Emplacement 6 - BMX DDI 1603</b> |       |  |                 |
| %I1.6.0   | EBOOL | Groupe 3 Groupe en commande globale                          | %MW22506.0      |
| %I1.6.1   | EBOOL | Groupe 3 Groupe en commande locale                           | %MW22506.1      |
| %I1.6.2   | EBOOL | Groupe 3 Groupe en pas à pas                                 | %MW22506.2      |
| %I1.6.3   | EBOOL | Groupe 3 Groupe indisponible                                 | %MW22506.3      |
| %I1.6.4   | EBOOL | Groupe 3 Groupe en préparation de renvoi de tension          | %MW22506.4      |
| %I1.6.5   | EBOOL | Groupe 3 Surveillance chien de garde "IDBH"                  | %MW22506.5      |
| %I1.6.6   | EBOOL | Groupe 3 Retombée chaîne de secours                          | %MW22506.6      |
| %I1.6.7   | EBOOL | Groupe 3 Vanne de tête fermée                                | %MW22506.7      |
| %I1.6.8   | EBOOL | Groupe 3 Vanne de tête ouverte                               | %MW22506.8      |
| %I1.6.9   | EBOOL | Groupe 3 Vanne réfrigération fermée                          | %MW22506.9      |
| %I1.6.10  | EBOOL | Groupe 3 Vanne réfrigération ouverte                         | %MW22506.10     |
| %I1.6.11  | EBOOL | Groupe 3 Filtre brassier en service                          | %MW22506.11     |
| %I1.6.12  | EBOOL | Groupe 3 Pompe régulation 1 en service                       | %MW22506.12     |
| %I1.6.13  | EBOOL | Groupe 3 Pompe régulation 2 en service                       | %MW22506.13     |
| %I1.6.14  | EBOOL | Groupe 3 Vanne isolement accumulateur fermée                 | %MW22506.14     |
| %I1.6.15  | EBOOL | Groupe 3 Vanne isolement accumulateur ouverte                | %MW22506.15     |
| <b>Carte 16 Entrées 48Vca - Rack 1 - Emplacement 7 - BMX DDI 1603</b> |       |  |                 |
| %I1.7.0   | EBOOL | Groupe 3 Pression huile établie                              | %MW22507.0      |
| %I1.7.1   | EBOOL | Groupe 3 Niveau accumulateur établi                          | %MW22507.1      |
| %I1.7.2   | EBOOL | Groupe 3 Pression basse accumulateur                         | %MW22507.2      |
| %I1.7.3   | EBOOL | Groupe 3 Pression haute accumulateur                         | %MW22507.3      |
| %I1.7.4   | EBOOL | Groupe 3 Pompe circulation huile palier 1 turbine en service | %MW22507.4      |
| %I1.7.5   | EBOOL | Groupe 3 Vanne de pied fermée                                | %MW22507.5      |
| %I1.7.6   | EBOOL | Groupe 3 vanne de pied ouverte                               | %MW22507.6      |
| %I1.7.7   | EBOOL | Groupe 3 Vannage ferme                                       | %MW22507.7      |
| %I1.7.8   | EBOOL | Groupe 3 Vannage non ferme                                   | %MW22507.8      |
| %I1.7.9   | EBOOL | Groupe 3 Vannage position marche à vide                      | %MW22507.9      |
| %I1.7.10  | EBOOL | Groupe 3 Arrêt complet                                       | %MW22507.10     |
| %I1.7.11  | EBOOL | Groupe 3 Vitesse seuil excitation                            | %MW22507.11     |
| %I1.7.12  | EBOOL | Groupe 3 Vitesse seuil mise en service synchro.              | %MW22507.12     |
| %I1.7.13  | EBOOL | Groupe 3 Contacteur excitation ferme                         | %MW22507.13     |
| %I1.7.14  | EBOOL | Groupe 3 Régulation de tension en manuelle                   | %MW22507.14     |
| %I1.7.15  | EBOOL | Groupe 3 Disjoncteur arrivée TRA3 ouvert                     | %MW22507.15     |

| Liste des Entrées TOR APG3 API M580                                   |       |  |                 |
|---|-------|--|-----------------|
| @ M580  | Type  | Commentaire                                    | Adresse mémoire |
| <b>Carte 16 Entrées 48Vca - Rack 1 - Emplacement 8 - BMX DDI 1603</b> |       |  |                 |
| %I1.8.0   | EBOOL | Groupe 3 Commande forcee actionneur en service | %MW22508.0      |
| %I1.8.1   | EBOOL | Groupe 3 Chauffage alternateur en service      | %MW22508.1      |
| %I1.8.2   | EBOOL | Groupe 3 Disjoncteur groupe ouvert             | %MW22508.2      |
| %I1.8.3   | EBOOL | Groupe 3 Disjoncteur groupe fermee             | %MW22508.3      |
| %I1.8.4   | EBOOL | Groupe 3 Sectionneur barres A ouvert           | %MW22508.4      |
| %I1.8.5   | EBOOL | Groupe 3 Sectionneur barres A ferme            | %MW22508.5      |
| %I1.8.6   | EBOOL | Groupe 3 Sectionneur barres B ouvert           | %MW22508.6      |
| %I1.8.7   | EBOOL | Groupe 3 Sectionneur barres B ferme            | %MW22508.7      |
| %I1.8.8   | EBOOL | Groupe 3 Niveau haut normal accumulateur       | %MW22508.8      |
| %I1.8.9   | EBOOL | Groupe 3 Niveau haut huile palier alternnateur | %MW22508.9      |
| %I1.8.10  | EBOOL | Groupe 3 Fermeture VDT depuis usine            | %MW22508.10     |
| %I1.8.11  | EBOOL | Groupe 3 Vanne de tete en derive               | %MW22508.11     |
| %I1.8.12  | EBOOL | Groupe 3 Survitesse conduite                   | %MW22508.12     |
| %I1.8.13  | EBOOL | Groupe 3 Niveau bas bac a huile VDT            | %MW22508.13     |
| %I1.8.14  | EBOOL | Groupe 3 Retombée relais VDT/X                 | %MW22508.14     |
| %I1.8.15  | EBOOL | Groupe 3 Manque tension 127Vcc et 48Vcc VDT    | %MW22508.15     |
| <b>Carte 16 Entrées 48Vca - Rack 1 - Emplacement 9 - BMX DDI 1603</b> |       |  |                 |
| %I1.9.0   | EBOOL | Groupe 3 Ordre manuel de marche                | %MW22509.0      |
| %I1.9.1   | EBOOL | Groupe 3 Ordre manuel d'arret                  | %MW22509.1      |
| %I1.9.2   | EBOOL | Groupe 3 rearmement chaine de secours          | %MW22509.2      |
| %I1.9.3   | EBOOL | Groupe 3 Deblocage protection                  | %MW22509.3      |
| %I1.9.4   | EBOOL | Groupe 3 Marche par APCK                       | %MW22509.4      |
| %I1.9.5   | EBOOL | Groupe 3 Arret par APCK                        | %MW22509.5      |
| %I1.9.6   | EBOOL | Groupe 3 TDP synchro. Horaire                  | %MW22509.6      |
| %I1.9.7   | EBOOL | Groupe 3 Presence APCK                         | %MW22509.7      |
| %I1.9.8   | EBOOL | Groupe 3 + vite + puissance active             | %MW22509.8      |
| %I1.9.9   | EBOOL | Groupe 3 - vite - puissance active             | %MW22509.9      |
| %I1.9.10  | EBOOL | Groupe 3 Synchronisation auto.                 | %MW22509.10     |
| %I1.9.11  | EBOOL | Groupe 3 Presence tension groupe               | %MW22509.11     |
| %I1.9.12  | EBOOL | Groupe 3 RESERVE                               | %MW22509.13     |
| %I1.9.13  | EBOOL | Groupe 3 Niveau haut palier 2 turbine          | %MW22509.14     |
| %I1.9.14  | EBOOL | Groupe 3 Energie puissance active              | %MW22509.15     |
| %I1.9.15  | EBOOL | Groupe 3 Energie puissance reactive            | %MW22509.16     |

Pour les entrées TOR, nous utiliserons des cartes de type *BMX DDI 1603*. Ce sont des cartes à 16 entrées chacune et nous en utiliserons 10. Ce qui nous fait un total de 160 Entrées TOR disponibles.

Nous avons 153 sur 160 voies qui sont utilisées ; les 7 restantes ayant mises en réserve.

Le raccordement des entrées TOR *BMX DDI 1603 48 Vcc* à la puissance est réalisé sur une embase de type *Telefast ABE-7S 16E2E1*. Pour plus d'informations, voir bibliographie (1).

### II.2.2 Liste des entrées ANALOGIQUES

L'automate doit, en plus des informations reçues des capteurs et sondes, avoir les indications de puissances actives et réactives en entrées. C'est ainsi que comme entrées analogiques, nous aurons :

*Tableau 5 : Liste des Entrées ANA*

| Liste des Entrées ANA APG3 API M580                            |       |                    |                 |
|--|-------|--------------------|-----------------|
| @ M580   | Type  | Commentaire        | Adresse mémoire |
| Carte 8 Entrées Relais - Rack 0 - Emplacement 5 - BMX AMI 0810 |       |                    |                 |
| %IW0.5.0   | UDINT | Puissance active   | %MW22522        |
| %IW0.5.1   | UDINT | Puissance reactive | %MW22523        |
| %IW0.5.2   | UDINT | RESERVE            | %MW22530        |
| %IW0.5.3   | UDINT | RESERVE            | %MW22531        |
| %IW0.5.4   | UDINT | RESERVE            | %MW22532        |
| %IW0.5.5   | UDINT | RESERVE            | %MW22533        |
| %IW0.5.6   | UDINT | RESERVE            | %MW22534        |
| %IW0.5.7   | UDINT | RESERVE            | %MW22535        |

Ainsi, pour les entrées ANA, nous utiliserons des cartes de type *BMX AMI 0810*. Pour plus d'informations, voir bibliographie (2). Ce sont des cartes à 8 entrées chacune et nous en utiliserons une seule.

Nous avons 2 sur 8 voies qui sont utilisées ; les 6 restantes ayant mises en réserve.

Le raccordement des entrées analogiques *BMX AMI 0810* à la partie puissance est réalisé sur une embase de type *Telefast ABE-7CPA02*.

### II.2.3 Liste des sorties TOR

Selon les informations sur le système, l'API doit envoyer en sortie donner des ordres tels que :

- Alarmes
- Ordres de commandes de vannes, pompes, moteurs...
- Ouverture ou non-ouverture de disjoncteur
- Ordre de variation de la vitesse ou de puissance
- Lampes allumées ou éteintes. Etc.

C'est ainsi que nous avons comme sorties TOR :

*Tableau 6 : Liste des sorties TOR*

| Liste des Sorties TOR APG3 API M580                                     |       |   |                 |
|---|-------|---|-----------------|
| @ M580  | Type  | Commentaire   | Adresse mémoire |
| <b>Carte 16 Sorties Relais - Rack 0 - Emplacement 9 - BMX DRA 1605</b>  |       |   |                 |
| %Q0.9.0   | EBOOL | Groupe 3 Alarme urgente                                   | %MW22518.0      |
| %Q0.9.1   | EBOOL | Groupe 3 Non ouverture disjoncteur                        | %MW22518.1      |
| %Q0.9.2   | EBOOL | Groupe 3 Klaxon   | %MW22518.2      |
| %Q0.9.3   | EBOOL | Groupe 3 Presence APG                                     | %MW22518.3      |
| %Q0.9.4   | EBOOL | Groupe 3 Lampe groupe en marche                           | %MW22518.4      |
| %Q0.9.5   | EBOOL | Groupe 3 Lampe groupe a l'arret                           | %MW22518.5      |
| %Q0.9.6   | EBOOL | Groupe 3 Lampe groupe bloque                              | %MW22518.6      |
| %Q0.9.7   | EBOOL | Groupe 3 Lampe groupe prêt au renvoi de tension           | %MW22518.7      |
| %Q0.9.8   | EBOOL | Groupe 3 Deverouille pendant renvoi de tension            | %MW22518.8      |
| %Q0.9.9   | EBOOL | Groupe 3 Inhibition declenchement chaine de secours       | %MW22518.9      |
| %Q0.9.10  | EBOOL | Groupe 3 Commande vanne de refrigeration                  | %MW22518.10     |
| %Q0.9.11  | EBOOL | Groupe 3 Commande filtre brassert                         | %MW22518.11     |
| %Q0.9.12  | EBOOL | Groupe 3 Commande pompe de regulation                     | %MW22518.12     |
| %Q0.9.13  | EBOOL | Groupe 3 Commande vanne isolement accumulateur            | %MW22518.13     |
| %Q0.9.14  | EBOOL | Groupe 3 Commande vanne injection d'air                   | %MW22518.14     |
| %Q0.9.15  | EBOOL | Groupe 3 Commande vanne decharge huile de regulation      | %MW22518.15     |
| <b>Carte 16 Sorties Relais - Rack 0 - Emplacement 10 - BMX DRA 1605</b> |       |   |                 |
| %Q0.10.0  | EBOOL | Groupe 3 Commande by-pass et vanne de pied                | %MW22519.0      |
| %Q0.10.1  | EBOOL | Groupe 3 Commande electro securite vannage                | %MW22519.1      |
| %Q0.10.2  | EBOOL | Groupe 3 Commande contacteur excitation                   | %MW22519.2      |
| %Q0.10.3  | EBOOL | Groupe 3 Autorisation commande disjoncteur groupe         | %MW22519.3      |
| %Q0.10.4  | EBOOL | Groupe 3 RESERVE  | %MW22519.4      |
| %Q0.10.5  | EBOOL | Groupe 3 + Limiteur ouverture                             | %MW22519.5      |
| %Q0.10.6  | EBOOL | Groupe 3 - Limiteur ouverture                             | %MW22519.6      |
| %Q0.10.7  | EBOOL | Groupe 3 + Vitesse regulateur de vitesse avant couplage   | %MW22519.7      |
| %Q0.10.8  | EBOOL | Groupe 3 - Vitesse regulateur de vitesse avant couplage   | %MW22519.8      |
| %Q0.10.9  | EBOOL | Groupe 3 + Puissance active regulateur de vitesse         | %MW22519.9      |
| %Q0.10.10   | EBOOL | Groupe 3 - Puissance active regulateur de vitesse         | %MW22519.10     |
| %Q0.10.11   | EBOOL | Groupe 3 Validation ordre exterieur regulateur de vitesse | %MW22519.11     |
| %Q0.10.12   | EBOOL | Groupe 3 Commande pompe huile palier 1 turbine            | %MW22519.12     |
| %Q0.10.13   | EBOOL | Groupe 3 Maintien excitation disjoncteur non ouvert       | %MW22519.13     |
| %Q0.10.14   | EBOOL | Groupe 3 Commande aerorefrigerant transfo. Groupe         | %MW22519.14     |
| %Q0.10.15   | EBOOL | Groupe 3 Declenchement disjoncteur TRA 3                  | %MW22519.15     |

| Liste des Sorties TOR APG3 API M580                                     |       |   |                 |
|---|-------|---|-----------------|
| @ M580  | Type  | Commentaire   | Adresse mémoire |
| <b>Carte 16 Sorties Relais - Rack 0 - Emplacement 11 - BMX DRA 1605</b> |       |   |                 |
| %Q0.11.0  | EBOOL | Groupe 3 Commande chauffage alternateur                   | %MW22520.0      |
| %Q0.11.1  | EBOOL | Groupe 3 Mise en service synchro-coupleur                 | %MW22520.1      |
| %Q0.11.2  | EBOOL | Groupe 3 Fermeture vanne de tete                          | %MW22520.2      |
| %Q0.11.3  | EBOOL | Groupe 3 RESERVE  | %MW22520.3      |
| %Q0.11.4  | EBOOL | Groupe 3 RESERVE  | %MW22520.4      |
| %Q0.11.5  | EBOOL | Groupe 3 RESERVE  | %MW22520.5      |
| %Q0.11.6  | EBOOL | Groupe 3 RESERVE  | %MW22520.6      |
| %Q0.11.7  | EBOOL | Groupe 3 RESERVE  | %MW22520.7      |
| %Q0.11.8  | EBOOL | Groupe 3 Validation ordre extérieur Regulateur de tension | %MW22520.8      |
| %Q0.11.9  | EBOOL | Groupe 3 RESERVE  | %MW22520.9      |
| %Q0.11.10   | EBOOL | Groupe 3 RESERVE  | %MW22520.10     |
| %Q0.11.11   | EBOOL | Groupe 3 RESERVE  | %MW22520.11     |
| %Q0.11.12   | EBOOL | Groupe 3 Chien de garde battant                           | %MW22520.12     |
| %Q0.11.13   | EBOOL | Groupe 3 RESERVE  | %MW22520.13     |
| %Q0.11.14   | EBOOL | Groupe 3 RESERVE  | %MW22520.14     |
| %Q0.11.15   | EBOOL | Groupe 3 RESERVE  | %MW22520.15     |

Pour les sorties TOR, nous utiliserons des cartes de type *BMX DRA 1605*. Ce sont des cartes à 16 entrées chacune et nous en utiliserons 3. Ce qui nous fait un total de 48 sorties TOR disponibles. Nous avons 37 sur 48 voies qui sont utilisées ; les 11 restantes ayant mises en réserve.

Le raccordement du module *BMX DRA 1605* à la partie puissance peut être réalisé sur une embase de type *Telefast ABE-7S 16E2E1*. Pour plus d'informations, voir bibliographie (1).

## II.2.4 Liste des sorties ANALOGIQUES

Pour les sorties ANA, nous utiliserons des cartes de type *BMX AMO 0410*. Ce sont des cartes à 4 entrées chacune et nous en utiliserons une seule. Nous avons 2 sur 4 voies qui sont utilisées ; les 2 restantes ayant mises en réserve.

*Tableau 7 : Liste des sorties ANA*

| Liste des Sorties ANA APG3 API M580                                   |       |                                       |              |
|---|-------|---------------------------------------|--------------|
| @ M580  | Type  | Commentaire                           | Localisation |
| <b>Carte 8 Entrées Relais - Rack 0 - Emplacement 5 - BMX AMO 0410</b> |       |                                       |              |
| %IW0.6.0  | UDINT | Ordre extérieur regulateur de tension | %MW22545     |
| %IW0.6.1  | UDINT | Ordre extérieur regulateur de vitesse | %MW22546     |

|          |       |         |            |
|----------|-------|---------|------------|
| %IW0.6.2 | UDINT | RESERVE | %MW22600.0 |
| %IW0.6.3 | UDINT | RESERVE | %MW22600.1 |

Le raccordement du module *BMX AMO 0410* à la partie puissance est réalisé sur une embase de type *TELEFAST ABE-7CPA21*.

Le câble utilisé pour raccorder l'embase Téléfast à la carte des sorties est le câble préfabriqué *BMX FCA 150/300/500*, en fonction des longueurs requises sur le terrain. En effet, ce câble est commercialisé sous trois longueurs, comme indique le tableau qui suit.

*Tableau 8 : Caractéristiques de câbles pour les sorties ANA*

| REFERENCE   | LONGUEUR (m) |
|-------------|--------------|
| BMX FCA 150 | 1,5          |
| BMX FCA 300 | 3            |
| BMX FCA 500 | 5            |

Le câblage des entrées et sorties de notre automate a été réalisé conformément aux spécifications de la norme *EN 954-1 sur le câblage des Entrées/Sorties des automates*.

### III. Choix du processeur

Pour faire le choix d'un processeur, nous nous baserons sur les critères suivants :

- Existence ou non d'un module de communication Ethernet
- nombre maximal d'entrées et de sorties TOR et ANA qu'il sera en mesure de gérer
- Rapidité d'exécution des programmes
- capacité de stockage des données (mémoire de l'automate).

C'est ainsi que, pour des raisons techniques, notre choix se portera sur le processeur *BME P58 2040*. Plus de détails sur ses caractéristiques, voir fiche technique *BME P58 2040* fournie en annexes Chapitre III.

### IV. Choix de l'alimentation, des racks et du coupleur

Le choix de l'alimentation quant à lui sera fait en considérant :

- Le type (tension, intensité) de modules
- Le nombre de modules
- Le nombre de racks de l'automatisme.

Ainsi donc après avoir évalué la consommation des racks constituant notre automatisme, nous serons à même de choisir avec certitude le module d'alimentation adéquat.

Ci-après un bilan de consommation de nos racks avec les modules d'entrées et de sorties énumérés plus haut.

*Tableau 9 : Bilan de consommation de l'automate*

| DESIGNATION                 | REFERENCE     | NOMBRE | INTENSITE ABSORBEE (MA) | TENSION DU MODULE (VDC) |
|-----------------------------|---------------|--------|-------------------------|-------------------------|
| Processeur                  | P58 2040      | 1      | 270                     | 24                      |
| Entrées ANA                 | AMI 0810      | 1      | 20                      | 5                       |
| Sorties TOR                 | DRA 1605      | 3      | 100×3                   | 5                       |
| Sorties ANA                 | AMO 0410      | 1      | 21                      | 5                       |
| Entrées TOR                 | DDI 1603      | 10     | 2,5×10                  | 48                      |
| <b>Total</b>                |               |        | 636                     | 48                      |
| <b>Puissance totale (W)</b> | <b>30,528</b> |        |                         |                         |

Il est important de souligner que la valeur de tension indiquée pour chaque type de variables (Entrée ou Sortie) dans le tableau correspond à la valeur d'un unique module ; les modules étant montés en parallèle, la tension se conserve et les intensités vont s'additionner.

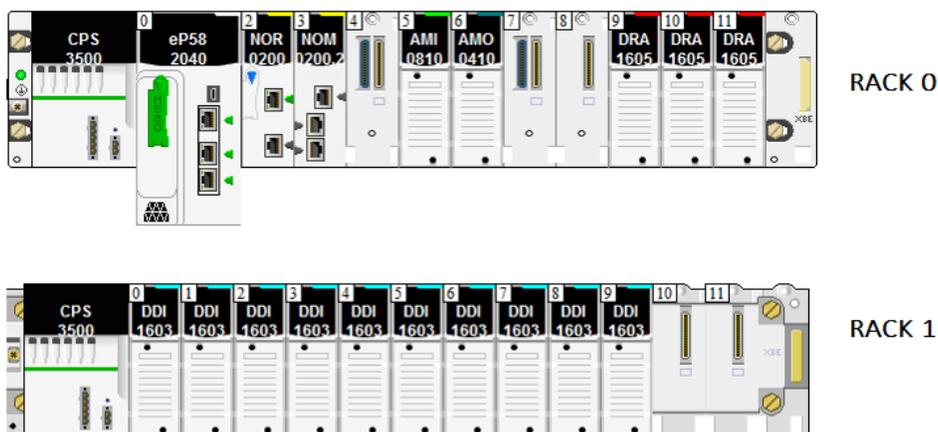
La puissance a été calculée ici en utilisant la formule  $P = U \times I \times \cos\varphi$ .

Avec  $\cos\varphi=1$  (nous avons considéré nos modules comme étant des charges purement résistives).

D'après le catalogue Schneider Electric 2012, on choisira une alimentation ayant pour référence *CPS 3500* (Voir Annexes II). Cette alimentation pourra en effet fournir une puissance de 36W.

Le bloc d'alimentation, le processeur et les modules d'entrées et sorties déterminés plus haut seront montés sur deux racks de type **BMX XPB 1200** ; nous comptabiliserons au total 24 emplacements donc 19 emplacements utilisés et 5 en réserve.

La disposition des modules étant sur la figure ci-dessous.



*Figure 19 : Configuration de l'automate*

*Tableau 10 : Configuration de l'automate*

| CONFIGURATION D'UN M580 POUR CHAQUE APG |                            |                        |
|---|----------------------------|------------------------|
| REFERENCE                               | DESIGNATION                | EMPLACEMENT            |
| CPS 3500                                | Carte d'alimentation 48Vac | Rack 0, Rack 1         |
| eP58 2040                               | Processeur                 | Rack 0, Module 1       |
| NOM 0200.2                              | Carte de communication     | Rack 0, Module 3       |
| AMO 0410                                | Sortie ANA 4 Voies         | Rack 0, Module 5       |
| AMI 0810                                | Entrées ANA 8 Voies        | Rack 0, Module 6       |
| DRA 1605                                | Sorties TOR 16 Voies       | Rack 0, Modules 9 à 11 |
| DDI 1603                                | Entrées TOR 16 Voies       | Rack 0, Modules 0 à 9  |

Pour que la communication soit effective entre les deux racks, il est nécessaire d'installer un coupleur. Le coupleur se présente comme un module que l'on raccordera sur chacun des deux racks ; ils seront donc au nombre de deux et seront liés par un câble.

Le coupleur choisi est de référence *BME XBE 1000*, avec pour terminaison *TSX TLY EX*.

Et le câble utilisé a pour référence *BMX XBC xxxK*. Les lettres *xxx* désignent en fait la longueur que fera notre câble ; en effet, ce câble existe pour des longueurs variant de 0,80 à 12 mètres. C'est lors de l'installation et en fonction de la distance observable entre nos deux racks sur le site que nous choisirons de façon efficace la longueur du câble.

### III. Traitement des données et architecture logicielle de la supervision

#### III.1 Modèle de l'application

Notre système de supervision, basé sur le modèle des systèmes SCADA, devra comporter deux sous-ensembles fonctionnels :

- commande
- surveillance
  - La commande

Le rôle de la commande sera de faire exécuter un ensemble d'opérations aux groupes, en fixant les consignes de fonctionnement relatives à des ordres d'exécution donnés.

Pour ce faire, la commande regroupera toutes les fonctions agissant directement sur les actionneurs du procédé tout en permettant d'assurer :

- les traitements d'urgence,
- la gestion ou la reprise des modes de fonctionnement,
- le fonctionnement en l'absence d'une défaillance.

- La surveillance

La surveillance quant à elle agira sur le contrôle des procédés et la signalisation d'anomalies. Elle se chargera de :

- La détection et l'affichage de fonctionnements inattendus
- La modification des modèles en cas fonctionnement inattendu (par exemple des changements de commandes, des réinitialisations, etc).

#### III.2 Organigramme de notre supervision

Toutes les fonctions de l'analyse fonctionnelle ne seront pas représentées sur les pages de notre application de supervision. Certaines fonctions seront intégrées comme des sous-fonctions dans d'autres.

- La fonction *Conduite* intégrera les fonctions *Réglages*, *Commande* et *Comptage*.
- La fonction *Choix de conduite* quant à elle intégrera les fonctions *Consignation* et *Communication*.
- La fonction *Traitement des alarmes* qui intégrera le *Protection*.
- Cf. Chapitre III, partie I.2.2.

La fonction *Conduite* sera notre sous-ensemble commande ; les fonctions *Choix de conduite* et *Traitement des alarmes* pour la surveillance.

Le tableau suivant présente de façon grossière l'organigramme de l'application de supervision.

Chaque page est développée sur un ensemble de vues ; la vue affichage 1 est la première vue d'une page ; et la vue affichage 2 est la vue obtenue par un clic quelconque sur la vue affichage 1. De la même façon, la vue affichage 3 est obtenue après un clic sur la vue affichage 2.

Les détails sur les variables intervenant sur chacune des pages et dans chaque fonction sont donnés en annexes.

Les pages développées sont répertoriées dans le tableau ci-dessous :

*Tableau 11 : Organigramme de la supervision*

| <b>Choix de conduite</b>   |        |
|--|--------|
| Accueil et Modes de choix de conduite  | Page 1 |
| Détails des modes de conduite  | Page 2 |
| <b>Conduite et Alarmes</b>   |        |
| Noms et signalisations des procédures normales et sur défaut, Types d'alarmes et noms des groupes de défauts | Page 3 |
| Etapes des différentes procédures (normales et sur défaut)   | Page 4 |
| Noms des défauts   | Page 5 |

## IV. Conception de l'application

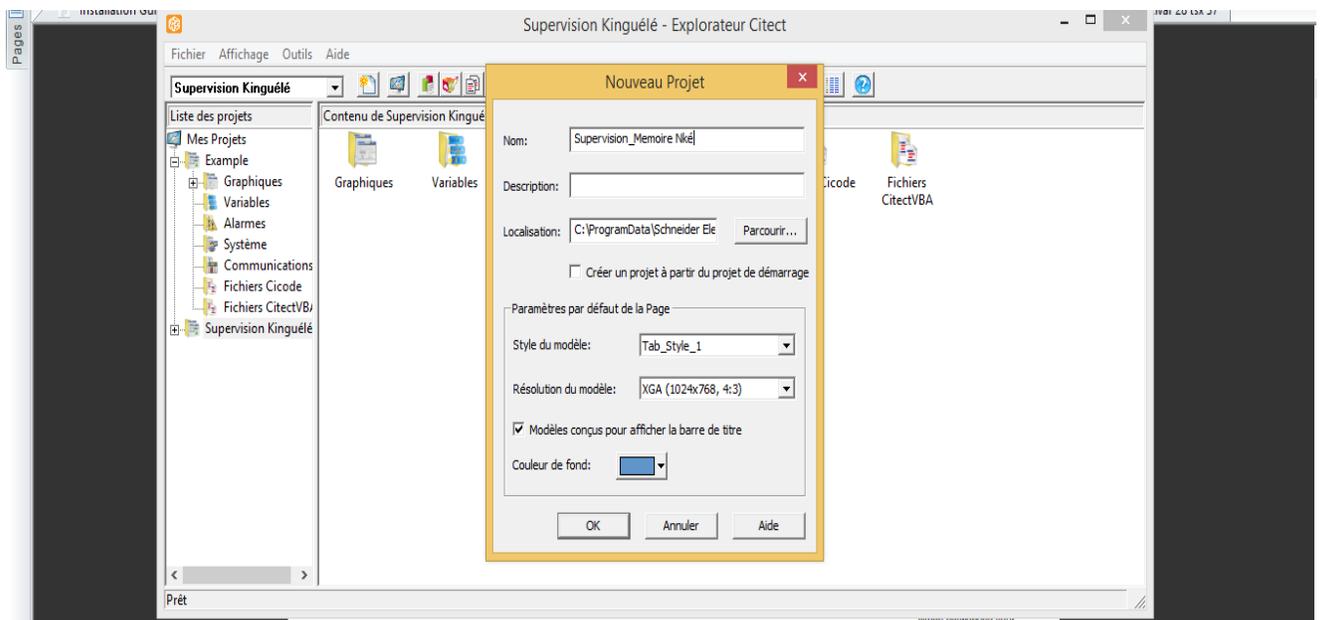
La conception de notre application de supervision va passer par plusieurs étapes avant de commencer la création proprement dite de nos pages de supervision.

Il s'agira successivement de :

- Créer un nouveau projet
- Configurer la communication
- Importer les variables
- Créer les pages de supervision.

### IV.1 Création du projet

Il est question dans cette partie de définir le nom du projet, sa description, sa location dans l'ordinateur, ainsi que le style de pages de supervision qu'on souhaite développer. Cela se présente dans le logiciel comme suit :



*Figure 20 : Création du projet*

### IV.2 Configuration de la communication

Il s'agit dans cette partie de configurer la communication entre notre superviseur et les automates. C'est dans cette partie qu'intervient le logiciel *OFS*. En effet, c'est via notre

superviseur que nous allons définir comment notre application communiquera avec les automates.

Comme dit dans *le chapitre II § IV.2.1*, le serveur OFS assurera une interface masquée entre les APIs des groupes et notre application Vijeo Citect (retransmission de données).

Pour ce faire, nous avons obligatoirement besoin de définir les éléments ci-après :

- Un serveur d'entrées/sorties à choisir sur le logiciel
- Un périphérique d'entrées/sorties : On sélectionne tour à tour le fabricant *Schneider-Electric*, le modèle d'automates M580, puis le type de communication OPC Factory Server (*OFS*).
- Les messages proprement dits (base de données des échanges : ici nos listes de variables) : On sélectionne l'option de lier le périphérique d'E/S à une base de données externe.

### **IV.3 Création des pages de supervision**

Une fois le logiciel démarré et les étapes précédentes réalisées, on peut ouvrir l'éditeur graphique et commencer à créer notre première page.

L'organigramme de notre supervision prévoit que notre application comportera cinq pages.

Les figures qui vont suivre donneront le résultat de chacune des pages que nous avons créé ; les simulations de chacune de ces pages seront présentées dans le chapitre suivant.

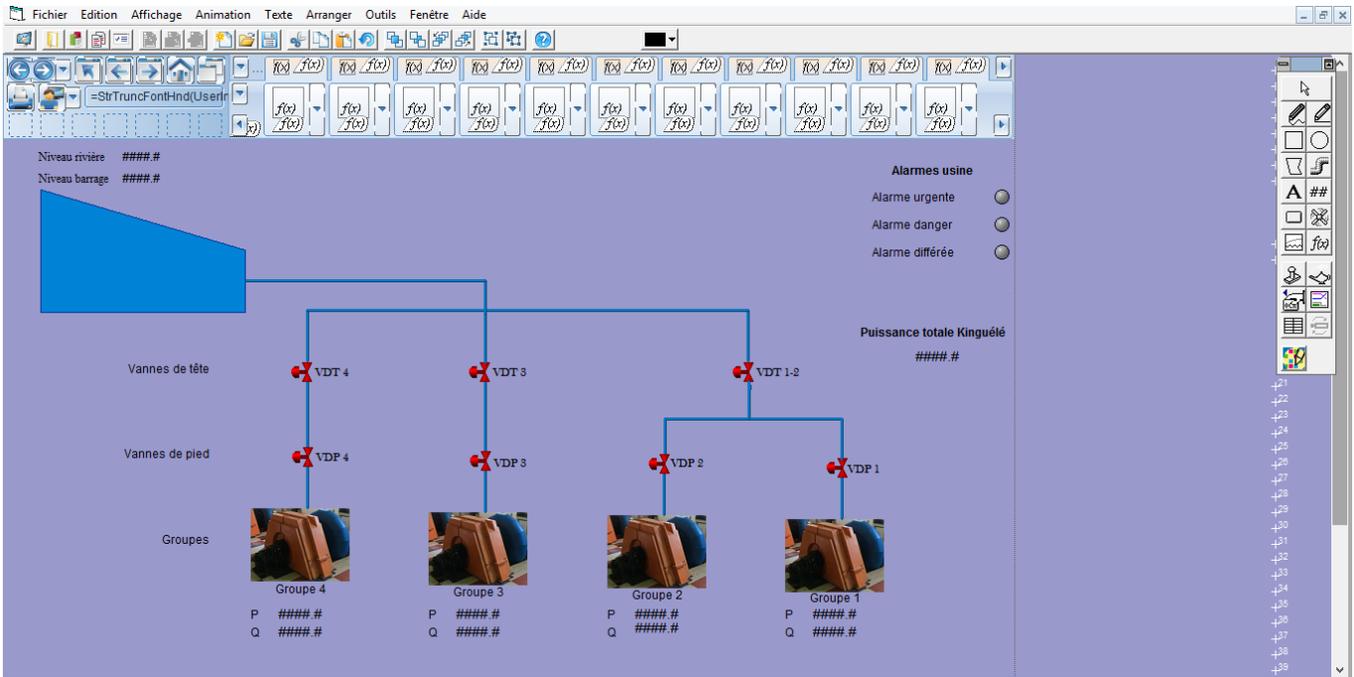


Figure 21 : Page 1 du superviseur: « accueil »

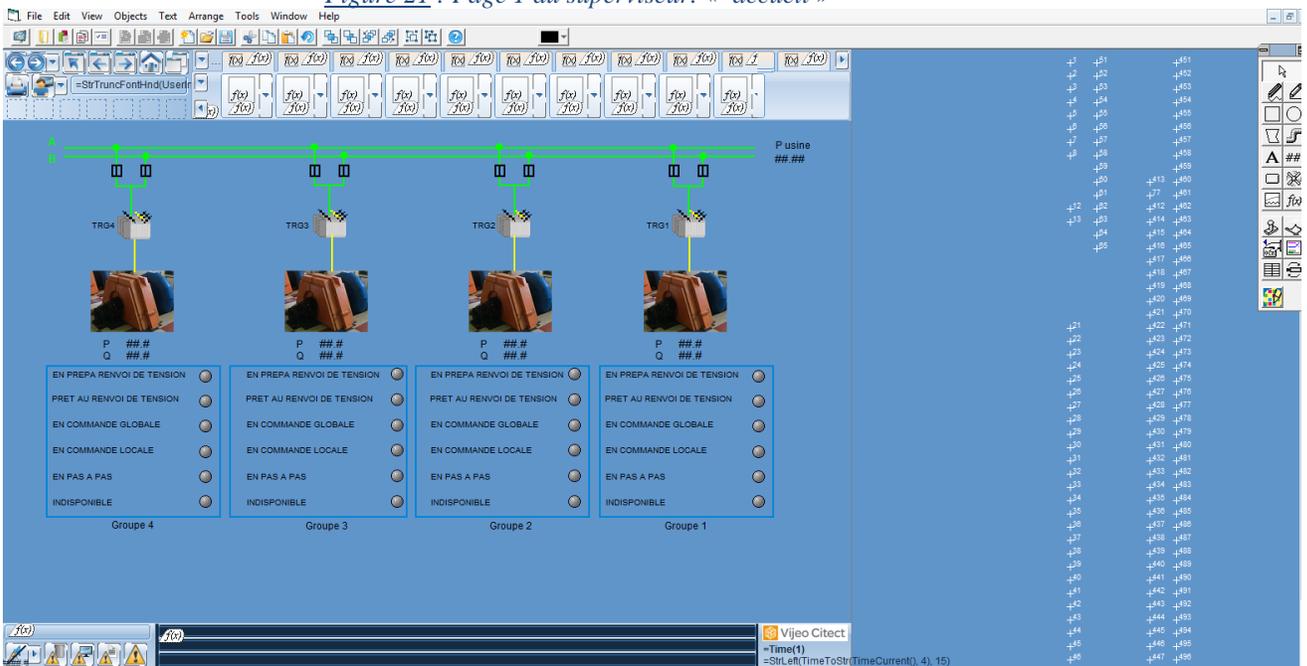


Figure 22 : Page 2 du superviseur « Choix de mode de conduite »

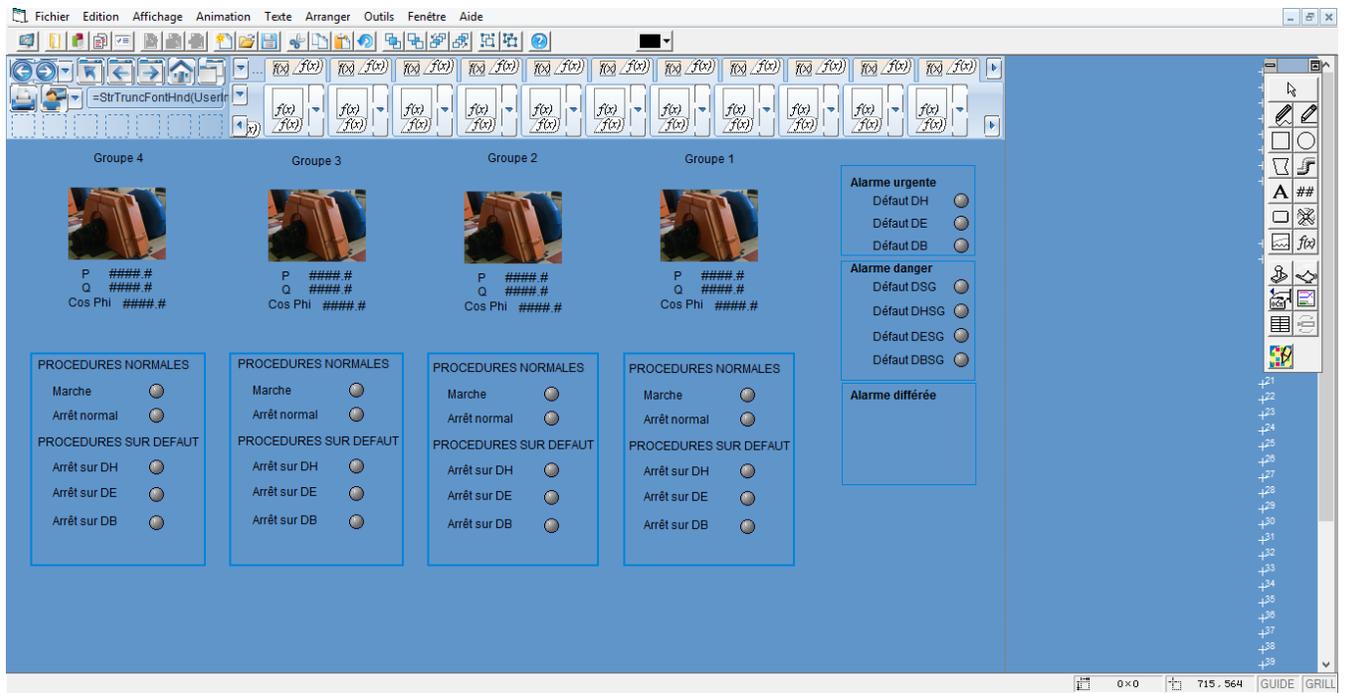


Figure 23 : Page 3 du superviseur « Types de procédures et alarmes »

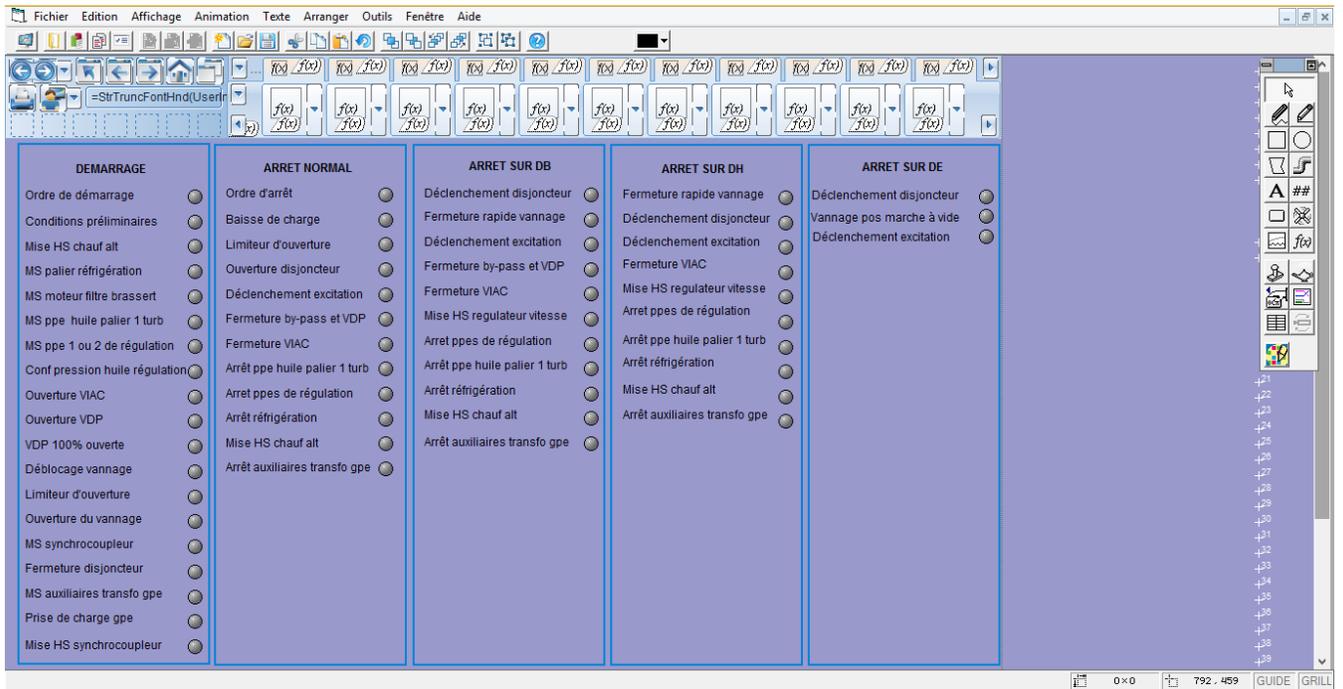


Figure 24 : Page 4 du superviseur « Etapes des différentes procédures »

## Chapitre 4 : SIMULATION

Dans l'optique de dissocier le fonctionnement de l'application de supervision du fonctionnement du programme des automates des groupes, nous allons devoir simuler le fonctionnement de notre application avant de la connecter aux automates.

Pour pouvoir réaliser nos simulations, nous allons affecter à chaque objet de chacune de nos pages de supervision, une variable. En effet, la simulation n'est possible qu'en utilisant des variables locales ; c'est-à-dire des variables définies dans le superviseur.

Nous allons donc :

- **Définir des variables locales** (dans le superviseur) : En affectant une variable, on définit le type, la nature et les caractéristiques de ladite variable. Notons que les variables importées sont déjà présentes dans notre application de supervision mais il est en plus indispensable de représenter chacune d'elles à l'endroit adéquat sur les pages, pour tester l'application de supervision.
- **Relier chaque objet de chaque page à une variable** locale via notamment une équation logique
- **Faire la simulation** proprement dite.

### I. Hypothèses de simulation

Dans cette partie, nous allons simuler le fonctionnement de la centrale dans un état bien défini.

Les hypothèses de fonctionnement des groupes de notre centrale pour notre simulation sont donc les suivants :

- ✚ Le groupe 4 fonctionne en commande globale et suit la procédure de marche normale ;
- ✚ Le groupe 3 est en préparation de renvoi de tension et de ce fait suit la procédure de marche normale ;
- ✚ Le groupe 2 est en commande locale et suit la procédure d'arrêt normal ;
- ✚ Le groupe 1 est indisponible et suit la procédure d'arrêt sur DE.

### II. Définition des variables locales

Dans cette partie, nous présenterons uniquement la définition des variables pour une seule de nos pages de nos simulations. Nos variables ayant déjà été présentées dans le Chapitre 2 § II.2, nous avons jugé inutile (du fait qu'elles sont plus d'une centaine) de toutes les représentées encore ici.

*Tableau 12 : Déclaration des variables locales pour la page « Choix de modes de conduite »*

| COMMENTAIRES  | TYPE | NOM               |
|---|------|-------------------|
| Groupe 4 Groupe en commande globale                 | BOOL | G4CdeGlobaleGpe   |
| Groupe 4 Groupe en commande locale                  | BOOL | G4CdeLocalGpe     |
| Groupe 4 Groupe en pas à pas                        | BOOL | G4PapGpe          |
| Groupe 4 Groupe indisponible                        | BOOL | G4GplIndispo      |
| Groupe 4 Groupe en préparation de renvoi de tension | BOOL | G4GpePrepRenvoiU  |
| Groupe 4 Disjoncteur arrivee TRA3 ouvert            | BOOL | G4DjArrTRA3Ouv    |
| Groupe 4 Sectionneur barres A ouvert                | BOOL | G4DfSectBarAOuver |
| Groupe 4 Sectionneur barres B ouvert                | BOOL | G4DfSectBarBOuver |
| Groupe 4 Energie puissance active                   | INT  | G4EnergieP        |
| Groupe 4 Energie puissance reactive                 | INT  | G4EnergieQ        |
| Groupe 3 Groupe en commande globale                 | BOOL | G3CdeGlobaleGpe   |
| Groupe 3 Groupe en commande locale                  | BOOL | G3CdeLocalGpe     |
| Groupe 3 Groupe en pas à pas                        | BOOL | G3PapGpe          |
| Groupe 3 Groupe indisponible                        | BOOL | G3GplIndispo      |
| Groupe 3 Groupe en préparation de renvoi de tension | BOOL | G3GpePrepRenvoiU  |
| Groupe 3 Disjoncteur arrivee TRA3 ouvert            | BOOL | G3DjArrTRA3Ouv    |
| Groupe 3 Sectionneur barres A ouvert                | BOOL | G3DfSectBarAOuver |
| Groupe 3 Sectionneur barres B ouvert                | BOOL | G3DfSectBarBOuver |
| Groupe 3 Energie puissance active                   | INT  | G3EnergieP        |
| Groupe 3 Energie puissance reactive                 | INT  | G3EnergieQ        |
| Groupe 2 Groupe en commande globale                 | BOOL | G2CdeGlobaleGpe   |
| Groupe 2 Groupe en commande locale                  | BOOL | G2CdeLocalGpe     |
| Groupe 2 Groupe indisponible                        | BOOL | G2GplIndispo      |
| Groupe 2 Groupe en préparation de renvoi de tension | BOOL | G2GpePrepRenvoiU  |
| Groupe 2 Disjoncteur arrivee TRA3 ouvert            | BOOL | G2DjArrTRA3Ouv    |
| Groupe 2 Sectionneur barres A ouvert                | BOOL | G2DfSectBarAOuver |
| Groupe 2 Sectionneur barres B ouvert                | BOOL | G2DfSectBarBOuver |
| Groupe 2 Energie puissance active                   | INT  | G2EnergieP        |
| Groupe 2 Energie puissance reactive                 | INT  | G2EnergieQ        |
| Groupe 1 Groupe en commande globale                 | BOOL | G1CdeGlobaleGpe   |
| Groupe 1 Groupe en commande locale                  | BOOL | G1CdeLocalGpe     |
| Groupe 1 Groupe en pas à pas                        | BOOL | G1PapGpe          |
| Groupe 1 Groupe en préparation de renvoi de tension | BOOL | G1GpePrepRenvoiU  |
| Groupe 1 Disjoncteur arrivee TRA3 ouvert            | BOOL | G1DjArrTRA3Ouv    |
| Groupe 1 Sectionneur barres A ouvert                | BOOL | G1DfSectBarAOuver |
| Groupe 1 Sectionneur barres B ouvert                | BOOL | G1DfSectBarBOuver |
| Groupe 1 Energie puissance active                   | INT  | G1EnergieP        |
| Groupe 1 Energie puissance reactive                 | INT  | G1EnergieQ        |

### III. Résultats des simulations et interprétations

Après avoir défini nos variables et après les avoir affectées aux objets sur les pages, nous allons pouvoir animer nos pages en procédant à la simulation, conformément aux hypothèses de simulation posées.

Les résultats de notre simulation seront présentés sous forme de capture d'écran que nous interpréterons par la suite.

Nous présenterons le résultat de la simulation de la page 2 (Choix des modes de conduite) de notre application ; c'est également ce résultat que nous interpréterons.

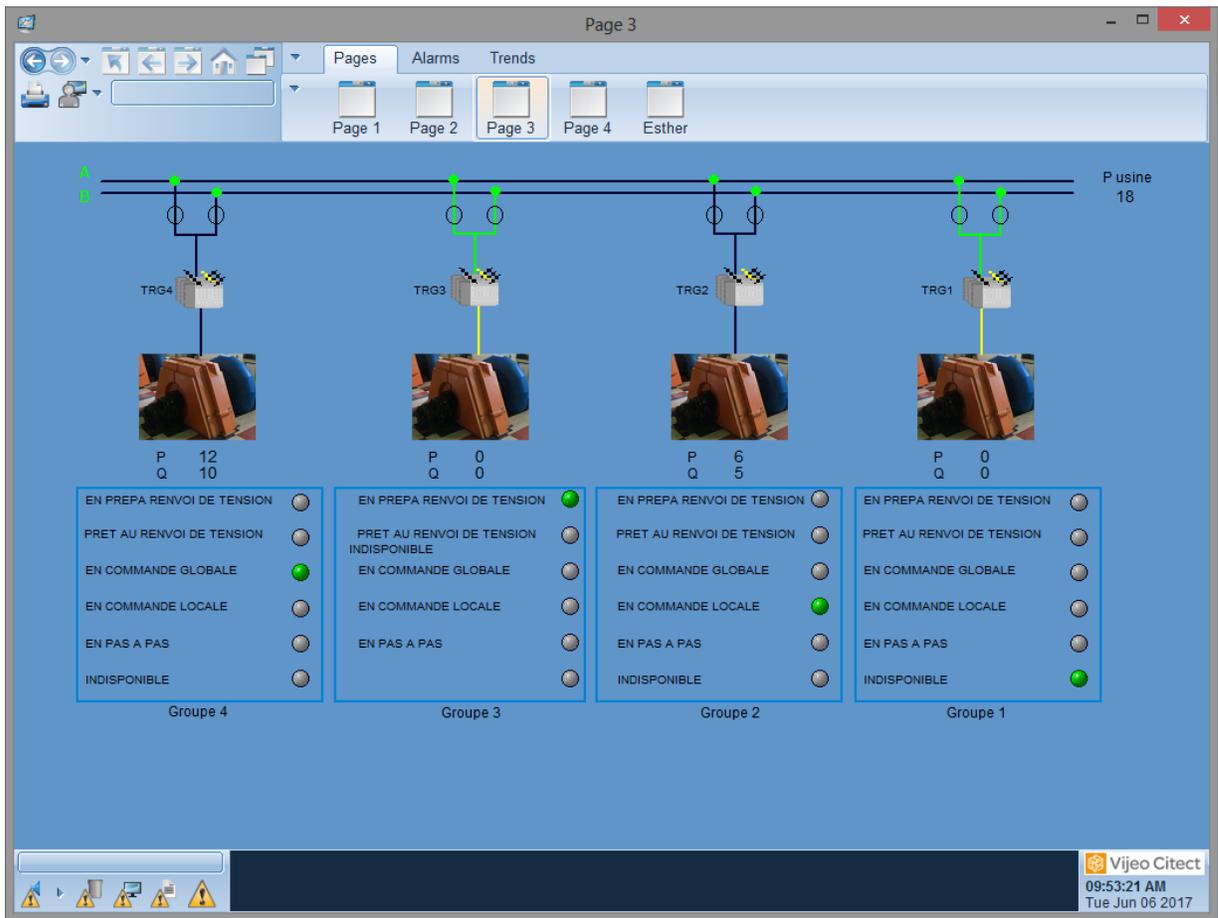


Figure 25 : Simulation de la page 2 de notre application

Du synoptique que nous présente notre supervision, nous pouvons faire les observations suivantes :

- ✚ Le groupe 4 en **commande globale** (commande du groupe par l'automate de conduite des groupes l'APCK) va entraîner que :
  - La tension est présente en sortie de groupe
  - Le transformateur de groupe 4 est fermé
  - Le sectionneur jeu de barres A du groupe 4 est fermé
  - Le sectionneur jeu de barres B du groupe 4 est fermé
  - La valeur de la puissance active du groupe 4 est supérieure à zéro
  - La valeur de la puissance réactive du groupe 4 est supérieure à zéro
  - La valeur de la puissance active de l'usine change également.
  
- ✚ Le groupe 3 est en **préparation de renvoi de tension** (le groupe se prépare en entrer en marche normale) va entraîner que :
  - Le transformateur de groupe 3 est encore ouvert ; Il se fermera lorsque le groupe sera prêt au renvoi de tension
  - Le sectionneur jeu de barres A du groupe 3 est encore ouvert
  - Le sectionneur jeu de barres B du groupe 3 est encore ouvert
  - La valeur de la puissance active du groupe 3 est égale à zéro
  - La valeur de la puissance réactive du groupe 3 est égale à zéro.
  
- ✚ Le groupe 2 est en **commande locale** (commande du groupe par l'automate du groupe l'APG2) va entraîner que :
  - La tension est présente en sortie de groupe
  - Le transformateur de groupe 2 est fermé
  - Le sectionneur jeu de barres A du groupe 2 est fermé
  - Le sectionneur jeu de barres B du groupe 2 est fermé
  - La valeur de la puissance active du groupe 2 est supérieure à zéro
  - La valeur de la puissance réactive du groupe 2 est supérieure à zéro
  - La valeur de la puissance active de l'usine change également.
  
- ✚ Le groupe 1 est indisponible (pas de possibilité de marche, ni même de démarrage) et suit la procédure d'arrêt sur DE.
  - Le transformateur de groupe 1 est ouvert
  - Le sectionneur jeu de barres A du groupe 1 est ouvert
  - Le sectionneur jeu de barres B du groupe 1 est ouvert
  - La valeur de la puissance active du groupe 1 est égale à zéro
  - La valeur de la puissance réactive du groupe 1 est égale à zéro.

## Conclusion

Le thème d'étude qui nous a été donné dans le cadre de notre stage de fin d'étude d'ingénieur portait sur la rénovation des automatismes d'une centrale, en prenant le cas spécifique de la supervision. Nous avons dans le cadre de ces activités rédigé l'analyse fonctionnelle de ladite centrale, mis à jour les graficets de marche et d'arrêt, fait le choix et la configuration des automates, élaboré la liste de leurs entrées et de leurs sorties, et par la suite développé l'application de supervision capable d'assurer le suivi et le pilotage des groupes de la centrale en temps réel. A la lumière des réalisations réalisées durant nos travaux, nous pouvons dire avoir atteint les objectifs du stage et rempli pleinement la mission à nous assignée.

Nous pouvons dire en effet, de ce projet, que notre centrale a été rénovée, dans le respect d'une méthodologie scientifique rigoureuse, des normes et réglementations établies par des organismes privés agréés ; elle sera dotée de quatre nouveaux automates *M580 Unity* de *Schneider Electric* fonctionnant comme esclaves et communiquant avec l'automate de conduite sous réseau Ethernet. Chaque automate sera alimenté par un module d'alimentation d'une puissance de 36 W. Le choix des automates et la configuration adoptée (la redondance) permettront à ce que la continuité du service soit assurée sans arrêt quelconque, contrairement à la situation qui prévaut actuellement. D'autres parts, la mise sur pied de l'application de supervision développée sur Vijeo Citect permettra de suivre efficacement le processus de fonctionnement de la centrale en temps réel.

Pour finir, nous dirons que de par notre travail, nous avons pu apporter une solution aux délestages réguliers observables au niveau de la centrale de Kinguélé, et nous espérons que, lors de la mise en œuvre de ce projet, nos travaux soient pris en compte.

Cependant, l'application des automates des groupes n'étant pas encore développée, la recommandation que nous pouvons à notre structure d'accueil est de veiller au respect scrupuleux des adresses mémoires des cartes des automates. En effet, tous les logiciels utilisés sur la centrale ont pour point commun ces adresses-là, et une erreur sur une seule adresse enverrait une information erronée dans le système. Comme autre recommandation, nous préconisons à notre structure d'accueil de veiller au respect effectif des normes en vigueur lors de la réalisation de ce projet sur le terrain.

## Bibliographie

1. **Electric, Schneider.** [En ligne] [http://eshop.schneider-electric.com/Download.aspx?infos=H514064\\_2.pdf](http://eshop.schneider-electric.com/Download.aspx?infos=H514064_2.pdf);3.
2. **Electric, Schneider.** [En ligne] [http://eshop.schneider-electric.com/Download.aspx?infos=H513819\\_2.pdf](http://eshop.schneider-electric.com/Download.aspx?infos=H513819_2.pdf);3 .
3. **KAMKUMO, Cédric TAYO.** *Conception de l'installation électrique et du système de contrôle-commande de la station de relevage sur l'étage de Korofina.* Bamako, Mali : s.n., 2015.
4. **Electric, Schneider.** *Catalogue 2012.* 2012.
5. **BONNET, Pierre.** *Introduction à la supervision.* Lille : Université Lille 1, Sciences et technologies, 2010.
6. **Electric, Schneider.** *Quickstart tutorial V7.20 CitectSCADA.* Australia : s.n., April 2011.

# Annexes

## Annexe I

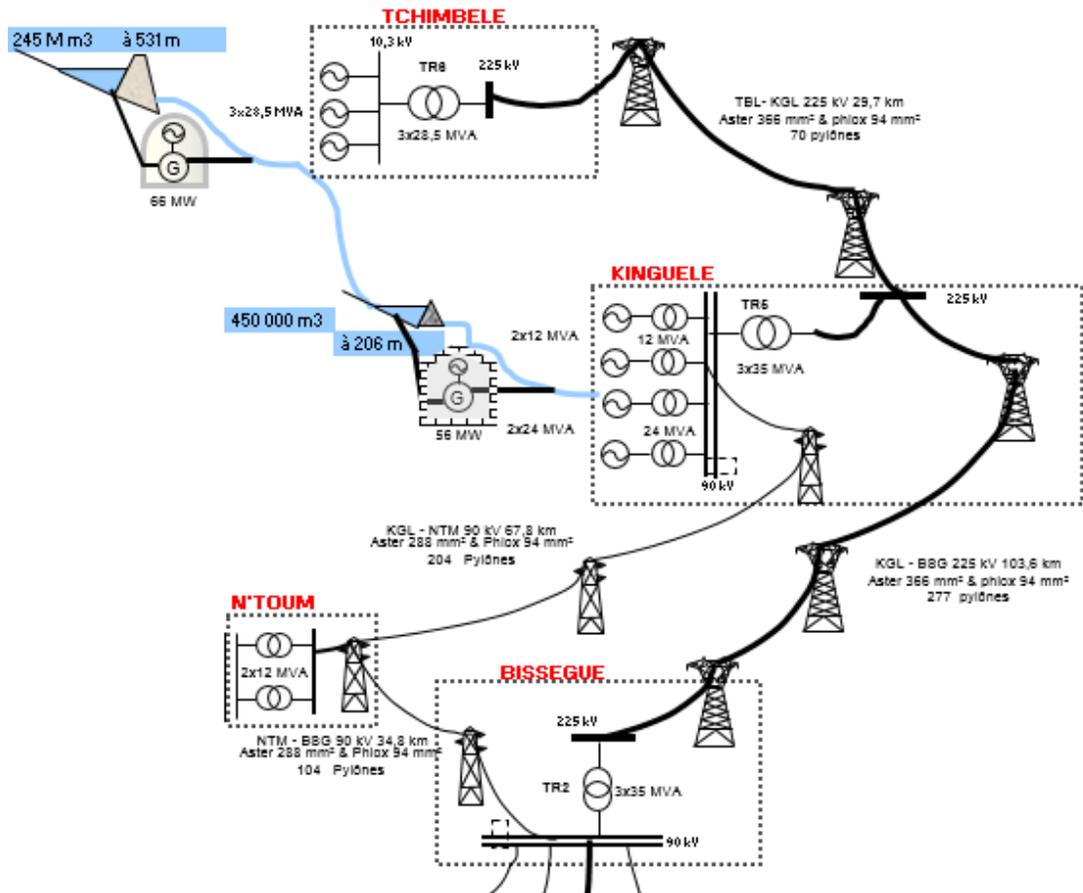
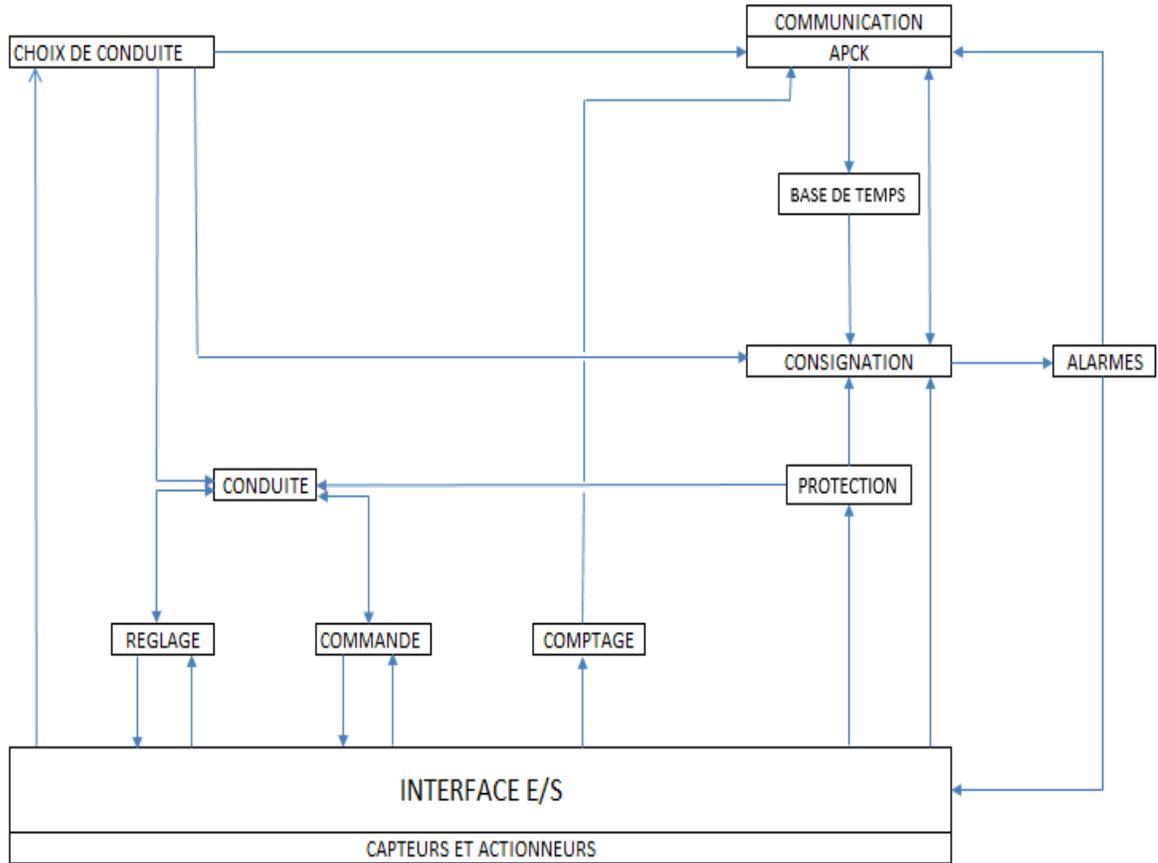


Figure 26 : Extrait du RIC de Libreville

## Annexes II



*Figure 27 : Agencement des différentes fonctions de chaque groupe turbo-alternateur*

**Fiche technique du produit**  
Caractéristiques

**BMEP582040**

Modicon M580 - processeur - 2048 E/S TOR 512  
E/S ANA - 2 ports Ethernet tps réel



**Principales**

|                   |                                  |
|-------------------|----------------------------------|
| Gamme de produits | Modicon M580                     |
| Fonction produit  | Module processeur                |
| Alimentation      | Alimentation interne par le rack |

**Complémentaires**

|   |  |
|---|--|
| Nombre de racks                         | 4  |
| Capacité de gestion des E/S TOR         | 2048 E/S   |
| Capacité du processeur E/S analogique   | 512 E/S  |
| Nombre de voies spécifiques application | 72   |
| E/S spécifiques de l'application        | Horodatage haute précision<br>Compteur<br>Liaison série<br>Contrôle de mouvement<br>HART<br>Codeur SSI       |
| Vérifications                           | Contrôle de processus  |
| Canaux de contrôle                      | Boucles programmables  |
| Type de connexion intégrée              | USB type mini B<br>1 Ethernet TCP/IP Port de service<br>2 Ethernet TCP/IP Réseau équipements                 |
| Nombre de stations d'E/S distantes      | 8 - 2 rack(s) par Rack déporté   |
| Nombre d'équipements distribués         | 64   |
| Processeur du module de communication   | 2 module de communication Ethernet<br>8 Module AS-i  |
| Service communication                   | Scanner DIO<br>Scanner RIO   |
| Type de mémoire                         | Extensible flash 4 GB stockage de données<br>Intégré RAM 10 ko mémoire système<br>Intégré RAM 8 MB programme |

May 16, 2017



1

|                              |   |
|------------------------------|---|
|                              | Intégré RAM 768 ko données  |
| Structure d'application      | 1 tâche maîtresse cyclique/périodique<br>1 tâche fixe périodique<br>64 tâches événementielles<br>2 tâches auxiliaires   |
| Nombre d'instructions par ms | 7.5 Kinst/ms 65 % booléens et 35 % à virgule fixe<br>10 Kinst/ms 100 % booléens   |
| Consommation électrique      | 270 mA 24 V DC  |
| Fiabilité MTBF               | 600000 H  |
| Marquage                     | CE  |
| État LED                     | 1 LED vert Téléchargement en cours (DL)<br>1 LED rouge Panne carte mémoire ou flash CPU (BACKUP)<br>1 LED vert/rouge ETH MS (état de configuration du port de Ethernet)<br>1 LED vert/rouge ETH NS (état du réseau Ethernet)<br>1 LED vert processeur en marche (RUN)<br>1 LED rouge erreur de module EIS (EIS)<br>1 LED rouge défaut processeur ou système (ERR) |
| Poids                        | 0.849 kg  |

### Environnement

|                                       |   |
|---------------------------------------|---|
| Température de fonctionnement         | 0...60 °C   |
| Température ambiante pour le stockage | -40...85 °C   |
| Altitude de fonctionnement            | 0...2000 m  |
| Humidité relative                     | 5...95 %  |
| Degré d'étanchéité IP                 | IP20  |
| Normes                                | CSA C22.2 No 142<br>EN/IEC 61131-2<br>UL 508<br>LWD 2006/95/EC<br>CEM 2004/108/EC<br>CSA C22.2 No 213 Classe I Division 2<br>EN/IEC 60079-0<br>EN/IEC 60079-31<br>EN/IEC 60079-15 |
| Certifications du produit             | GOST<br>RCM<br>Directive WEEE 2002/96/EC<br>Marine marchande<br>EAC<br>Directive REACH 1907/2006/EC<br>Directive RoHS 2011/65/EU<br>ATEX II 3 Gaz & Poussière zone 2/22           |

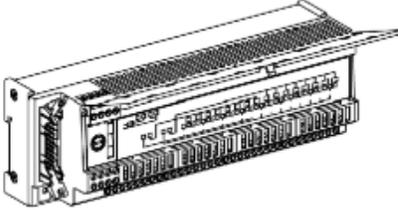
### Durabilité de l'offre

|                                       |   |
|---------------------------------------|---|
| Statut environnemental                | Produit Green Premium   |
| RoHS (code date : Année/Semaine)      | Conforme - depuis 1623 - Déclaration de conformité Schneider Electric<br><a href="#">Déclaration de conformité Schneider Electric</a> |
| REACH                                 | Référence ne contenant pas de SVHC au-delà du seuil<br><a href="#">Référence ne contenant pas de SVHC au-delà du seuil</a>            |
| Profil environnemental du produit     | Disponible<br><a href="#">Profil environnemental produit</a>  |
| Instructions de fin de vie du produit | Disponible<br><a href="#">Manuel de fin de vie</a>  |

Figure 28 : Fiche technique de l'automate M580

## Catalogue

Le tableau ci-dessous présente le catalogue des embases interfaces de raccordement et adaptation d'entrées, 16 voies isolées.

| Référence ABE-7S** | 16E2B1   | 16E2E1                | 16E2E0                | 16E2F0                      | 16E2M0                      |
|--------------------|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Famille d'embases  | Embases interfaces de raccordement et adaptation d'entrées, 16 voies isolées.                          |                       |                       |                             |                             |
| Illustration       | Embase TELEFAST 2<br> |                       |                       |                             |                             |
| Descriptif         | 16 entrées<br>24 V cc  | 16 entrées 48<br>V cc | 16 entrées 48<br>V ca | 16 entrées<br>110..120 V ca | 16 entrées<br>220..240 V ca |

Le tableau ci-dessous présente le catalogue des embases interfaces de raccordement et adaptation de sorties statiques, 8 et 16 voies.

Les modules BMX CPS 3500 sont des modules d'alimentation à courant alternatif.

## Caractéristiques

Le tableau suivant présente les caractéristiques du module BMX CPS 3500.

|                                     |  |                           |  |
|-------------------------------------|--|---------------------------|--|
| Caractéristiques du bloc primaire   | Tension nominale                             |                           | 100 - 120 V/200 - 240 V                                    |
|                                     | Plage de tension                             |                           | 85-264 V   |
|                                     | Fréquence nominale / plage de fréquences     |                           | 50-60 Hz/47-63 Hz  |
|                                     | Puissance                                    |                           | 120 VA   |
|                                     | Courant nominal absorbé                      |                           | 1,04 A à 115 V<br>0,52 A à 240 V                           |
|                                     | Mise sous tension initiale à 25° C (1)       | Courant d'appel I         | ≤30 A à 120 V<br>≤60 A à 240 V                             |
|                                     |  | $I_t^2$ à l'enclenchement | ≤1 A <sup>2</sup> s à 120 V<br>≤3 A <sup>2</sup> s à 240 V |
|                                     |  | $I_t$ à l'enclenchement   | ≤0,05 As à 120 V<br>≤0,07 As à 240 V                       |
|                                     | Durée coupures acceptée                      |                           | ≤10 ms   |
|                                     | Protection incorporée contre la surintensité |                           | Par fusible interne et non accessible                      |
| Caractéristiques du bloc secondaire | Puissance utile totale                       |                           | 36 W   |

*Figure 29 : Caractéristiques du module d'alimentation*