



Amélioration du système de manœuvre d'un Disjoncteur dans un poste de distribution électrique : Répartiteur Ouest de Kolwezi.

Improvement of the circuit breaker operating system in an electrical distribution substation: Kolwezi West distribution frame.

KABULO MASANGU Tresor

Chercheur

Institut Supérieur des Techniques Appliquées de Kolwezi (ISTA)
Section Informatique Industrielle
République Démocratique du Congo

TSHIKUDI TSHIKUDI Dennis

Doctorant

Institut Supérieur des Techniques Appliquées de Kolwezi (ISTA)
Section Informatique Industrielle
République Démocratique du Congo

MAVUNGU MAYELA Alain

Doctorant

Institut Supérieur des Techniques Appliquées de Kolwezi (ISTA)
Section Informatique Industrielle
République Démocratique du Congo

KASONGO MONGA Daniel

Doctorant

Institut Supérieur des Techniques Appliquées de Kolwezi (ISTA)
Section Electricité Industrielle
République Démocratique du Congo

NGANDU KAMALONDO Yann

Doctorant

Institut Supérieur des Techniques Appliquées de Kolwezi (ISTA)
Section Electromécanique
République Démocratique du Congo

LUMANJI MBUNGA Luc

Doctorant

Institut Supérieur des Techniques Appliquées de Kolwezi (ISTA)
Section Informatique Industrielle
République Démocratique du Congo

Date de soumission : 15/05/2024

Date d'acceptation : 30/08/2024

Pour citer cet article :

KABULO. T. & al. « Amélioration du système de manœuvre d'un Disjoncteur dans un poste de distribution électrique : Répartiteur Ouest de Kolwezi », Revue Internationale du chercheur, « Volume 5 : Numéro 3 » pp : 1068-1086

RESUME

Lors de l'exploitation de l'Energie dans un réseau électrique, plusieurs manœuvres peuvent être effectuées sur l'appareillage électrique dans diverses parties du dit réseau. C'est ainsi que le technicien de surveillance qui effectue ces commandes se trouve exposé à des dangers d'électrocution ou de brûlures lorsque cela se fait manuellement.

Cet article se propose d'améliorer le système de manœuvre du répartiteur ouest de Kolwezi en automatisant le système par utilisation d'un système fonctionnant autour d'un automate programmable industriel, dont le rôle sera de donner des instructions de commande aux disjoncteurs et sectionneurs du poste de distribution, après avoir reçu des informations provenant des capteurs de position de chacun, selon le besoin de l'exploitation, et selon la programmation du système que nous utilisons sous le logiciel TIA portail.

Le technicien de surveillance est ainsi protégé de tout risque car il ne pourra plus manœuvrer manuellement par ses efforts, mais pourra intervenir sur le système via une interface homme-machine à bonne distance de l'appareillage.

Mots clés : Automate programmable industriel ; disjoncteurs; sectionneurs; appareillage électrique; TIA portail; Interface Homme-Machine.

ABSTRACT

When exploiting Energy in an electrical network, several operations can be carried out on the electrical equipment in various parts of the said network. This is how the monitoring technician who carries out these commands finds himself exposed to the danger of electrocution or burns when this is done manually.

This article aims to improve the operating system of the western distributor of Kolwezi by automating the system by using a system operating around a programmable logic controller, whose role will be to give control instructions to the circuit breakers and disconnectors of the distribution station, after having received information from the position sensors of each, according to the needs of the operation, and according to the programming of the system that we use under the TIA portal software.

The monitoring technician is thus protected from any risk because he will no longer be able to operate manually using his own efforts but will be able to intervene on the system via a Human Machine Interface at a good distance from the equipment.

Key words: programmable logic controller; circuit breakers; disconnectors; electrical equipment; TIA portal; Human-Machine interface.

INTRODUCTION

De nombreux accidents surviennent lors d'opérations de commutation ou de travaux de maintenance effectués dans les postes de distribution d'énergie électrique.

D'après les observations et les rapports reçus des agents de surveillance du Répartiteur Ouest (RO), la plupart des cas sont dus à une mauvaise manipulation du matériel électrique, causée par la fatigue ou le manque d'attention de l'opérateur.

Le système de manœuvre manuelle existant au Répartiteur Ouest de Kolwezi peut causer des dommages ou des électrocutions mortelles aux agents, c'est pourquoi nous focalisons notre étude dans cet article sur *Amélioration du système de manœuvre dans un poste de distribution électrique : Répartiteur Ouest de Kolwezi.*

Cet article présente l'un des moyens permettant de réduire les risques liés à la mauvaise manipulation d'équipements électriques (disjoncteurs et sectionneurs haute tension) auxquels le personnel d'exploitation et de maintenance est exposé, en remplaçant l'opérateur qui doit effectuer les manœuvres par :

- Un automate programmable Industriel : Pour remplacer le cerveau de l'opérateur, qui devrait réfléchir à la manière de procéder ;
- Des capteurs de position : Pour remplacer les yeux de l'opérateur, qui devrait regarder la position du disjoncteur ou du sectionneur à chaque fois pendant l'opération ;
- Des disjoncteurs et sectionneurs avec mécanismes de commande motorisés : Pour remplacer les bras et l'effort musculaire de l'opérateur
- Et une interface IHM pour le dialogue.

Notre domaine de recherche présente de nombreuses difficultés technologiques liées à l'ouverture et à la fermeture manuelles de sectionneurs et de disjoncteurs à haute tension. Le centre de distribution Ouest est équipé d'un système de manœuvre manuelle qui expose ses opérateurs à des risques lors du processus de manœuvre. Dans ce contexte, posons-nous les questions suivantes :

- Existe-t-il vraiment une façon de manipuler les sectionneurs et les disjoncteurs à haute tension qui réduirait les risques d'accidents liés à une mauvaise manipulation du matériel électrique ?

- Et quel mécanisme pouvons-nous adopter pour améliorer le système de commutation existant au Centre de distribution Ouest ?

La mise en place d'un système de manœuvre automatisé n'est pas aussi simple qu'il n'y paraît, car il faut réfléchir à la manière de connecter et de faire fonctionner les différents dispositifs. Pour arriver à cette solution, nous décortiquerons cet article en trois grands points :

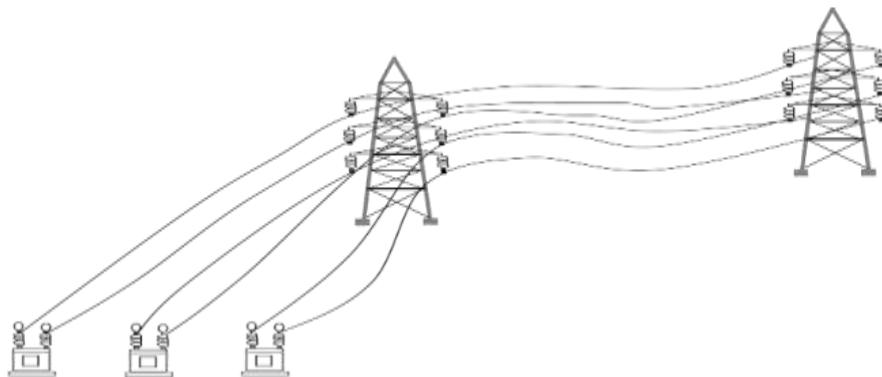
- ❖ Une généralité sur la répartition de l'énergie électrique
- ❖ Une narration sur le fonctionnement détaillé du Répartiteur de l'Ouest
- ❖ Enfin une modélisation par le langage Uml du système d'information et présentation de l'amélioration du système par des schémas Grafcet.

1. GENERALITES SUR LA REPARTITION DE L'ENERGIE ELECTRIQUE

1.1. INTRODUCTION SUR LES RESEAUX ELECTRIQUES

Les réseaux électriques sont des ensembles d'infrastructures énergétiques plus ou moins disponibles permettant d'acheminer l'électricité des centres de production vers les consommateurs (*Figure 1*). (André SIMON, 1982).

Réseau électrique



(*Figure 1, Masangu*)

Il est constitué de lignes électriques exploitées à différents niveaux de tension, connectées entre elles dans des postes électriques.

Les réseaux électriques peuvent être organisés selon plusieurs types de structures exposées ci-dessous :

- Structure maillée,
- Structure radiale ou bouclée,
- Structure arborescente.

La sécurité d'alimentation est faible puisqu'un défaut sur la ligne coupe l'ensemble des clients en aval.

1 .2. DIFFERENTS TYPES DES RÉSEAUX ÉLECTRIQUES

1 .2.1. Réseaux de transport

Sont à haute tension (HTB) (de 50 kV à 400 kV) et ont pour but de transporter l'énergie des grands centres de production vers les régions consommatrices d'électricité.

1 .2.2. Réseaux de répartition

Les réseaux de distribution sont à haute tension (de 30 à 150 kV) et sont conçus pour assurer l'approvisionnement régional en électricité. L'énergie est injectée dans ces réseaux principalement à partir du réseau de transport via des transformateurs, mais aussi à partir de centrales électriques de taille moyenne (moins de 100 MW environ).

1 .2.3. Réseaux de distribution

Les réseaux de distribution ont pour but d'alimenter l'ensemble des consommateurs. Il existe deux sous niveaux de tension :

- Les réseaux moyennes tension ;
- Les réseaux basse tension, sur lesquels sont raccordés les utilisateurs (locaux d'habitations).

1.3. MATÉRIELS UTILISÉS DANS LES RÉSEAUX ÉLECTRIQUES

Le réseau électrique est constitué non seulement de matériel haute tension dit « matériel de puissance », mais également de nombreuses fonctions utiles telles que la télé conduite ou le système de protection. Tout réseau électrique possède des systèmes de protection pour déconnecter le système de production en cas de défaut sur la ligne. La conduite s'effectue depuis

des centres de conduite régionaux (dispatchings) ou nationaux. Ceux-ci disposent d'instruments de télé-conduite (SCADA, notamment) comprenant des dispositifs permettant :

- De commander les organes de coupure (disjoncteurs, sectionneurs) ;
- De connaître la position de ces organes ;
- De mesurer un certain nombre de grandeurs (tension, intensité, fréquence) ;
- De signaler des dysfonctionnements (alarmes).

Les lignes électriques relient les postes entre eux. À l'intérieur d'un poste, on trouve pour chaque niveau de tension un jeu de barres qui relie les départs lignes et les départs transformateurs.

1 .4. COUPURE D'UNE LIGNE ELECTRIQUE

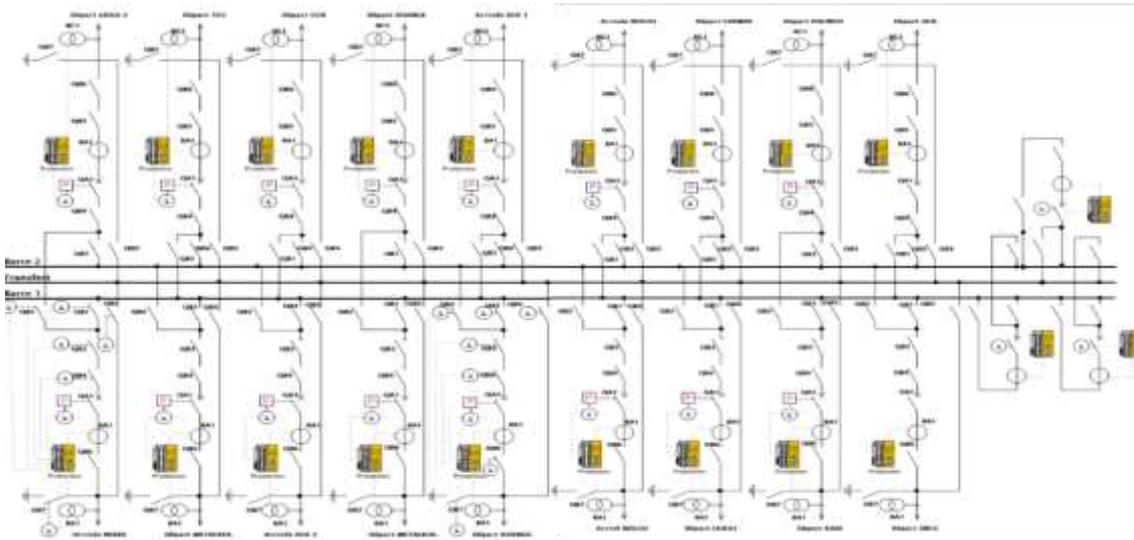
Lorsqu'un incident se produit sur le réseau électrique, une ligne déclenche ; elle est donc hors service. L'énergie se répartie sur les lignes restantes en fonction de leur impédance, tout en assurant la continuité de l'alimentation électrique. Par contre une ligne est en surcharge : il faut donc agir rapidement pour ramener son intensité à une valeur acceptable. Si l'incident s'aggrave, la zone va finir hors tension, ou si aucune action n'est menée dans les délais suffisants, la ligne en surcharge va déclencher à son tour : l'énergie va alors se répartir à nouveau pour alimenter la consommation appelée.

2. PRESENTATION DU CADRE D'ETUDE ET OUTILS NECESSAIRES A L'AMELIORATION DU SYSTEME

2 .1. PRESENTATION DU REPARTITEUR OUEST

Le Répartiteur Ouest (R.O) est un poste de répartition de l'énergie électrique d'une tension assigné de 120KV avec trois jeux de barres pour servir à ses clients, alimentés par deux centrales de production (NZILO 1, NZILO 2 et NSEKE) et une injection de INGA (SCK 1, SCK 2), et autant d'unités de consommation (clients). Il est situé à l'ouest de la République Démocratique du Congo (RDC) dans la ville minière de Kolwezi, Chef-lieu de la province du Lualaba (*Figure 2*)

Schéma global de Répartition Ouest



(Figure 2, Masangu)

2.2. OUTILS NECESSAIRES A L'AMELIORATION DU SYSTEME

2.2.1. Disjoncteurs haute tension avec mécanismes de commande motorisé (ABB Motor Driver)

Un disjoncteur isole ou reconnecte une ligne électrique de la source d'alimentation au moyen des contacts principaux de la chambre du disjoncteur, dont le mécanisme de fonctionnement peut-être entraîné par un moteur électrique à commande numérique agissant directement sur les contacts du disjoncteur, ou par un système de servomoteur à commande numérique capable d'actionner directement les contacts du disjoncteur avec une grande précision et une grande fiabilité (Figure 3).

Son avantage est qu'il comprend une commande logique conditionnelle, ce qui le rend capable d'envoyer ou de recevoir des commandes d'un automate programmable ou directement de l'interface utilisateur. (J.P. RAYMOND,1977)

Disjoncteur haute tension avec mécanisme de commande motorisé



(Figure 3, Masangu)

2.2.2. Sectionneurs avec mécanismes de commande motorisés (COELM CD)

La fonction principale d'un sectionneur haute tension est de pouvoir isoler un élément d'un réseau électrique (ligne à haute tension, transformateur, portion de poste électrique, ...) afin de permettre à un opérateur d'effectuer une opération de maintenance sur cet élément sans risque de choc électrique. La commande d'ouverture et fermeture de contacts se fait de manière visible par un moteur électrique (J.P. RAYMOND,1977).

2.2.3. Automate Programmable Industriel (SIEMENS S7-300)

Tout système automatique est composé de deux parties : la partie commande et la partie opérationnelle. La partie commande est représentée par l'automate programmable (API), considéré comme le cerveau qui pilote la partie opérative du système. Il reçoit des informations des capteurs de position du disjoncteur et du sectionneur et envoie des ordres aux unités de commande du disjoncteur ou du sectionneur pour qu'elles effectuent les opérations. La partie opérative est le cœur du système de manœuvre, représenté par les sectionneurs, les disjoncteurs et les capteurs de position. (A.BIANCIOTTO,1984)

2.2.4. Câbles de communication

Pour que deux ou plusieurs terminaux communiquent entre eux, il faut qu'ils soient reliés physiquement et logiquement : logiquement via les adresses IP ; physiquement via, soit un câble composé d'un fil de cuivre ou de fibre optique, soit encore une onde électromagnétique qui leur permet de transmettre de l'information à travers l'atmosphère. Ci-dessous, les câbles de communication par lesquels seront transitées les informations en échange entre terminaux : Câbles Ethernet : Qui relie l'automate et les Ordinateurs (serveurs et clients) via le port RJ45(*Figure5*) ou autres terminaux selon l'architecture du réseau;

Câble Ethernet



(*Figure 5, Mavungu*)

➤ Fibres optiques : Qui relie le module CM DP et le PROFIBUS DP(*Figure 6*)

Fibres optiques



(Figure 6, Mavungu)



- Câbles Profibus : Qui relie la CPU de l'automate au PROFIBUS DP (Figure 7)

Profibus



(Figure 7, Mavungu)

2.2.5. Logiciels de programmation

❖ *Logiciel SIMATIC MANAGER STEP 7*

Le logiciel STEP 7 est l'outil de programmation des systèmes d'automatisation (SIMATIC S7-300). STEP 7 offre les fonctions suivantes pour l'automatisation d'une installation : Configuration et paramétrage du matériel, Paramétrage de la communication, Programmation, Test, etc. (G.CHEVALIER,1988)

❖ *Logiciel Microsoft Visual Studio 2012*

Le logiciel Microsoft Visual Studio 2012 est une suite de logiciels de développement pour Windows conçu par Microsoft. Nous allons l'exploiter pour développer une application windows form (l'interface IHM) en langage de programmation VB, et qui nous permettra de concevoir et créer des panneaux ou schéma électrique simulant le fonctionnement des différents équipements pour faciliter le dialogue entre l'opérateur et le système. Pour que le système SIEMENS soit compatible avec l'application conçue en langage de programmation VB, il nous faut importer le module LIBNODAV, qui inclue un enemble des bibliothèques permettant de communiquer avec les automates SIEMENS.

3. AMELIORATION DU SYSTEME DE MANŒUVRE

3.1. INTRODUCTION

Toutes manœuvres d'ouverture ou fermeture des appareils électriques (disjoncteur, sectionneur etc.) dans un poste de répartition à trois jeux de barres exige le respect de normes

et étapes bien précises. Ce chapitre décrit les étapes à suivre pour effectuer les manœuvres dans un poste de répartition où l'on peut trouver un système de juxtaposition des tranches.

3.2. CONTRAINTES DU SYSTEME

Quand un disjoncteur HT est soumis à une secousse sismique, le mouvement du sol y induit des oscillations générant des contraintes mécaniques correspondantes. Le disjoncteur aura une ou plusieurs fréquences d'oscillation. Étant donné que la fréquence des oscillations sismiques typiques est également de l'ordre de quelques Hz, les contraintes réelles exercées sur le disjoncteur peuvent être amplifiées à cause de la résonance mécanique.

3.3. MODELISATION DU SYSTEME

3.3.1. Recensement des acteurs

Les acteurs sont des entités en interaction avec le système. Ils sont représentés sous la forme de petits personnages qui déclenchent les cas d'utilisation ceux-ci étant représentés par des ellipses contenues par le système C. Belleil,2011). (Tableau 1).

Auteurs du Système du système d'information

Acteurs			Cas d'utilisation
1		Opérateurs	- Lancer manoeuvres - Récevoir états
2		Capteurs	- Observer position - Transmettre position

(Tableau 1,Lumanji)

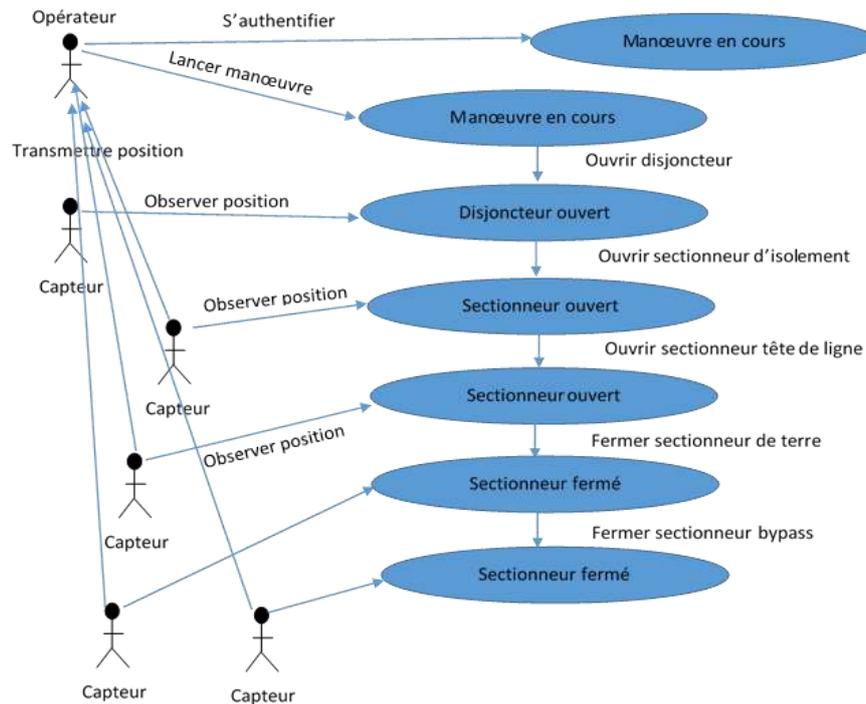
3.3.2. Diagrammes UML

UML est un langage de modélisation graphique à base de pictogrammes. Il propose treize diagrammes qui peuvent être utilisés pour la description d'un système. Ces diagrammes sont regroupés en deux grands ensembles : Les diagrammes structurels et les diagrammes de comportements. (P.Roques, 2006)

❖ Diagramme de cas d'utilisation

Le diagramme de classes est généralement considéré comme le plus important dans un développement orienté objet. Sur la branche fonctionnelle, ce diagramme est prévu pour développer la structure des entités manipulées par les utilisateurs C. Belleil,2011) (Figure 8)

❖ Diagramme de cas d'utilisation de manoeuvrage

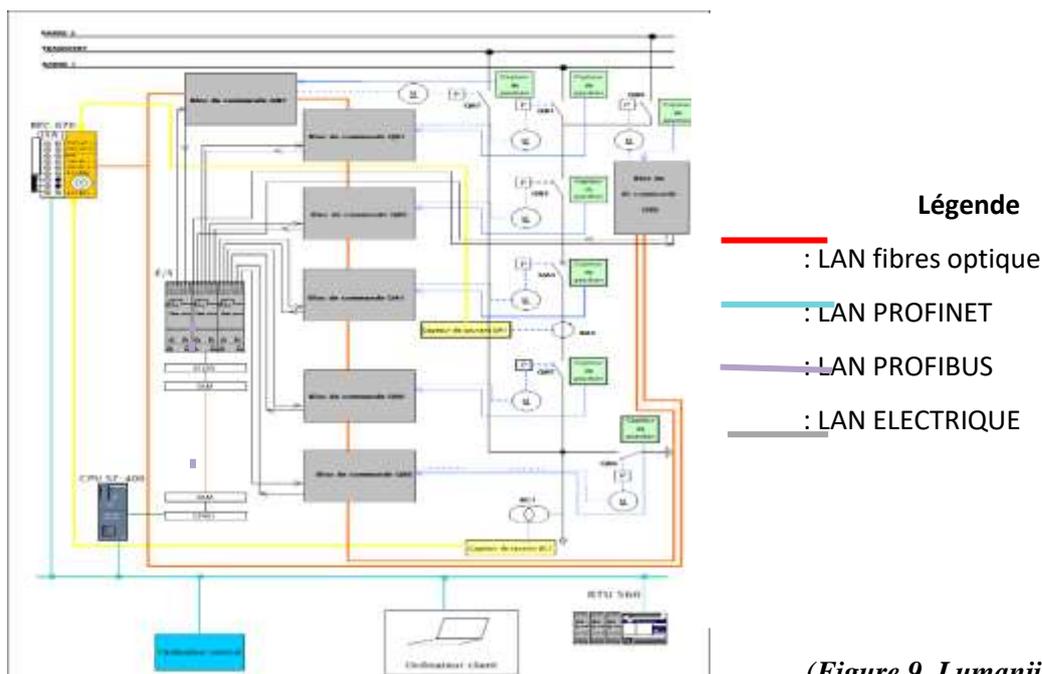


(Figure 8, Lumanji)

3.3. SCHÉMA D'INTERCONNEXION

Cet ensemble électronique gère et assure la commande d'un système automatisé. Il se compose de plusieurs parties et notamment d'une mémoire programmable dans laquelle l'opérateur écrit, dans un langage propre à l'automate, des directives concernant le déroulement du processus à automatiser (G.GRELLET,2000), (Figure 9)

Schéma d'interconnexion du système automatisé de manoeuvres

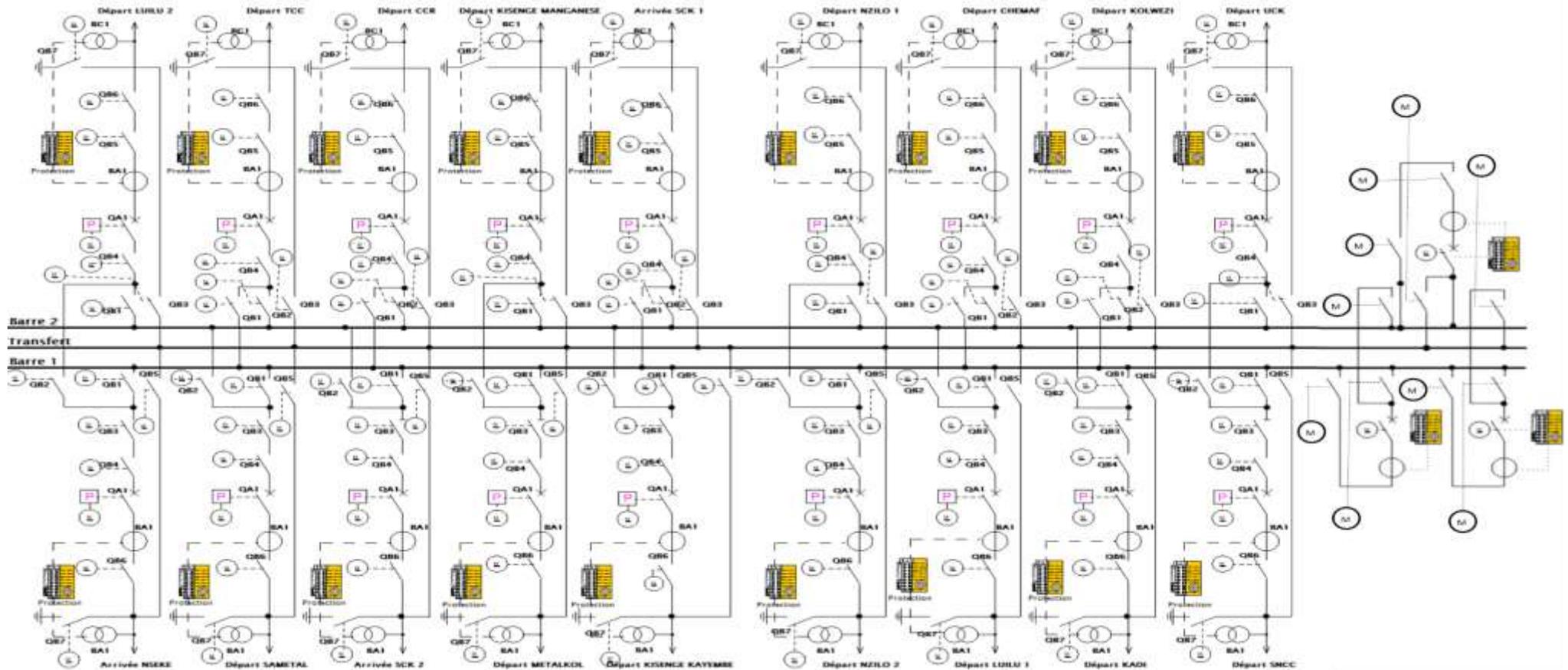


(Figure 9, Lumanji)

3.4. SCHEMA GLOBAL DU SYSTEME

Situation générale du schéma global du système du répartiteur RO (Figure 11)

Schéma global du système



(Figure 11,Ngandu)

3 .5. NARRATION DU FONCTIONNEMENT DE SYSTEME

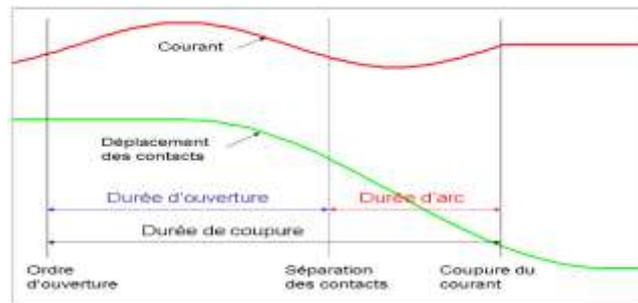
L'opérateur envoie des instructions de commande à l'automate via l'IHM, ou via l'armoire de commande pour consigner/déconsigner une tranche, ouvrir ou fermer un disjoncteur, ou un sectionneur. Une fois les ordres reçus par l'automate, ce dernier envoie toutes les commandes de manœuvre à l'unité d'E/S du disjoncteur ou sectionneur. L'unité d'E/S reçoit toutes les commandes de manœuvre envoyées au disjoncteur ou au sectionneur et assure la signalisation d'indication de retour au système de commande.

L'unité d'E/S contient des relais bistables qui remplacent les contacts auxiliaires mécaniques traditionnels. Dès qu'une commande de manœuvre (ouverture/fermeture) est validée par l'unité d'E/S, elle passe à l'unité de contrôle. La commande logique conditionnelle des ordres de manœuvre est réglée dans l'unité de commande. L'unité de commande contient et exécute la courbe de déplacement programmée pour le disjoncteur. L'unité de commande accède au programme de courbe pertinente (ouverture/fermeture) et envoie des commandes internes au bloc convertisseur. Le bloc convertisseur est alimenté en courant continu par le bloc condensateur et envoie ensuite une tension et un courant alternatif contrôlé numériquement au stator du moteur pour entraîner le moteur avec le mouvement requis. Le rotor du moteur est directement relié à l'arbre d'entraînement. Le capteur de position intégré au moteur surveille en permanence la position du rotor. Cette information est directement transmise à l'unité de contrôle. L'unité de contrôle vérifie la position détectée, la compare à la position requise à ce moment par la courbe de déplacement préprogrammé et envoie l'information à l'automate programmable. Ce dernier envoie d'autres signaux de commande à l'unité de conversion pour poursuivre le mouvement du disjoncteur ou du sectionneur. Le mouvement est ainsi contrôlé avec précision en copiant la courbe de déplacement préprogrammée stockée dans la mémoire de l'unité de commande.

3 .5.1. Manoeuvre d'ouverture et fermeture du disjoncteur

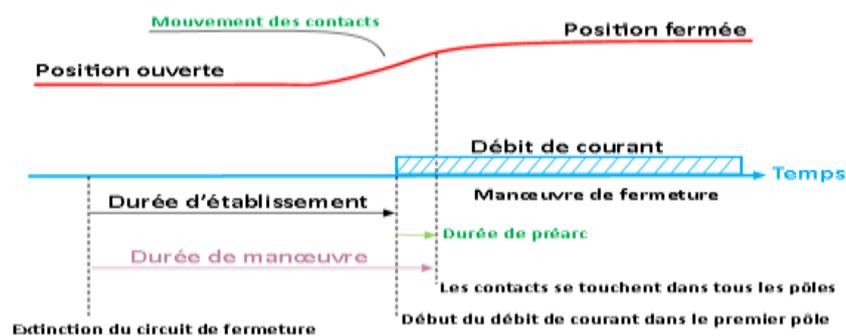
Ci-dessous, une représentation graphique de la manœuvre d'ouverture (Figure 12) et de la fermeture du disjoncteur (Figure 13)

Diagramme d'ouverture du disjoncteur



(Figure 12, Ngandu)

Diagramme de fermeture du disjoncteur

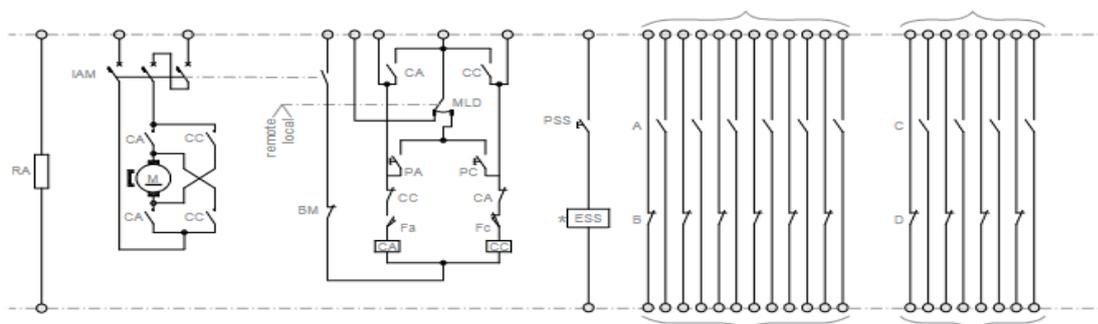


(Figure 13, Ngandu)

3. 5.2. Manœuvre d'ouverture et fermeture du sectionneur

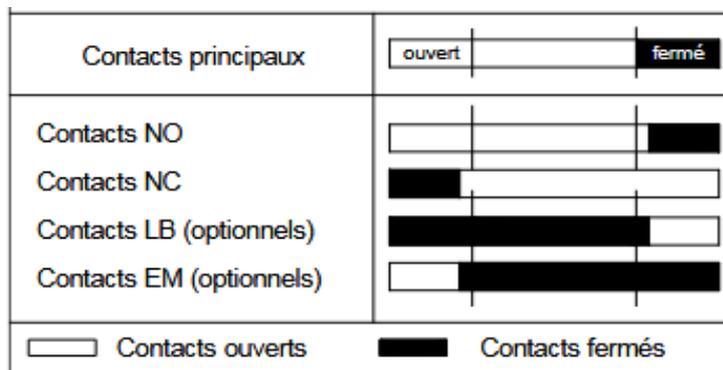
Le fonctionnement électrique du sectionneur à mécanisme de commande motorisé peut se faire en deux modes distincts ; à distance ou à partir de bouton-poussoir localement (L. Fechant,1986). Un sélecteur local/ à distance (Figure 14), empêche toute interférence entre les deux modes de contrôle. Les tensions admissibles peuvent varier de 85% à 110% par rapport à la tension nominale (Figure 15).

Diagramme électrique du sectionneur COELME CD



(Figure 14, Ngandu)

Diagramme séquentiel des contacts du sectionneur



(Figure 15, Masangu)

3.5.3. Etapes de consignation et de remise en service de la tranche

❖ Consignation de la tranche

- 1°) Ouvrir le disjoncteur qui alimente la ligne;
- 2°) Ouvrir le sectionneur d'isolement;
- 3°) Ouvrir le sectionneur tête de ligne;
- 4°) Fermer le sectionneur le sectionneur de mise à la terre;
- 5°) Fermer le sectionneur de transfert (bypass).

❖ Déconsignation de la tranche

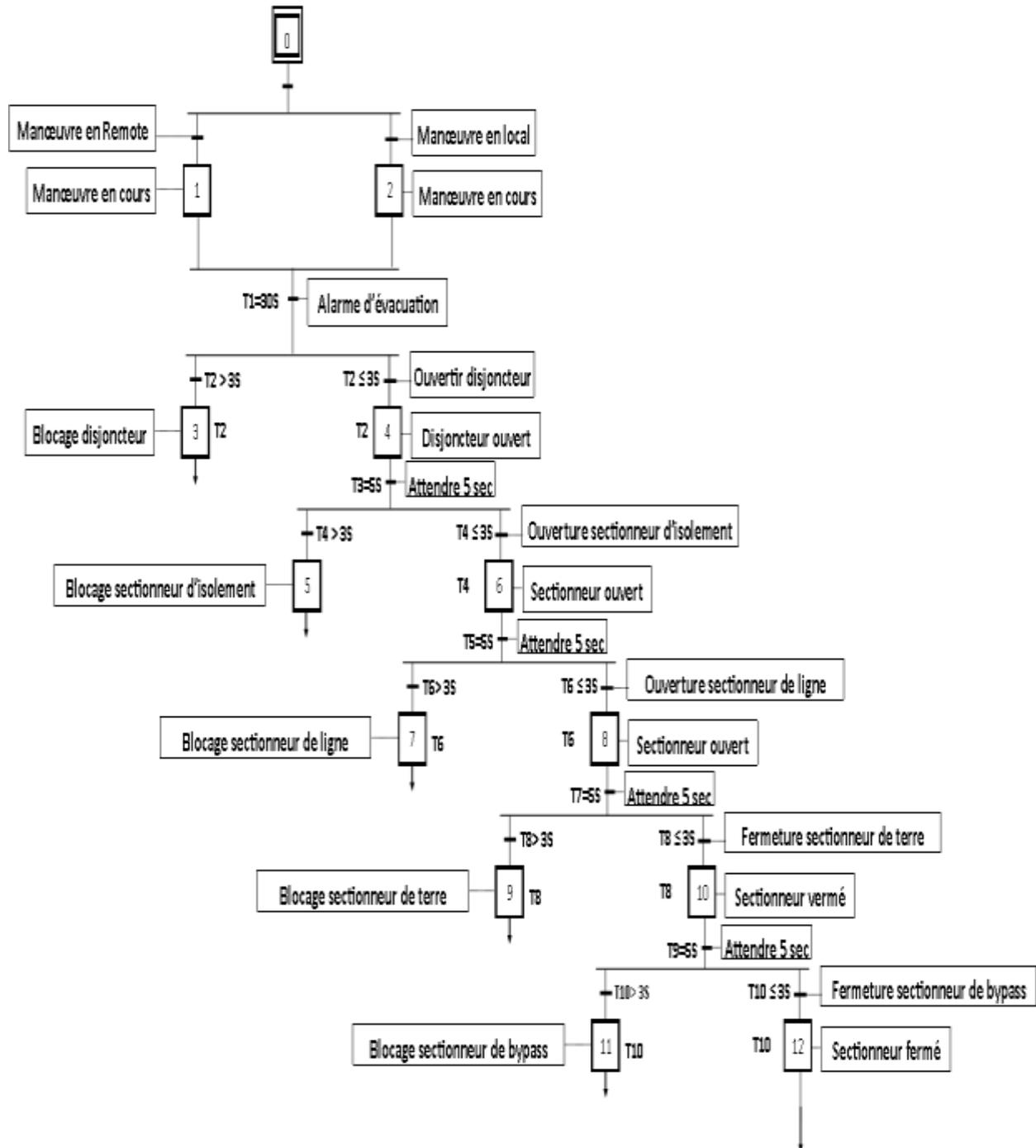
- 1°) Ouvrir le disjoncteur qui alimente la ligne;
- 2°) Ouvrir le sectionneur d'isolement;
- 3°) Ouvrir le sectionneur tête de ligne;
- 4°) Fermer le sectionneur le sectionneur de mise à la terre;
- 5°) Fermer le sectionneur de transfert (bypass).

3.5.4. Grafcet

❖ Manoeuvre de consignation de la tranche

Ci-dessous, un diagramme explicatif de la consigne de la tranche de la ligne électrique (Figure 16)

Grafset pour la consignation de la tranche d'une ligne électrique

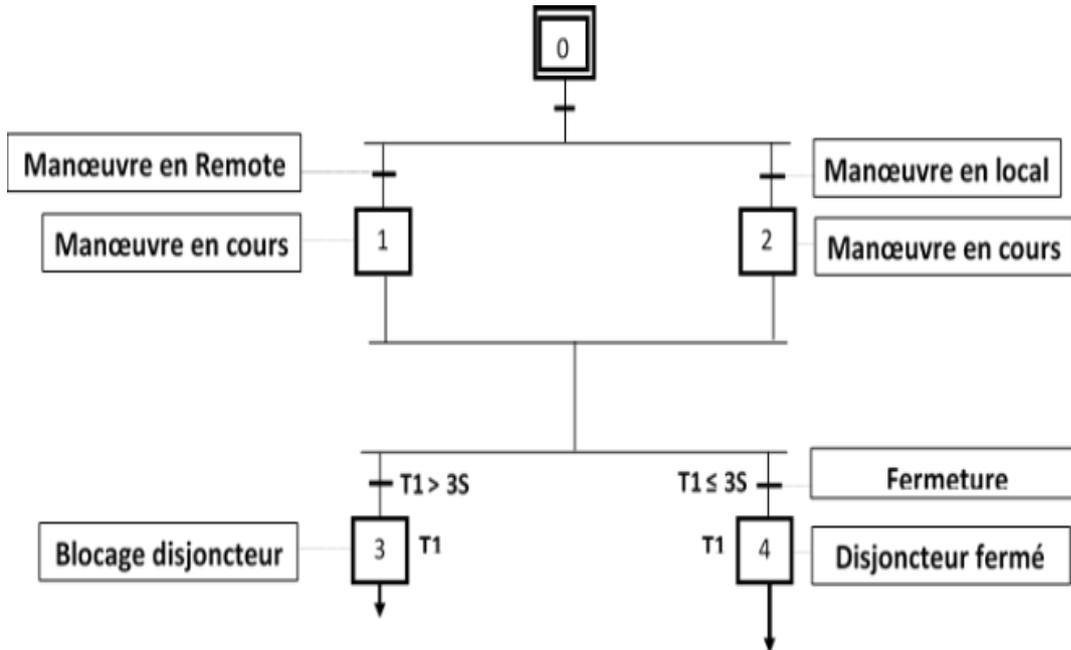


(Figure 16, Masangu)

❖ Manoeuvre de la fermeture du disjoncteur

Ci-dessous, un diagramme explicatif de la fermeture du disjoncteur (Figure 17)

Grafcet pour la fermeture du disjoncteur

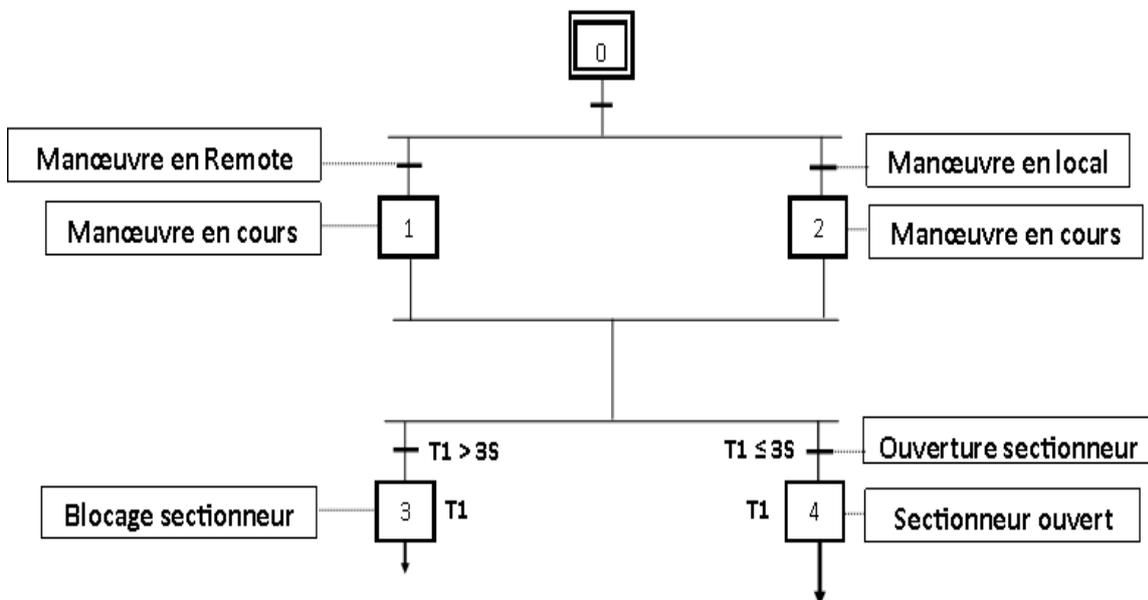


(Figure 17, Masangu)

❖ **Manoeuvre d'ouverture du sectionneur**

Ci-dessous, un diagramme explicatif *pour l'ouverture du sectionneur* (Figure 18)

Grafcet pour l'ouverture du sectionneur



(Figure 18, Masangu)



La consignation d'une unité alimentant une ligne électrique est déclenchée par le dysfonctionnement d'un ou plusieurs équipements électriques, ou par des travaux programmés (maintenance annuelle). Cette dernière nécessite l'isolement total de l'unité, sans interruption de l'alimentation électrique du client. La consignation d'un appareil implique la mise à la terre d'une ligne électrique, tandis que la déconsignation est l'opération inverse. Le Centre de distribution Ouest disposant d'un système de générateurs juxtaposés, les étapes décrites ci-dessus doivent être suivies conformément aux normes de la Commission électrotechnique internationale, afin de consigner ou déconsigner l'unité et d'éviter d'ouvrir l'équipement électrique en charge.

CONCLUSION

L'automatisation de la commutation améliore la sécurité des opérations de distribution d'électricité en réduisant le risque d'erreur humaine, en garantissant la précision des opérations de commutation, la surveillance en temps réel, l'enregistrement des données et en facilitant la maintenance préventive.

Cette automatisation permet aussi des opérations de commutation précises dans le Répartiteur Ouest de Kolwezi, offrant ainsi une précision programmée., des temps de réponse rapides, une coordination efficace, une réduction sensible de d'erreur du a la manipulation de l'homme, une traçabilité des opérations, une flexibilité et une adaptation aux conditions du réseau électrique.



REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. André BIANCIOTTO, l'informatique et automatisation industrielle, TOME 1, DELAGRAVE, PARIS 1984, 127 Pages
2. André SIMON, Application d'électricité schématique, automate programmable, édition d'ELAU, liège 1982, 117 pages
3. André SIMON, Automates programmables, programmations automatisme et logique programmée, édition d'ELAU, liège 1983 222 pages
4. Claude BELLEIL, Le langage UML 2.0 : Diagramme de cas d'utilisation , Université de Nantes, 2011,cours Inédit.
5. FECHANT L., « Appareillage électrique à BT, Appareils de distribution », Techniques de l'Ingénieur, traité Génie électrique, D 4 865. Mode d'évaluation
6. G. CHEVALIER, le Grafcet, les automatismes par diagramme fonctionnel et la technologie modulaire, Dunod, Paris 1988, 79 pages
7. GUY GRELLET, Actionneurs électriques, EUROLLES, Paris 2000, 492 pages
8. Henri NEY, électronique et normalisation, Nathan, Paris 1986 420 pages
9. J. PERVIN, F. SINIBALDI, Automatique industrielle mémento, DUNOD, France 1986, 127 pages
10. J.P. RAYMOND, les schémas d'automatismes (théorie pratique) DUNOD, Paris 1977, 271pages
11. Roques, P. & Vallée, F. (2003). Uml en action (2 ed.). Eyrolles.
12. Roques, P. (2006b). Uml2 par la pratique (étude de cas et exercices corrigés) (5 ed.). Eyrolles
13. Rumbaugh, J., Jacobson, I. & Booch, G. (2004). Uml 2.0 guide de référence. CampusPress.