

N° Ordre...../Faculté/UMBB/2023

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA-BOUMERDES



**Faculté des Hydrocarbures et de la Chimie**

**Mémoire de Fin d'Etudes**  
**En vue de l'obtention du diplôme :**  
**MASTER**

Présenté par

**BENZOHRA Ramzi**

**BENREGREG Islam**

Filière : **Génie Electrique**

Option : **Electricité industrielle**

**Thème**

---

**Optimisation de la protection du transformateur  
principale du GP2z par un relais numérique**

---

Devant le jury :

Mr TADJER	Sid Ahmed	MCA	UMBB	Président
Mr KHELIFI	Fateh	MAA	UMBB	Examineur
Mr KIFOUCHE	Rezki	MAA	UMBB	Encadreur

Année Universitaire : 2022/2023



**Faculté des Hydrocarbures et de la Chimie**

Département : **Automatisation et électrification**

Filière : **Génie Electrique**

Option : **Electricité industrielle**

**Mémoire de Fin d'Etudes  
En vue de l'obtention du diplôme :**

**MASTER**

*Thème*

---

**Optimisation de la protection du transformateur  
principale du GP2z par un relais numérique**

---

**Présenté par :**  
**BENZOHRA Ramzi**  
**BENREGREG Islam**

**Avis favorable de l'encadreur :**  
Mr. KIFOUCHE          signature

**Avis favorable du Président du jury**  
Nom Prénom                                  Signature

**Cachet et signature**

## Remerciements

Nous tenons à remercier profondément Dieu, le tout puissant de nous avoir donné le Courage, la volonté, ainsi que la santé pour réaliser ce modeste travail.

Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements et nos sincères reconnaissances à Mr **Kifouche rezki** , pour sa disponibilité, ses conseils judicieux, ses directives et ses orientations concernant notre projet de fin d'étude, tout en nous accordant sa confiance et en nous faisant profiter de sa large expérience tout au long de la réalisation de ce projet de fin d'étude.

Nous remercions les membres de jury qui ont fait l'honneur de participer au jugement de ce travail.

Nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont contribué au bon déroulement de ce projet de fin d'étude :

- A tous les professeurs de la faculté des hydrocarbures et de la chimie pour leurs conseils et leurs orientations.
- Aux personnels du département.
- A nos parents et à toute la famille **BENREGREG** et **BENZOHRA**.
- A nos frères et sœurs.
- A tous nos amis.

Et enfin nos remerciements à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce projet de fin d'étude

# Sommaire

Introduction générale.....	1
I. Présentation de complexe GP2/Z.....	2
I.1 Introduction.....	2
I.2 Historique.....	2
I.3 Plan de situation.....	3
I.4 Organigramme du complexe GP2Z.....	4
I.5 Les différents départements.....	6
I.6 Procédé de fabrication.....	6
I.7 Les principales sections du complexe.....	7
I.7.1 Section de réception de la charge GPL.....	8
I.7.2 Section de stockage de la charge.....	8
I.7.3 Section de déshydratation.....	8
I.7.4 Section de séparation.....	8
I.7.5 Section réfrigération.....	9
I.7.6 Section stockage.....	9
I.8 Description de réseau électrique.....	10
I.8.1 Les principaux postes électriques.....	10
I.8.2 Schéma sur le réseau électrique de GP2Z.....	12
I.8.3 Alimentations secourt.....	13
I.9 CONCLUSION.....	14
II. Généralités sur le transformateur de puissance.....	15
II.1 Introduction.....	15

II.2 Définition.....	15
II.3 Symbole .....	16
II.4 Principaux éléments d'un transformateur.....	16
II.5 Constitution générale d'un transformateur .....	17
II.5.1 Partie active .....	17
II.5.2 Partie constructive .....	20
II.6 Les composants du transformateur de puissance.....	22
II.7 Equipements .....	23
II.7.1 Changeur de prise .....	23
II.7.2 Refroidissements.....	23
II.7.3 Le conservateur d'huile .....	24
II.8 Schéma équivalent d'un transformateur .....	25
II.9 Principe de fonctionnement .....	25
II.10 Le Couplage des enroulements.....	27
II.10.1 Couplage étoile-étoile.....	28
II.10.2 Couplage triangle-étoile .....	28
II.10.3 Couplage étoile-zigzag .....	28
II.11 Fonctionnement en parallèle des transformateurs .....	29
II.12 Conclusion .....	30
III. Les protections du transformateur de GP2z .....	31
III.1 Introduction .....	31
III.2 Description de protection du transformateur GP2z .....	31
III.3 La protection du Transformateur 20MVA de GP2z .....	32

III.3.1	La protection interne du Transformateur .....	32
III.3.2	La protection contre les defaults Externes .....	35
III.4	Conclusion .....	42
IV.	Protection du transformateur de GP2z par relais SIPROTEC 5 .....	43
IV.1	Introduction.....	43
IV.2	Critère de choix sur SIPROTEC 5 : .....	43
IV.3	Description de SIPROTEC 5 7UT82 .....	44
IV.4	Les applications de SIPROTEC 5 7UT82.....	46
IV.5	Principe de fonctionnement différentielle de SIPROTEC 5 7UT82.....	47
IV.6	Paramétrage de L'appareil SIPROTEC5 7UT82 .....	49
IV.7	Désignation du schéma électrique sur DIGSI 5 : .....	49
IV.8	Explication de la topologie de la protection (Schéma de figure5) .....	51
IV.9	L'addition des protections dans l'appareille .....	51
IV.10	Configuration des transformateurs de courant dans DIGSI5 .....	52
IV.11	Le raccordement de transformateur de courant avec l'appareil : .....	53
IV.12	La configuration des protections .....	54
IV.12.1	La configuration de transformateur de puissance .....	54
IV.12.2	Configuration de protection Prot I <sub>max</sub> 3p (50/51).....	56
IV.12.3	Configuration de protection différentielle (87T) .....	60
IV.12.4	Configuration de protection Terre-restreint primaire et secondaire (87N) .....	63
IV.12.5	Configuration de courant de magnétisation Inrush .....	65
IV.12.6	Configuration des CFC (Continuous Function Chart) [8] .....	65
IV.12.7	Configuration les entrées et les sorties binaires : .....	69

IV.13 Conclusion .....	72
Conclusion générale.....	73

### **Listes des figures**

Figure I-1 : Le complexe gp2z .....	3
Figure I-2 : plan de situation .....	3
Figure I-3 : Organigramme de gp2z.....	5
Figure I-4 : schéma synoptique du complexe gp2z.....	7
Figure I-5 : Loge principale du poste HT PIC .....	10
Figure I-6 : schéma synoptique de pic 60 kv .....	11
Figure I-7 : poste moyenne tension 5.5 kv .....	11
Figure I-8 : schéma sur le réseau électrique.....	12
Figure II-1 : transformateur de puissance .....	16
Figure II-2 : symbole d'un transformateur.....	16
Figure II-3 : Circuit magnétique type cuirassé.....	17
Figure II-4 : Circuit magnétique type a colonne .....	18
Figure II-5 : enroulement d'un transformateur .....	19
Figure II-6 : la cuve.....	20
Figure II-7 : le couvercle.....	21
Figure II-8 : traversées .....	21
Figure II-9 : les composants .....	22
Figure II-10 : changeur de prise .....	23
Figure II-11 : le conservateur d'huile .....	24
Figure II-12 : schéma équivalent.....	25
Figure II-13 : principe de fonctionnement .....	26
Figure II-14 : Couplage étoile-étoile.....	28
Figure II-15 : Couplage triangle-étoile.....	28
Figure II-16 : Couplage étoile-zigzag .....	28
Figure II-17 : Fonctionnement en parallèle des transformateurs .....	29
Figure III-1 : La plaque signalétique du transformateur .....	31

Figure III-2 : Le pic 60	Figure III-3: les voyants de signalisation	35
Figure III-4 : Schéma de protection de Max I.....		40
Figure III-5 : Schéma de protection terre restreint primaire .....		41
Figure III-6 : Schéma de branchement de relais F05 .....		41
Figure III-7 : Schéma de branchement des protection interne de transformateur .....		42
Figure IV-1 : SIPROTEC 5 7UT82.....		44
Figure IV-2 : IV.5Principe de fonctionnement différentielle de SIPROTEC 5 7UT82.....		47
Figure IV-3 : fenêtre de l'ajout de l'appareille Siprotec 7UT82 .....		50
Figure IV-4 : schéma électrique unifilaire générale de la protection .....		50
Figure IV-5 : les protections définies pour Siprotec 7UT82.....		51
Figure IV-6 : les paramètres de Siprotec 7UT82 .....		54
Figure IV-7 : le courbe de déclenchement 'ANSI très inverse .....		57
Figure IV-8 : la valeur de courant de magnétisation en fonction de la puissance apparent de transformateur .....		63
Figure IV-9 : courbe de déclenchement de la protection terre restreint primaire .....		64
Figure IV-10 : exemple d'intégration de relais de BUCHHOLZ .....		66
Figure IV-11 : l'intégration complète des protections internes du transformateur.....		67
Figure IV-12 : la configuration des entrées et les sorties pour le fonctionnement de disjoncteur .		69

## Listes des tableaux

**Table III.3.1.5-1:** caractéristiques électriques et mécaniques des soupapes de pression ..... **Error! Bookmark not defined.**

**Bookmark not defined.**

**Table III.3.2.3-1:** seuil de déclenchement pour le maximum de courant**Error! Bookmark not defined.**

**Table III.3.2.3-2:** le seuil de déclenchement pour courant homopolaire**Error! Bookmark not defined.**

**Table III.3.2.3-3:** les contacts de relais F06 et ces circuit associés**Error! Bookmark not defined.**

**Table IV-1:** Les bornes de raccordement de TC et les adresses.....53

**Table IV-2:** les paramètres ajoutés de transformateur.....56

**Table IV-3:** chaque paramètre et sa valeur et les autres valeurs possibles.....58

<b>Table IV-4:</b> Explication des paramètres selon le manuel utilisateur de SIPROTEC5 7UT82.....	60
<b>Table IV-5:</b> paramètres principaux avec leur valeur proposée.....	65
<b>Table IV-6:</b> les entres et les sorties binaires et les bornes de raccordement avec la LED .....	68
<b>Table IV-7:</b> la configuration de toutes les entrées et sorties binaires ainsi que l'option de leurs réglages possibles .....	72

# **Introduction générale**

## Introduction générale

L'optimisation de la protection des transformateurs de puissance est d'une importance primordiale dans les systèmes électriques pour garantir la fiabilité de la distribution de l'énergie électrique. Les transformateurs jouent un rôle crucial en convertissant les niveaux de tension et en assurant la transmission efficace de l'électricité entre différentes parties du réseau électrique. Ainsi, une défaillance du transformateur peut avoir des conséquences graves sur la continuité de l'alimentation électrique et la sécurité du système.

Dans ce contexte, le transformateur principal GP2z (60KV/5.5KV) est un élément critique du réseau électrique. Il est essentiel de mettre en place une protection adéquate pour détecter rapidement et isoler tout défaut ou anomalie pouvant survenir dans ce transformateur. Traditionnellement, les relais de protection électromécaniques étaient utilisés pour assurer cette fonction de protection. Cependant, avec les avancées technologiques récentes, les relais numériques offrent des fonctionnalités avancées et une meilleure précision dans la détection des défauts.

Dans ce mémoire de fin d'études, nous nous intéressons à l'optimisation de la protection du transformateur principal GP2z en remplaçant l'ancien relais de protection par un nouveau relais numérique SIPROTEC 5. Ce relais numérique est réputé pour sa performance élevée, sa flexibilité et sa capacité à fournir une protection précise et rapide pour les transformateurs de puissance.

L'objectif principal de cette étude est d'évaluer les avantages et les améliorations potentiels que le relais numérique SIPROTEC 5 peut apporter à la protection du transformateur principal GP2z. Nous examinerons les fonctionnalités avancées du relais numérique, telles que la détection de défauts à haute vitesse, la coordination avec d'autres dispositifs de protection du réseau électrique et la capacité de surveillance en temps réel des paramètres du transformateur. Nous analyserons également les défis et les considérations pratiques associés au remplacement du relais de protection existant.

# **CHAPITRE I : Présentation de complexe GP2/Z.**

# **I. Présentation de complexe GP2/Z**

## **I.1 Introduction**

Suite aux découvertes croissantes des champs pétroliers au sud Algérien, l'augmentation de la production du GPL est devenue très importante. Des projets de rénovation et d'extensions des installations se sont avérés un objectif primordial en aval pour séparer des charges de plus en plus importantes de GPL en propane et butane commerciaux.

La charge GPL est composée en grande partie de propane, de butane et d'un faible taux de méthane, éthane et de pentane. Elle provient de différents champs pétroliers et gaziers du sud.

Le GP2Z est l'un des six complexes de la branche LQS de la société nationale de transport et de commercialisation des hydrocarbures, SONATRACH. Il est situé à l'est d'Oran, à une distance de 42 km, et à seulement 4 km de la ville d'Arzew, au nord-ouest du pays. Le complexe couvre une superficie de 13,5 hectares. Son usine est conçue pour séparer le GPL en propane et butane commercial.[14]

## **I.2 Historique**

Le complexe GP2Z a été érigé dans les années 70 par la société anglaise C.J.B (company John Brown) dans le but de traiter du GPL composé principalement de propane et de butane. En 1973, le complexe a été mis en service pour traiter une charge de 4 MT/an d'un mélange de condensat/GPL. Cependant, en 1984, avec la mise en service du GP1Z et la séparation des condensats au sud, le GP2Z a été arrêté en raison d'un manque de condensat dans la charge et de problèmes de sécurité.

En 1990, le complexe a été remis en service après la reconversion de son procédé de remouillage pour le traitement d'une capacité de 0,6 MT/an. En 1993, la direction de l'ingénierie a pris en charge la rénovation et le développement du complexe GP2Z pour augmenter sa capacité jusqu'à 1,2 MT/an. En 1999, une extension du complexe a été réalisée pour traiter une capacité de 1,8 MT/an.

Initialement, le complexe GP2Z était en phase de développement pour atteindre une capacité de traitement de 2,5 MT/an. Cependant, ce projet a été interrompu en raison d'incidents survenus sur

le four 401/6201 B et le nouveau groupe moto compresseur 430/6201D. Après l'audit de l'organisme japonais IHI en 2004, il a été établi que la capacité de production maximale du complexe GP2Z est de 1,4 MT/an.[14]



**Figure I-1:** Le complexe gp2z

### **I.3 Plan de situation**



**Figure I-2 :** plan de situation

## **I.4 Organigramme du complexe GP2Z**

Le complexe GP2/Z est organisé comme suit :

Deux Sous Directions :

La Sous-direction du Personnel : D\*S

R: Les ressources humains.

ADM/SOC : Administration et social du personnel.

M: Les moyens généraux.

RT: Relation du travail.

La Sous-direction exploitation : D\*E

A: Approvisionnements.

G: Maintenance.

P: Production.

Quatre départements de contrôle :

I:Sécurité.

F: Finances.

T: Technique.

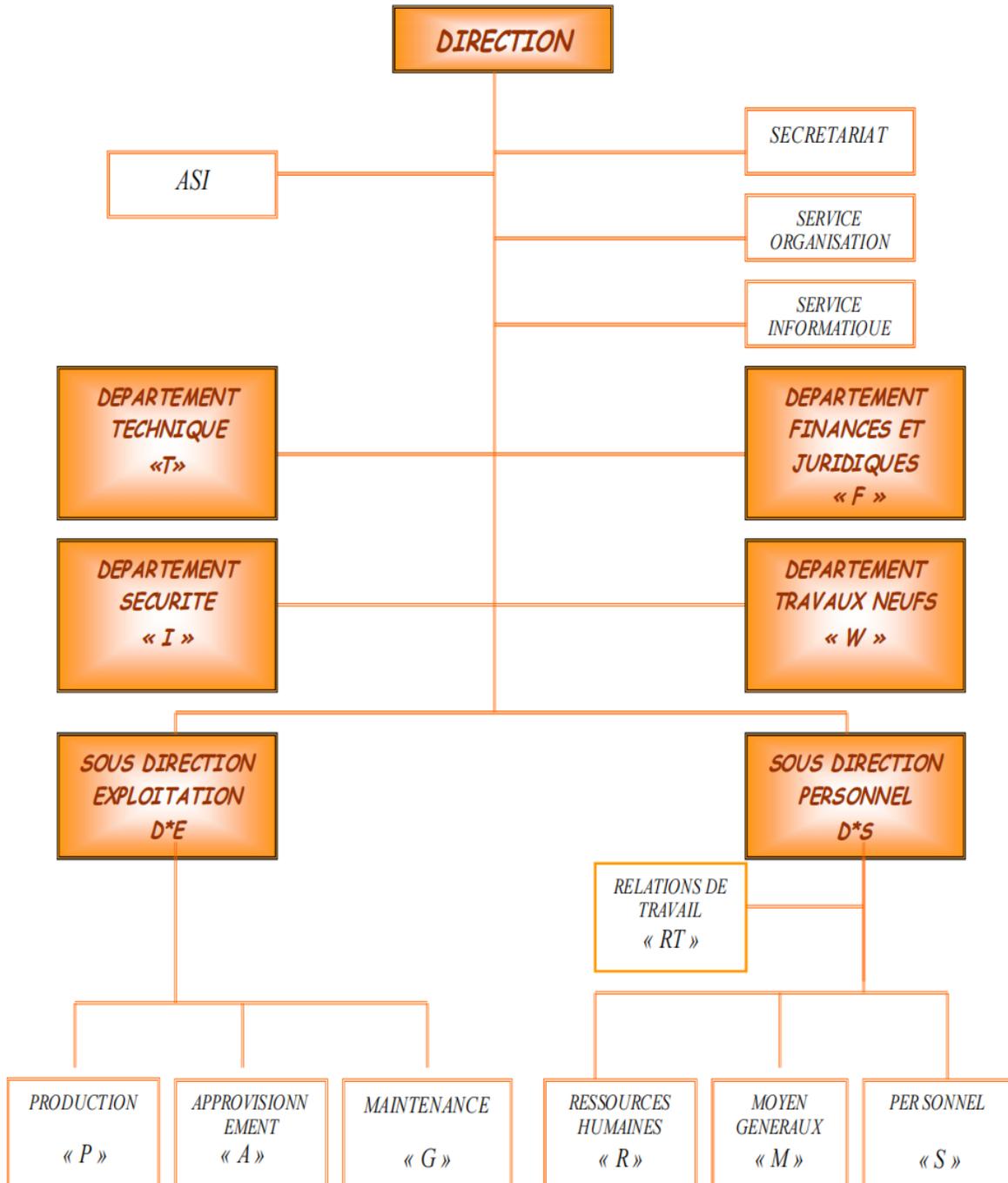
W: Travaux Neufs.

Deux autres fonctions rattachées à la direction :

ORG/INF : Service organisation et Informatique.

ASI : Assistant de sécurité interne.[14]

# ORGANIGRAMME DU COMPLEXE GP2/Z



**Figure I-3** : Organigramme de gp2z

## **I.5 Les différents départements**

Département de sécurité

Laboratoire

Département Instrumentation

Département Mécanique.[14]

## **I.6 Procédé de fabrication**

Le GPL est extrait du pétrole brut ou du gaz naturel, provenant notamment de HASSI R'MEL. Il se compose principalement de propane ( $C_3H_8$ ) et de butane ( $C_4H_{10}$ ), avec une faible proportion de méthane et d'éthane. Après avoir été pompé et atteint Arzew, il subit une détente de 80-90 kg/cm<sup>3</sup> à 7-10 kg/cm<sup>3</sup>. Ensuite, il est filtré et stocké dans deux sphères pour assurer une sécurité en cas de problèmes lors du transport par les stations de pompage.

Le GPL est ensuite envoyé depuis les sphères vers la station de séparation à l'aide de deux pompes verticales. Cette station est équipée d'un préchauffage pour la charge et d'une colonne de séparation. Dans la colonne de séparation, le GPL est séparé en deux produits :

Le produit lourd ( $C_4H_{10}$ ) est partiellement envoyé dans un rebouilleur chauffé par un circuit de gazole dans un four. Cette partie de butane, collectée à la sortie du rebouilleur, sert à préchauffer la charge GPL provenant des sphères.

Le produit léger ( $C_3H_8$ ) est récupéré au sommet de la colonne de séparation. Les deux produits passent ensuite par une section de réfrigération. Le butane est refroidi en deux étapes (HP, MP), en utilisant le propane pur comme source de froid.

Après cette opération, le propane commercial est stocké dans un réservoir d'une capacité de 50.000m<sup>3</sup> en vue des chargements dans les navires.[14]

## I.7 Les principales sections du complexe

Une section de stockage tampon de la charge.

Une section de déshydratation du GPL.

Deux trains de séparation.

Une section de réfrigération.

Une section de stockage des produits finis.[14]

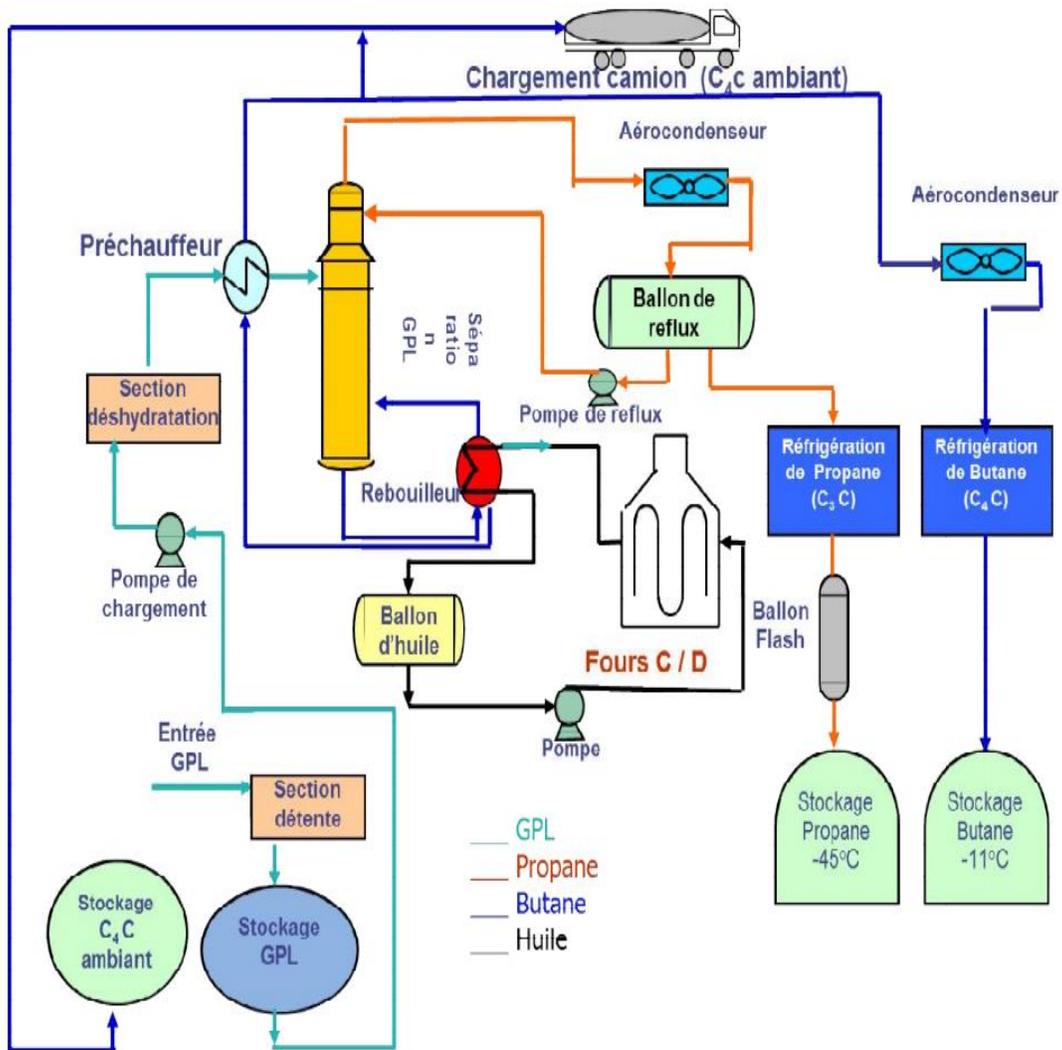


Figure I-4 : schéma synoptique du complexe gp2z

### **I.7.1 Section de réception de la charge GPL**

La charge d'alimentation de GPL est envoyée à partir du terminal RTO jusqu'à la limite du batterie du complexe GP2Z à une pression de 20 Bar et à la température ambiante, Elle passe par l'un des deux filtres un en service et l'autre en stand-by, afin d'éliminer les impuretés : (sables, poussière, matière étrangère). La charge GPL sortant du filtre en service passe à travers un dégazeur de charge pour enlever les gaz non condensables tel que « CO2, CH4,.. » et gaz inertes. La pression de la charge GPL est réduite à la pression de service des sphères de stockage par la vanne de détente.[14]

### **I.7.2 Section de stockage de la charge**

Cette section a pour fonction de stocker la charge GPL dans deux sphères la capacité de chaque sphère est de 1220 m3.

Le GPL est stocké à une température ambiante et une pression de 9bar. La charge GPL est envoyée à la section déshydratation par les pompes de charge. [14]

### **I.7.3 Section de déshydratation**

La Section est conçue pour éliminer l'eau de la charge GPL jusqu'à une teneur inférieure à 1PPM en poids afin d'éviter toute formation des hydrates (cause de bouchage).[14]

### **I.7.4 Section de séparation**

L'unité de séparation a été conçue pour séparer le mélange de la charge GPL en propane commercial comme produit de tête et en butane commercial comme produit de fond et ça au niveau de deux colonnes « 02splitters » constituée de 46 plateaux.

Chaque colonne comprend les équipements suivants :

- Un préchauffeur de la charge GPL.
- Une batterie d'aérocondenseurs.
- Un ballon de reflux.
- Deux pompes de reflux.
- Un rebouilleur.

Avant d'arriver à la colonne, la charge GPL se trouve à une pression de 19.8 bars ; elle passe par le préchauffeur où elle est préchauffée par le butane venant de fond de colonne (rebouilleur).

Le courant de GPL venant du préchauffeur entre au niveau du plateau n°24 de la colonne. Les hydrocarbures légers se séparent du courant d'alimentation et s'élèvent vers le sommet de la colonne à contre-courant d'un reflux continu de propane.

Le propane commercial extrait comme produit de tête de distillation est Condensé en totalité au niveau des aérocondenseurs.

Le propane provenant au ballon de reflux est aspiré par l'une des pompes de reflux Une partie est réintroduite en tête de colonne comme reflux, L'autre partie du propane s'écoule vers la réfrigération.

Le liquide du fond de colonne (butane) pénètre dans le rebouilleur où il se vaporise partiellement. La partie vaporisée retourne vers la colonne en dessous du 46ème plateau (le dernier) comme reflux vapeur alors que l'autre partie du butane s'écoule vers la réfrigération.[14]

### **I.7.5 Section réfrigération**

La section réfrigération a pour objet de refroidir les produits propane et butane commerciaux à leurs températures de stockage respectives soit - 45 °C pour le propane et - 15 °C pour le butane à la pression atmosphérique.[14]

### **I.7.6 Section stockage**

Cette section sert au stockage du propane et du butane commerciaux réfrigérés. Elle comprend deux bacs chacun est de 70 000 mètres cubes de capacité.

Un bac de stockage du propane à une température de -45 °C.

Un bac de stockage de butane à la pression atmosphérique et à une température de - 15°C.

Pour le butane existe aussi deux sphères d'une capacité 1150m<sup>3</sup> chacune pour le stockage du butane ambiant.[14]

## I.8 Description de réseau électrique

Le complexe GP2Z est alimenté par deux lignes aériennes haute tension 63 KV de SONELGAZ en boucle. Les deux lignes aboutissent au poste de transformation électrique 63 kV/5.5 kV de type PIC.

La première ligne provient du poste Arzew ouest d'une longueur de 7 Km

La deuxième ligne de l'unité ASMIDAL (ex-ammoniac CEA/Z) d'une longueur de 450 m.[14]

### I.8.1 Les principaux postes électriques

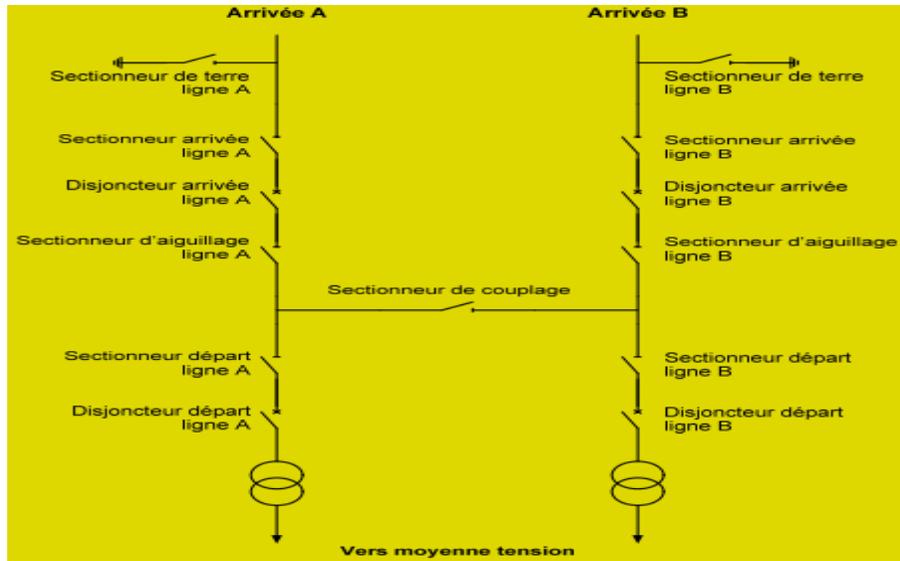
#### I.8.1.1 Poste de transformation électrique HT/MT (Poste PIC 60)

Le poste PIC est un poste isolé à l'air où l'ensemble des appareils est installé à l'intérieur d'un Bâtiment et les connexions inter-appareils sont à isolement dans l'air dans des différents compartiments.[14]

Ce poste a été fourni par « Merlin Gerin » du Groupe « Schneider Electric », il a été installé et mis en service entre 1997 et 1998. Dans le cas de GP2Z ce poste comprend neuf différents compartiments :



**Figure I-5:** Loge principale du poste HT PIC



**Figure I-6:** schéma synoptique de pic 60 kv

### I.8.1.2 Réseau moyenne tension 5.5 KV

Les deux départ transformateurs 20 MVA alimentent la partie moyenne tension du complexe : la sous-station 5.5 kV, elle est située à 450 m du poste PIC 63 kV. Cette salle comprend un tableau électrique mixte « SCHNEIDER ELECTRIC et SIEMENS » composé de deux (02) cellules arrivées Transfo NXAIR SIEMENS, une cellule couplage, une cellule remontée barres et de (36) cellules MT de type FLUAIR 200 du constructeur MERLIN GERIN « SCHNEIDER ELECTRIC ». [14]



**Figure I-7:** poste moyenne tension 5.5 kv

### I.8.1.3 SOUS-STATION « C »

Cette station comporte les transformateurs 5,5 KV/380 V les appareillages (PCC), CCM1D, et le Générateur de secours. La sous-station « C » alimente le bâtiment T, W, DRH et les deux sous-stations « A » et « B ». [14]

### I.8.2 Schéma sur le réseau électrique de GP2Z

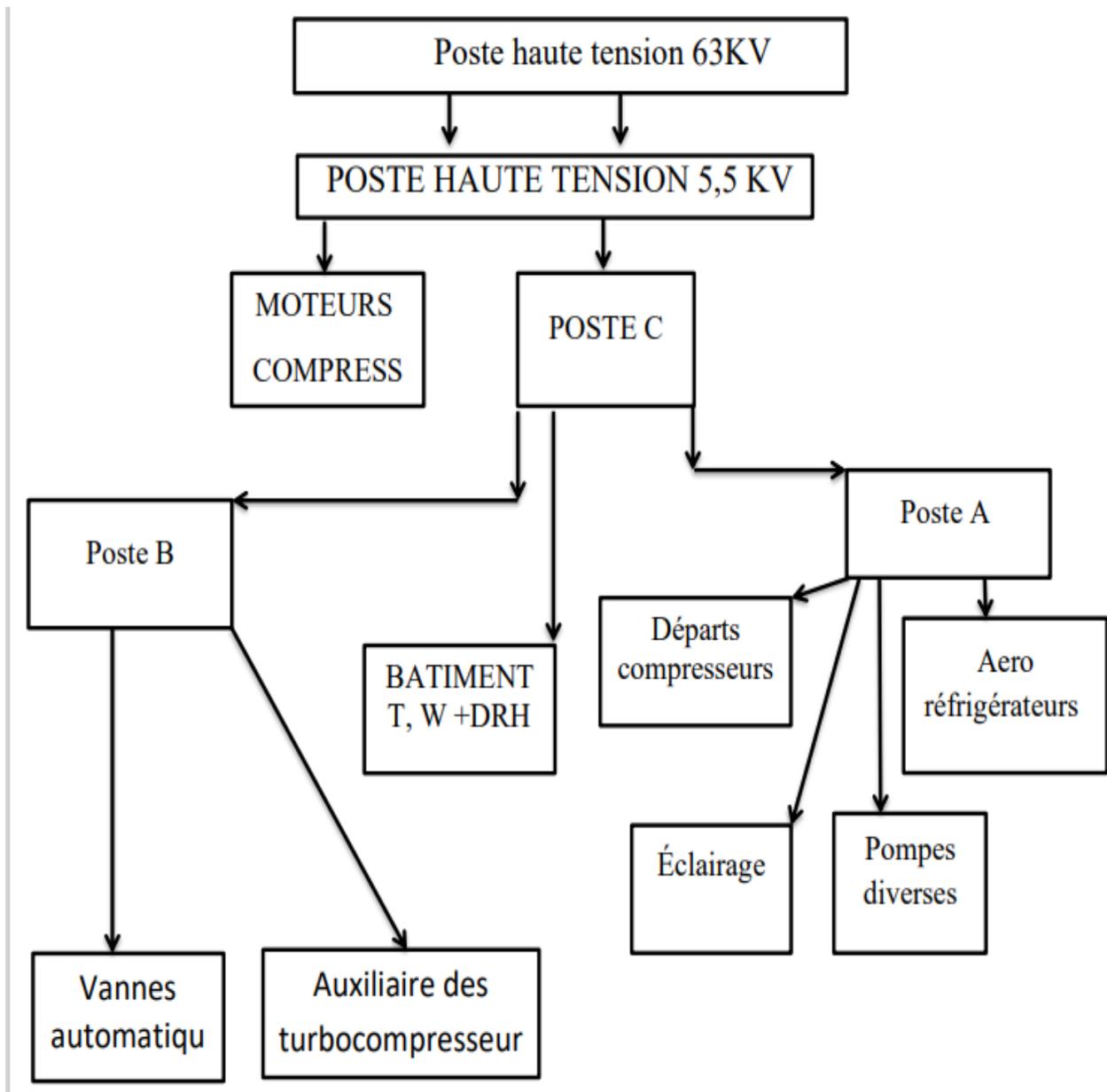


Figure I-8: schéma sur le réseau électrique

### **I.8.3 Alimentations secours**

Deux groupes électrogènes sont utilisés pour assurer l'alimentation électrique de secours. Le premier, un groupe exploitation de 375 KVA, alimente le tableau secouru SS1/S1 de la sous-station C, tandis que le deuxième, un groupe exploitation de 220 KVA, alimente le tableau TB1 de la sous-station ADM.

Le tableau SS1/S1 de la sous-station C est alimenté par deux sources : une source normale provenant du réseau Sonelgaz via le TGBT poste C, et une source de secours provenant du groupe électrogène exploitation de 375 KVA en cas de coupure de la source normale. Un inverseur interrupteur de 1250A permet de basculer entre les deux sources.

Le tableau TB1 de la sous-station ADM est également alimenté par deux sources : une source normale via le TGBT poste ADM, et une source de secours provenant du groupe électrogène ADM de 220 KVA en cas de coupure de la source normale. Un inverseur situé au niveau local du groupe électrogène permet de basculer entre les deux sources.

Le réseau courant continu est utilisé pour alimenter les circuits de commande et de contrôle des tableaux électriques basse tension 24Vcc et des tableaux haute tension comme le PIC 60 KV (110Vcc). L'alimentation auxiliaire 24Vcc est utilisée au niveau des automates des tableaux électriques bas tension.

Dans la sous-station C, la tension auxiliaire est assurée par deux chargeurs de batteries 24Vcc redondants de type "simplexe", alimentés par le tableau secouru SS1/S1. Ces deux chargeurs alimentent un tableau de distribution 24Vcc appelé "sous-station 380" via un inverseur qui permet le basculement entre les deux chargeurs. Dans les sous-stations A et B, l'alimentation auxiliaire est assurée par des tableaux locaux, alimentés par le tableau 24Vcc "sous-station 380".[14]

## I.9 CONCLUSION

Le stage effectué au sein du le complexe GP2/Z nous a permis d'acquérir une petite expérience professionnelle et nous a permis d'avoir une certaine idée du monde du travail. Comme cela nous a permis aussi d'avoir une idée générale sur le procédé de séparation et liquéfaction des GPL au niveau du complexe et finalement d'établir des rapprochements entre la pratique et la théorie.

On s'est particulièrement intéressé au fonctionnement du transformateur de puissance 63/5.5kv qui est l'équipement le plus important dans le réseau électrique de ce complexe. Ce transformateur joue un rôle très important. Par conséquent la continuité de fonctionnement du transformateur est une importance vitale pour assurer la fiabilité du système d'alimentation.

Le transformateur 63/5.5kv, en place, est protégé par un ancien système de protection vétuste avec des limitations criantes, selon les ingénieurs en place. On a, donc, proposé l'amélioration du système de protection, en procédant à son remplacement par une autre protection plus actuelle et surtout plus fiable.

Les recommandations qui nous ont été faites, sur place, consistent à étudier une protection à base d'un relais numérique SIPROTEC 5 7UT82.

Ce travail consiste, donc, à étudier globalement, tout d'abord, une protection des transformateurs en général, puis particulièrement en utilisant le relais numérique SIPROTEC 5 7UT82.

## **Chapitre II : Généralités sur le transformateur de puissance**

## **II. Généralités sur le transformateur de puissance**

### **II.1 Introduction**

Plus l'élément est important dans le système d'alimentation électrique, plus l'attention est portée à sa protection contre l'impact des dysfonctionnements auxquels il peut être exposé.

Les transformateurs jouent un rôle très important dans le réseau électrique. C'est pour cela qu'un intérêt plus important leur est accordé, tout d'abord, en ce qui concerne leur fonctionnement puis leur protection.

On présentera dans ce chapitre les différentes parties qui constituent un transformateur de puissance ainsi que son principe de fonctionnement.[3]

### **II.2 Définition**

Le transformateur est un équipement statique qui utilise l'électromagnétisme pour convertir un courant (tension) alternatif primaire en un autre courant (tension) alternatif secondaire de même fréquence. Le courant secondaire peut avoir une tension et un courant en valeurs différents de ceux du primaire. Les transformateurs peuvent être composés d'un noyau en tôles d'acier et de deux ou plusieurs enroulements à couplage électromagnétique. Le nombre d'enroulements détermine si le transformateur est à deux, trois ou plusieurs enroulements. Les types de transformateurs incluent les transformateurs monophasés, triphasés et polyphasés, en fonction du type de courant qu'ils utilisent.

L'enroulement qui reçoit l'énergie du courant alternatif est appelé enroulement primaire, tandis que l'enroulement qui fournit l'énergie est appelé enroulement secondaire. Les grandeurs associées à l'enroulement primaire, comme la puissance, le courant et la résistance, sont appelées primaires, tandis que celles associées à l'enroulement secondaire sont appelées secondaires.

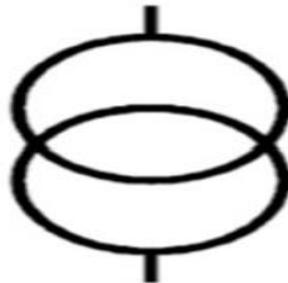
Les transformateurs de puissance sont utilisés pour minimiser les pertes joule dans la ligne en transportant l'énergie sur de longues distances à des tensions élevées, puis en abaissant progressivement cette tension pour alimenter les réseaux de distribution régionaux et locaux jusqu'à la tension d'alimentation domestique (distribution). L'enroulement connecté au réseau à haute

tension est appelé enroulement haute tension (HT), tandis que l'enroulement connecté au réseau à basse tension est appelé enroulement basse tension (BT). Si la tension secondaire est inférieure à la tension primaire, le transformateur est appelé transformateur abaisseur, et si la tension secondaire est supérieure à la tension primaire, le transformateur est appelé transformateur élévateur.[13]



**Figure II-1:** transformateur de puissance

### II.3 Symbole



**Figure II-2:** symbole d'un transformateur

### II.4 Principaux éléments d'un transformateur

En règle générale, un transformateur est composé d'un noyau magnétique en tôles superposées et d'un ensemble de bobines qui sont séparées par des écrans électrostatiques. Les bobines entourent le noyau magnétique et forment un conducteur, elles sont organisées en paquets de spires et chaque spire est composée de brins élémentaires. Les différents types de transformateurs se distinguent par la disposition géométrique de leurs composants, la forme de leur circuit magnétique ainsi que leur système de refroidissement.[13]

## II.5 Constitution générale d'un transformateur

Le transformateur est constitué de deux parties principales qui sont indispensables à son fonctionnement :[2]

### II.5.1 Partie active

Cette partie, elle-même est constitué par :

- Le circuit magnétique ;
- Les enroulements ;
- Isolants.

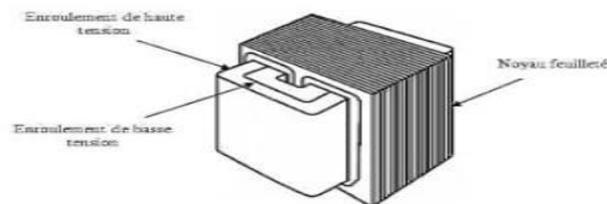
#### II.5.1.1 Le circuit magnétique

Son rôle essentiel est de canaliser le flux. Le noyau est composé d'un empilage de tôles ferromagnétiques de haute perméabilité et à cristaux orientés, isolées électriquement entre elle. Il doit être conçu pour réduire les pertes de courant de Foucault et d'hystérésis qui se produisent lors des variations périodiques du flux magnétique.

On peut avoir deux dispositions principales suivants la forme de circuit magnétique :

##### a) Type cuirassé

Pour ce type de transformateur le circuit magnétique entour complètement l'enroulement des deux coté la cuve assure le serrage de l'ensemble pour assurer une excellente rigidité mécanique. Ce type est recommandé pour les réseaux de transport et de répartition ou les surtensions transitoires sont fréquentes.[11]



**Figure II-3:** Circuit magnétique type cuirassé

### b) Type à colonne

Le transformateur à colonnes est composé de deux enroulements concentriques par phase, qui sont montés sur un noyau ferromagnétique. Ce dernier est équipé de culasses à chaque extrémité afin d'assurer une bonne circulation du flux magnétique. Dans ce type de circuit, appelé « à flux forcé », les enroulements entourent le circuit magnétique de manière à maximiser le couplage tout en minimisant le volume des conducteurs. Cette disposition est généralement utilisée pour les transformateurs de haute tension et de grande puissance.[12]



**Figure II-4:** Circuit magnétique type a colonne

#### II.5.1.2 Les enroulements

Les enroulements sont formés d'un matériau bon conducteur, en cuivre ou en aluminium, de section circulaire ou rectangulaire. Ils sont généralement cylindriques disposés de façon concentrique sur une même colonne, ils sont en couches ou galettes.[11]

**a) Enroulement primaire :**

Le rôle de l'enroulement primaire est la création du champ alternatif. La tension à laquelle il est élevé et l'intensité du courant qui le parcourt est faible, ce qui impose une section transversale faible et un grand nombre de bobines.

**b) Enroulement secondaire :**

Le rôle de l'enroulement secondaire est la production du courant induit, celui-ci se caractérise par une forte intensité. Cette caractéristique nécessite une section conductrice relativement large et un nombre limité de bobines.



**Figure II-5:** enroulement d'un transformateur

### **II.5.1.3 Isolants**

Il existe deux types d'isolation à l'intérieur d'un transformateur de puissance :

- Isolation solide à base de cellulose (isolation entre spires, isolation entre enroulements, isolation entre enroulements et masses, etc.).
- L'isolation liquide (huile) remplace tous les espaces d'air par de l'huile.

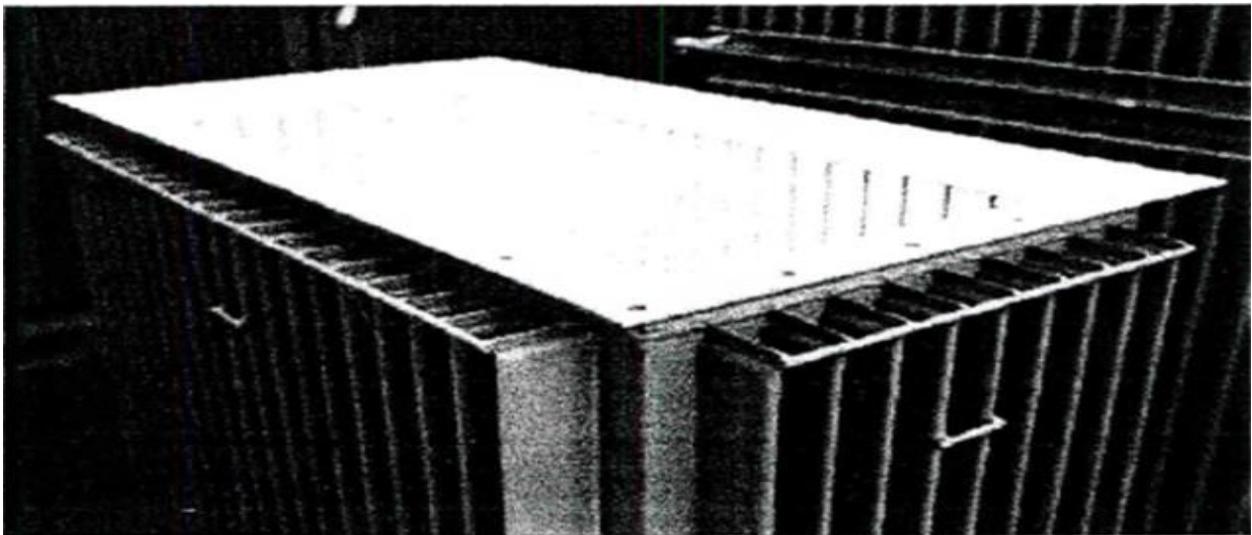
## II.5.2 Partie constructive

Outre la partie active, le transformateur est équipé d'une série d'éléments mécaniques appelés "pièces constructives". Ces éléments ont pour rôle de fixer et de refroidir la partie active, ainsi que de raccorder les enroulements au réseau électrique. Elles se résument ainsi :

### II.5.2.1 La cuve

La cuve du transformateur joue un rôle important en tant que réservoir pour le liquide diélectrique, mais elle assure également la stabilité mécanique du circuit magnétique et des enroulements. Sa forme épouse naturellement celle de la partie active, ce qui réduit le volume d'huile nécessaire et donc les coûts et la masse du transformateur. En outre, des shunts magnétiques placés à la base du transformateur permettent de canaliser partiellement les flux de fuites.

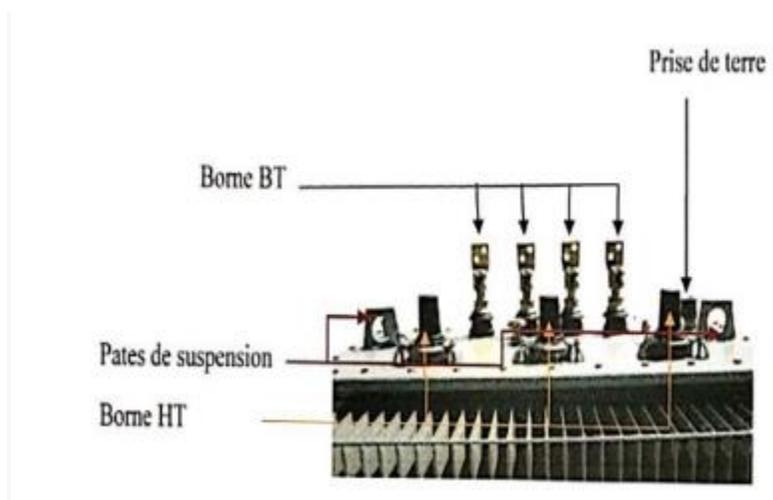
La cuve est équipée de divers dispositifs, tels que des crochets, des galets et des vannes. Elle doit également répondre à plusieurs exigences : elle doit être suffisamment résistante et rigide pour éviter toute déformation sous l'effet du poids de la partie active, de l'huile et des charges. Elle doit également être parfaitement étanche et avoir une grande surface de contact avec l'air pour faciliter le refroidissement. Le type de cuve qui semble le mieux adapté est la cuve à ailettes.[11]



**Figure II-6:** la cuve

### II.5.2.2 Le couvercle

Le couvercle a pour fonction principale de fermer hermétiquement la cuve, et il joue également le rôle de support pour les accessoires, tels que les traversées. Il est généralement fabriqué en acier, et comporte des cavités, des trous, ainsi que d'autres dispositifs pour fixer les appareils de protection et les isolateurs de traversée. Les traversées se composent de trois isolateurs du côté primaire du couvercle, et de trois isolateurs du côté secondaire.[13]



**Figure II-7:** le couvercle

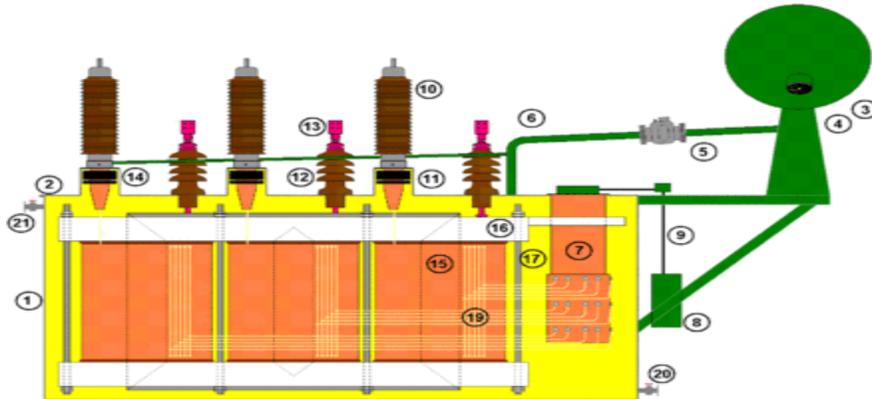
### II.5.2.3 Les traversées

Les traversées assurent la connexion des enroulements aux circuits à travers le couvercle de la cuve. Elles sont constituées de tubes isolants en porcelaine fixés sur le couvercle. Les dimensions et les formes des traversées varient en fonction de la tension, de la puissance et de l'utilisation du transformateur.



**Figure II-8:** traversées

## II.6 Les composants du transformateur de puissance



**Figure II-9:** les composants

1. Cuve
2. Couvercle
3. Conservateur
4. Indicateur de niveau d'huile
5. Relais Buchholz
6. Tuyau d'huile
7. Changeur de prises
8. Moteur électrique du changeur de prises
9. Transmission mécanique du changeur de prises
10. Traversée du primaire, avec connexion à son extrémité
11. Dôme avec transformateurs de courant à l'intérieur
12. Traversée du secondaire
13. Connexion du secondaire avec l'extérieur
14. Dôme avec transformateurs de courant à l'intérieur
15. Enroulements
16. Noyau magnétique
17. Élément mécanique maintenant le noyau magnétique et les enroulements ensemble exerçant une force de compression
18. Connexion du changeur de prises aux enroulements
19. Robinet d'huile
20. Robinet d'air.[15]

## II.7 Equipements

Les transformateurs de puissance sont équipés par :

### II.7.1 Changeur de prise

Le changeur de prise, permet de modifier le rapport de transformation lorsque le transformateur est en fonctionnement, c'est un régulateur de tension.[13]



**Figure II-10:** changeur de prise

### II.7.2 Refroidissements

Toutes les pertes entraînent une surchauffe des composants du transformateur. Il est nécessaire de mettre en œuvre des moyens de réfrigération.

Le transfert de chaleur se déroule généralement en plusieurs étapes :

- Conduction de masse à travers les éléments vers leurs surfaces.
- Convection dans un diélectrique gazeux à la fois isolant et refroidi (ex.transformateur de type sec).
- La convection dans le diélectrique liquide transfère la chaleur au réfrigérant
- Dans les échangeurs (transformateurs immergés).

Le choix de la méthode de refroidissement dépend de la puissance, des conditions locales installation et du mode de fonctionnement. Le refroidissement naturel est le plus économique, il convient aux petites et moyennes puissances jusqu'à environ 15 MVA. Mais, au-delà, le refroidissement interne ou externe, la circulation d'huile forcée et la ventilation forcée, doivent être effectuées. Le choix du réfrigérant et autre technologie de refroidissement peuvent aussi être nécessaires.[4]

### **II.7.3 Le conservateur d'huile**

Les conservateurs permettent l'expansion et/ou la contraction Huile. Il réduit également la surface de contact entre l'air et l'huile.

Pour empêcher l'eau de pénétrer dans le conservateur d'huile et d'endommager la couche d'isolation (Huile + papier), il faut limiter le contact entre l'air, chargé d'humidité, et Huile de transformateur.[10]



**Figure II-11:** le conservateur d'huile

## II.8 Schéma équivalent d'un transformateur

Il est possible de représenter un transformateur monophasé de manière simplifiée car tout circuit polyphasé est constitué d'une combinaison de circuits monophasés. Ainsi, on peut schématiser le transformateur en utilisant cette approche.

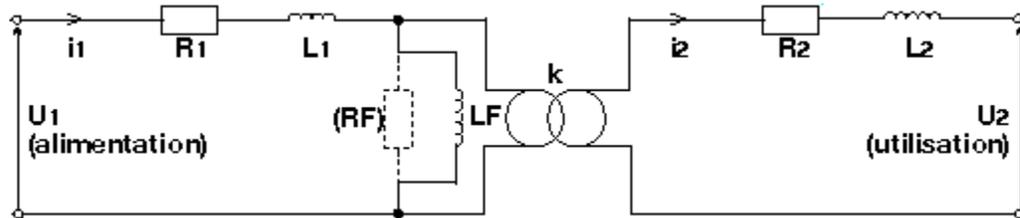


Figure II-12: schéma équivalent

$R_1$  : résistance de l'enroulement primaire

$R_2$  : résistance de l'enroulement secondaire

$L_1$  : inductance de fuite au primaire

$L_2$  : inductance de fuite au secondaire

$L_F$  : bobine magnétisante

$K$  : rapport de transformation

## II.9 Principe de fonctionnement

Les enroulements fixes primaires et secondaires du transformateur sont inductivement couplés grâce au circuit magnétique à faible reluctance qui assure une concentration élevée des lignes de champ.

Lorsque le primaire est alimenté par une source alternative, il circule dans le circuit magnétique un flux alternatif dont l'amplitude dépend du nombre de spires «  $n_1$  » du primaire et de la tension appliquée. Le flux mutuel couplé avec l'enroulement secondaire  $y$  induit une f.é.m. proportionnelle au nombre de spires  $n_2$  de cet enroulement. La fermeture du circuit secondaire sur une charge provoque la circulation d'un courant  $i_2$ .

. Si  $n_1$  et  $n_2$  sont les nombres de spires respectifs de ces enroulements, on peut écrire une première approximation.

$$U_1 = K \cdot n_1 \cdot \phi$$

$$U_2 = K \cdot n_2 \cdot \phi$$

Il en résulte l'équation essentielle du transformateur

$$U_1/U_2 = n_1/n_2$$

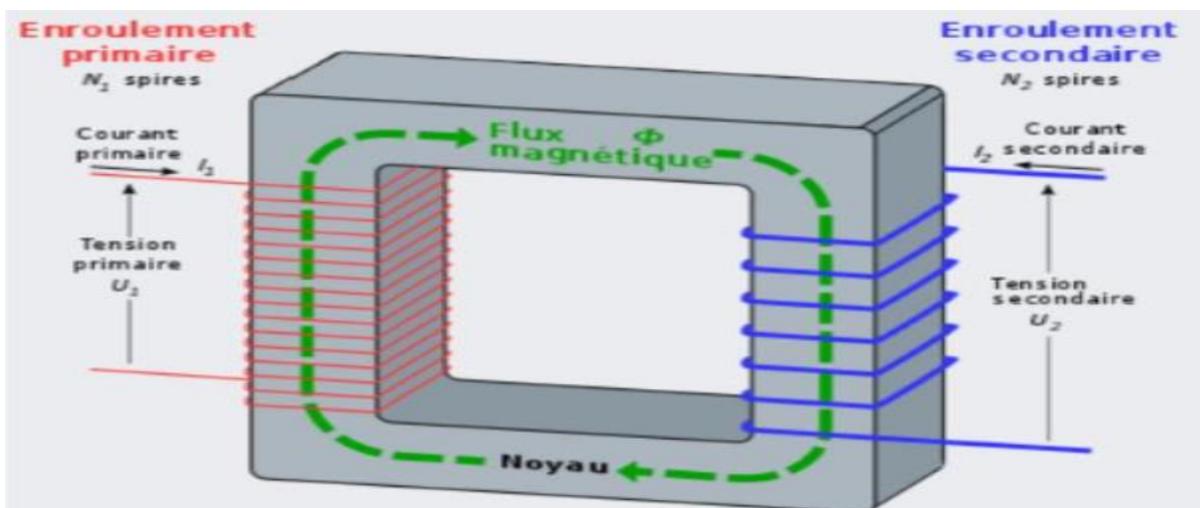
Par ailleurs, la puissance se conserve aux pertes près dans la traversée de l'appareil, on peut écrire :

$$U_1 I_1 = U_2 I_2$$

$$U_1/U_2 = I_2/I_1 = n_1/n_2$$

Le rapport des intensités est inversement proportionnel à celui des tensions et à celui des nombres de spires.

Le calcul des transformateurs dérive directement de ces équations élémentaires. [6]



**Figure II-13:** principe de fonctionnement

## II.10 Le Couplage des enroulements

Avant de choisir un couplage, on peut faire les remarques d'ordre générales suivantes :

Du point de vue dimensionnement des enroulements, on a toujours intérêt à choisir un couplage étoile aux très hautes tensions et un couplage triangle pour les fortes intensités de courant. En effet, en utilisant le couplage triangle, l'intensité de courant supportée par les enroulements est :

$$J=I/\sqrt{3}$$

J: Courant de phase [A].

I: Courant de ligne [A].

Par contre, en exploitant le montage étoile, la tension supportée par les enroulements est :

$$V=U/\sqrt{3}$$

V: Tension simple [V].

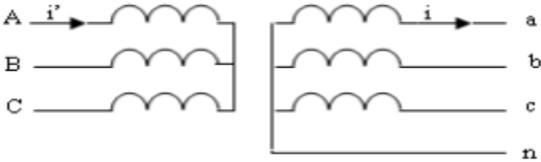
U: Tension composé [V].

Dans le cas de l'alimentation d'un récepteur déséquilibré, il n'est pas souhaitable d'utiliser un branchement en triangle car, la somme des forces électromotrices dans les enroulements n'étant pas nulle. On aura un courant permanent de circulation, cela il sera néfaste pour les enroulements. Pour cette raison, les secondaires des transformateurs de distribution ne sont pas couplés en triangle.

Dans certains cas, la présence du fil neutre est indispensable, donc on doit utiliser le branchement en étoile.

Dans la pratique, on trouve les couplages les plus utilisés suivants:[1]

**II.10.1 Couplage étoile-étoile**



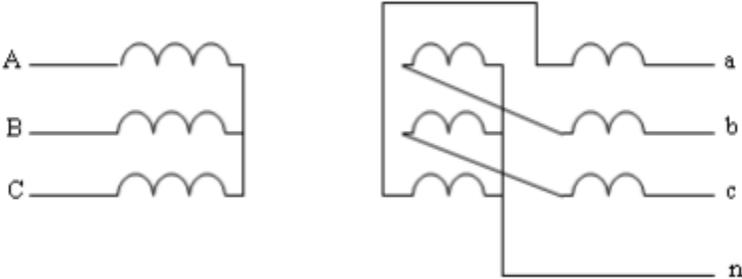
**Figure II-14:** Couplage étoile-étoile

**II.10.2 Couplage triangle-étoile**



**Figure II-15:** Couplage triangle-étoile

**II.10.3 Couplage étoile-zigzag**



**Figure II-16:** Couplage étoile-zigzag

## II.11 Fonctionnement en parallèle des transformateurs

Lorsque la puissance appelée par les usagers dépasse la puissance que peut fournir un transformateur monophasé ou triphasé, on peut faire appeler à un deuxième transformateur monophasé ou triphasé.

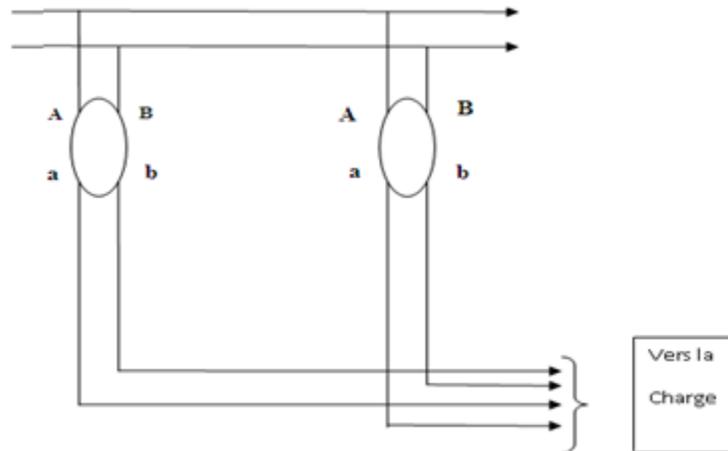
Ces deux transformateurs peuvent être couplés en parallèles si les conditions suivantes sont satisfaites :

Tension efficace primaire du 1ier transformateur sera égale à la tension efficace primaire du 2éme transformateur ( $U_{1I}=U_{1II}$ ).

La tension efficace secondaire du 1ier transformateur sera égale à la tension efficace secondaire du 2éme transformateur ( $U_{2I}=U_{2II}$ ).

Les deux transformateurs doivent avoir un même rapport de transformation ( $K_1=K_2$ ).

Les deux transformateurs doivent avoir le même couplage et le même indice horaire . [5]



**Figure II-17:** Fonctionnement en parallèle des transformateurs

## **II.12 Conclusion**

Puisque l'objet de notre projet est l'étude de la protection du transformateur de puissance HT/MT, nous avons, donc, développer dans ce chapitre tout ce qui se rapporte au transformateur de puissance.

Dans le détail, cela consiste à fournir une définition détaillée du transformateur de puissance HT/MT, son symbole, sa composition, son principe de fonctionnement ainsi que son schéma équivalent.

Le chapitre qui va suivre sera consacré à la protection du transformateur.

# **Chapitre III : Les protections du transformateur de GP2z**

### III. Les protections du transformateur de GP2z

#### III.1 Introduction

Il existe plusieurs dispositifs de protection pour transformateurs, les protections différentielles et contre les courts-circuits sont les plus importantes. Pour les assurer, on peut utiliser les systèmes de protections classiques, qui sont de types thermique, électromagnétiques et électromécanique, ... ou faire appel aux relais numériques qui commencent graduellement à prendre la place des dispositifs classiques de protection.

Dans ce chapitre on va présenter la protection actuelle, du transformateur principal de GP2z, qu'on est appelé à améliorer et à optimiser.[14]

#### III.2 Description de protection du transformateur GP2z

- Le transformateur 20MVA du GP2z été fabriqué en 2001 par la société de PAUWELS TRANSFO en la Belgique, le transformateur est abaisseur avec bain de l'huile et avec un changeur de prise dans le cote primaire intégré pour conserver la tension 5,5KV dans le secondaire, la figure suivante montre la plaque signalétique de ce transformateur :[14]

**PAUWELS**  
ENERGY IS OUR BUSINESS

**TRANSFORMATEUR DE PUISSANCE**

LIEU DE FABRICATION

NUMERO DE FABRICATION  ECHAUFFEMENT EN DESSOUS DE 1000 m  -DE L'HUILE SUPERIEURE

ANNEE DE FABRICATION  -MOYEN DES ENROULEMENTS

NORMES  RESISTANCE AU VIDE

PUISSANCE ASSIGNEE  -CUVE

REFROIDISSEMENT  -CONSERVATEUR

FREQUENCE ASSIGNEE  -RADIATEUR

PHASES  TYPE D'HUILE  -BOITE A CABLES

NIVEAU  MASSE TOTALE

D'ISOLEMENT  MASSE D'HUILE

MASSE DE DECUVAGE

GRUPE DE COUPLAGE  MASSE DE TRANSPORT

ALTITUDE

TYPE DE CHANGEUR DE PRISES

POSITION	VOLT		MVA	TENSION DE COURT CIRCUIT %
	H.T.	B.T.		
1	69300	5800	20	8.75
9B	63000	5800	20	8.19
17	56700	5800	20	7.74

Figure III-1: La plaque signalétique du transformateur

### **III.3 La protection du Transformateur 20MVA de GP2z**

#### **III.3.1 La protection interne du Transformateur**

Pour assurer le maximum de protection, PAUWELS a équipé ce transformateur par une série de dispositifs de protection qui protègent le transformateur contre le défaut d'échauffement :[14]

##### **III.3.1.1 Le relais de BUCHHOLZ 'EMB type BF80/10'**

- Lorsque l'échauffement de l'huile sous l'effet thermique à partir de 400 C se décompose certaine quantité de l'huile qui provoque un dégagement gazeux.
  - En hauteur de la cuve de transformateur se trouve un appareillage qui détecte ce dégagement de gaz, le relais de BUCHHOLZ fonctionne d'une manière complètement mécanique, il se compose d'un réservoir inséré dans la tuyauterie qui relie le sommet de la cuve au conservateur.
  - Le réservoir est équipé par des flotteurs qui ferment des contacts sous l'effet de la pression du gaz dégagés, Ce relais a des contacts NO et NC qui se ferment ou qui s'ouvrent dans le cas de présence de defaults,
  - Le fonctionnement du relais de BUCHHOLZ :
    - Cas normal : le relais est complètement rempli d'huile, pas de dégagement de gaz.
    - Cas de petit dégagement de gaz : le flotteur supérieur enclenche le contact de signalisation.
    - Fort dégagement de gaz : entraîne un déplacement d'huile et le clapet de choc provoque la mise hors tension du circuit.
    - Le niveau d'huile baisse : en premier temps, le flotteur supérieur commande le contact de signalisation, si le niveau d'huile continue à baisser, le flotteur inférieur entraîne en second temps une mise hors tension du circuit.

Les bornes de raccordement électriques sont :

- ❖ 23-24 : pour la mise hors tension du circuit
- ❖ 13-14 pour la signalisation.

### **III.3.1.2 Protection contre le surchauffement**

Il y a des sondes (thermostat) calibrées situées en différents endroits à l'intérieur du transformateur. Elles réagissent quand l'échauffement du transformateur dépasse les calibres pré-réglés, le sur-échauffement peut avoir comme origine une surcharge rapide ou un défaut dans le système de refroidissement.

Ce transformateur utilise un thermostat de type **EBERLE** qui contient un contact inverseur (deux positions avec un point commun), le circuit l'alarme ou le circuit de déclenchement.

Le thermostat déclenche le circuit d'alarme en 90 degrés, et met le circuit hors service pour une température de plus de 105 degrés.

Les bornes de raccordement électriques sont :

- ❖ 1-2 : NC
- ❖ 1-4 : NO

### **III.3.1.3 La protection de changeur de prise par relais de protection RS 2001**

Ce relais, constitué d'un boîtier moule en métal léger, est muni de brides pour le raccordement des tuyaux de liaison vers la tête du changeur de prise et vers le conservateur de l'huile.

Pour le contrôle de bon fonctionnement, on utilise deux boutons poussoirs d'essai situés dans la boîte à bornes, on peut utiliser ces boutons pour le réarmement en cas de déclenchement de changeur de prise.

Le relais de protection RS2001 est conçu pour protéger le changeur de prise en charge du transformateur en cas de dysfonctionnement, soit contre un problème mécanique ou un problème de perte ou suppression de l'huile. Dans le cas de défaut il fait déclencher le disjoncteur et met le transformateur hors service.

Le fonctionnement de changeur de prise se fait par un flux d'huile depuis la tête du changeur de prises vers le conservateur d'huile, dans ce cas le flux pousse le clapet et met le relais en mode de déclenchement, donc le disjoncteur sera ouvert et met le transformateur hors service.

### III.3.1.4 Protection masse cuve

Tout défaut interne dans la cuve de transformateur causant une défaillance entre la masse métallique et les enroulements du transformateur provoque un passage facile pour le courant électrique qui rejoint la terre à partir de la masse cuve du transformateur.

Ce défaut peut être éliminé par la protection différentielle du transformateur.

### III.3.1.5 Protection contre la surpression

On utilise une soupape de surpression de type **QUALITROLE 208**, qui est un appareil mécanique qui joue le rôle de contrôleur de la pression d'huile dans le transformateur. La soupape de surpression contient un contact inverseur, qui inverse automatiquement les contacts en 2 ms en cas de surpression et se retourne à l'état normal automatiquement à la pression nominale.

La pression nominale est contrôlée par l'utilisation de trois types de soupape :

- ❖ 208-007-02 = 0,35 bar.
- ❖ 208-007-03 = 0.55 bar.
- ❖ 208-007-05 = 0,85 bar.

Caractéristiques mécaniques	Caractéristiques électriques
Se monte à l'extérieur du transformateur	Tension d'essai 2kV/ 1 min
Joint nitril pour le transformateur a bain d'huile	1 contact inverseur
Résistante au vide	

**Tableau III-1:** caractéristiques électriques et mécaniques des soupapes de pression

### III.3.1.6 Protection de surcharge (l'image thermique de la température des enroulements)

Le passage du courant vers les enroulements de transformateur provoque une augmentation de la température, cette température varie selon la loi exponentielle suivante :

$$\text{➤ } T(t) = T_{AMB} + (T_f + T_{AMB}) (1 - e^{-t/\tau})$$

Avec :  $\tau = 20$  min : la constant de temps du conducteur des enroulements

$T_{AMB}$  : la température ambiante.



transformateur, ainsi que les appareils de protection : ‘MAX I’, ‘DIFFERENTIELLE TERRE RESTREINT’, et les relais de déclenchement F05 et F06.[14]

### III.3.2.3 La protection de maximum de courant

La protection contre les defaults de court-circuit triphasés dans le coté primaire (coté HT) est assurée par le relais électromagnétique MCGG82 qui est fabriqué par la marque **GEC ALSTHOM**.

Dans le coté secondaire (MT), est protégé par un relais numérique **SIPROTEC 7SL62** de **SIEMENS**.

Les seuils de déclenchement pour les deux protections sont réglés selon le courant nominal de secondaire de transformateur de courant :[14]

➤ Pour le maximum de courant :

	Courant de déclenchement Id	Temporisation	Type de cas
Cote HT	$I_d \geq k_f \cdot I_N = 1.6 \cdot 200 = 320A$	$T = 0.55 \cdot 2 = 1.2$ secondes	Surcharge
	$I_d \gg 3 \cdot 260 = 960 A$	Instantané $t=0$ seconde	Court-circuit

**Tableau III-2:** seuil de déclenchement pour le maximum de courant

➤ Pour le courant homopolaire :

	Courant de déclenchement I <sub>0</sub>	Temporisation
Cote HT	$I_0 \geq 0,6 \cdot 200 = 120 A$	$T = 0.55 \cdot 2 = 1.1$ second
	$I_0 \gg$ vers l’infini	Instantané

**Tableau III-3:** le seuil de déclenchement pour courant homopolaire

### III.3.2.4 La protection différentielle

Plusieurs phénomènes sont à l’origine de l’existence d’un courant différentielle circulant dans le système, car le courant différentiel dépend de : le couplage de transformateur, le courant à vide, les erreurs des appareils de mesures (TC), le courant de magnétisation lors de la mise en service de transformateur, avec ces paramètres, il est impossible d’obtenir un courant différentiel nul.

Pour cette raison, on adopte pour une protection différentielle à pourcentage pour les transformateurs. C'est-à-dire, on met un intervalle admissible pour le courant différentiel, généralement c'est entre 20% et 50% du courant nominale, et dans le cas de transformateur principale de GP2z, la protection différentielle est la protection terre restreinte secondaire sont assurées par un relais de protection différentiel de siemens 7UT5131 (version de SIPROTEC 4) et le courant différentiel  $I_d$  est réglé à la valeur de 30% du courant nominal ( $I_d = 0,3 I_n$ ).[14]

### Les types de la protection différentielle : [11]

#### - Protection différentielle de pourcentage :

Pour éviter les problèmes de l'application de la méthode traditionnelle des relais simples à un seuil fixe pour la protection des transformateurs, un nouveau terme de protection différentielle est développé par les grands constructeurs des équipements électriques, c'est la protection différentielle à pourcentage qui résoudre les problèmes de l'utilisation des transformateurs de courant, donc il offre une protection sensible pour les courants bas et tolère de plus grandes disparités à haute intensité, dans ce contexte deux courants sont à introduire :

➤ Le courant différentielle  $I_d$ , c'est la somme des vecteurs de courants entrants et sortants dans l'organe à protéger :  $I_d = |\vec{I}_p + \vec{I}_s|$ .

➤ Le courant de retenue ou le courant de restriction  $I_r$ , il est calculé de manière différent :

$$I_r = K(|\vec{I}_p| + |\vec{I}_s|) \rightarrow I_r = \text{Max}(|\vec{I}_p|, |\vec{I}_s|)$$

Le rapport  $K = \frac{I_d}{I_r}$  s'appelle le facteur de compensation exprimé en pourcentage, et il représente une pente de la droite qui spécifie la plage de fonctionnement pour laquelle le relais donne le signal de coupure aux disjoncteurs si le courant différentiel est plus grand qu'un pourcentage du courant de restriction, et c'est le même type de protection différentielle utilisé dans GP2z.

#### - Protection différentielle instantanée :

Ce type de protection compare uniquement le courant différentiel avec le seuil de déclenchement, si le courant différentiel est plus élevé que le seuil de fonctionnement, il va provoquer un déclenchement instantané de l'appareille de protection. Ce type de protection différentielle peut être assuré par un relais de surintensité simple à un seuil fixe, donc ce type de protection rarement

utilisé dans la protection des transformateurs de puissance en raison de leur grande susceptibilité de fonctionnement.

◆ **Les schémas de protections**

❖ **Pour la protection contre les courants de court-circuit :**

La protection contre les courts-circuits ( $I_{max}$ ) et le courant homopolaire est assurée par le relais électromagnétique **MCGG 82**, ce relais acquies les données de mesure via les transformateurs de

courant de (100/5A), les trois transformateurs de courant sont raccordés avec le relais de protection selon la méthode suivante :

Les phases des TC sont recordées avec les entrées '21-23-25', et les neutres sont raccordés dans une entrée commune '28', de l'autre côté, les sorties des TC '22-24-26-27' sont couplées en étoile.

Le relais est équipé avec des contacts NC et NO, qui sont inversés dans le cas de default, selon le mode de déclenchement et la durée de déclenchement :

- Si le déclenchement est pour un default de phase :
  - Pour le déclenchement temporisé (cas de surcharge) : le contact temporisé (33-35 NC, 34-35 NO), s'inverse et déclenche le système de signalisation, après une durée de temps le contact (30-29 NO) actionne le relais de déclenchement F05 qui ouvre le disjoncteur.
  - Pour un déclenchement instantané (cas de court-circuit) : le contact temporisé (37-36 NC, 38-36 NO), s'inverse et déclenche le système de signalisation, et instantanément le contact (42-41 NO), actionne le relais de déclenchement F05.
- Si le déclenchement est pour un default terre (Homopolaire) :
  - Pour un déclenchement temporisé : le contact (6-7 NC, 5-7 NO), active le système de signalisation et le contact temporisé (1-2 NO) actionne le relais de déclenchement.
  - Pour un déclenchement instantané : le contact temporisé (10-8 NC, 9-8 NO) s'inverse et active la signalisation, et instantanément le contact (15-16 NO) déclenche le relais de déclenchement.

❖ **Pour la protection terre restreinte primaire :**

Cette protection est assurée par le relais électromagnétique F01 du type 'MFAC 14'. Les quatre transformateurs de courant de calibre (100/1 A) fournissent les données de mesure pour ce relais. Pour le branchement, la phase qui est connectée à l'entrée '27' et le neutre à la sortie '28' du relais.

Le relais 'MFAC14' a quatre contacts dont uniquement deux contacts sont utilisés, le contact (1-3 NO) actionne le relais de déclenchement F05 dans le cas de default, et le contact (2-4 NO) actionne le système de signalisation.

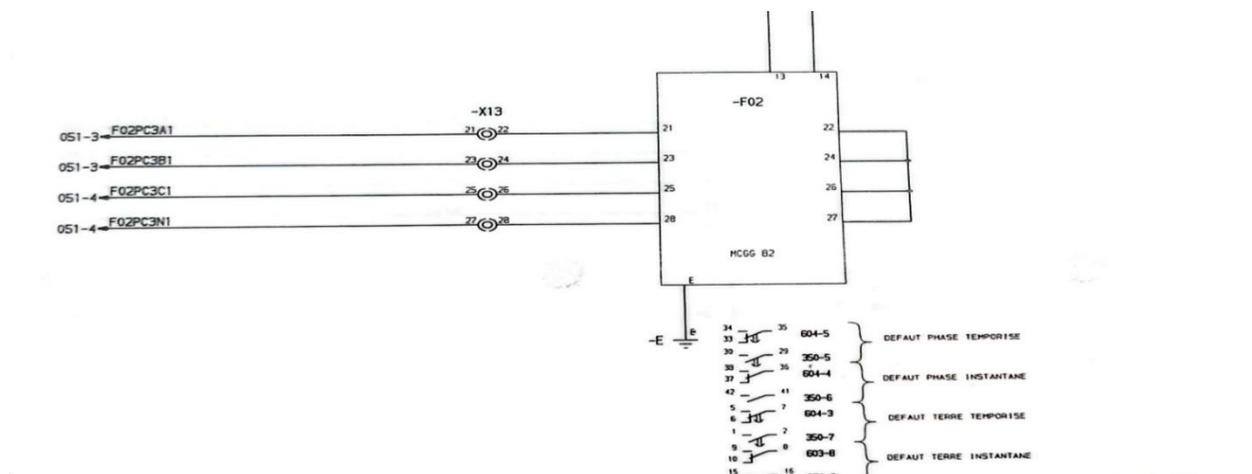
❖ **Le relais de déclenchement F05 :**

Est un relais de type 'MVAJ23', il est fabriqué par la société American 'GENERAL ELECTRIC', ce relais est désigné comme un opérateur de la bobine pour l'ouverture ou la

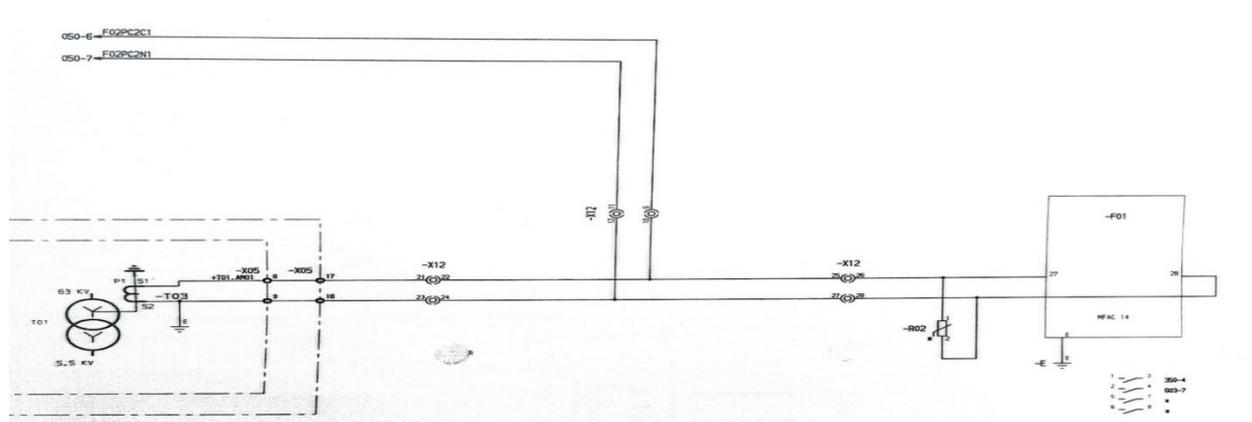
fermeture de disjoncteur, c'est un intermédiaire entre l'organe opérateur (le disjoncteur), et l'organe de traitement (relais **MCGG 82** de Max I).

Ce relais est équipé avec 10 contacts dont 3 contacts NC et 7 contacts NO, mais juste 5 contacts sont utilisés dans le système :

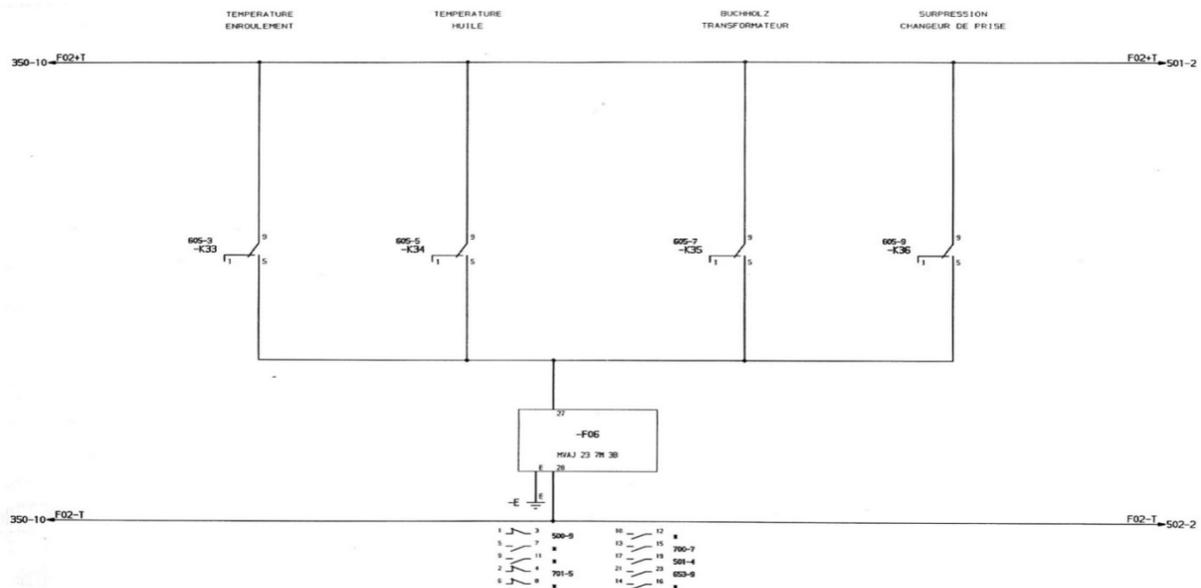
- Le contact (21-23 NO) utilisé pour le system de signalisation.
- Le contact (17-19 NO) utilisé pour le verrouillage du déclenchement du sectionneur de couplage en mode manuelle.
- Le contact (13-15 NO) utilisé pour le circuit de déclenchement et verrouillage de la cellule 5.5KV.
- Le contact (2-4 NC) utilisé pour le circuit de vérification de disponibilité de disjoncteur.
- Le contact (6-8 NC) pour le circuit d'enclenchement de disjoncteur.



**Figure III-4:** Schéma de protection de Max I







**Figure III-7:** Schéma de branchement des protection interne de transformateur

### Le disjoncteur :

Les relais de déclenchement F05 et F06, contrôlent directement un disjoncteur HT qui est placé avant le transformateur de puissance, ce disjoncteur est de 400 A, il est caractérisé par un pouvoir de coupure 25KA, il est de type FA1 à isolement et à coupure par auto soufflage dans le gaz SF6. Il est construit par MERLIN GERIN du groupe Schneider.

### III.4 Conclusion

Dans ce chapitre on a présenté la protection actuelle du transformateur principale de GP2z. On a détaillé les différentes protections contre les défauts internes et externes, on a décrit le circuit de commande, sa logique de fonctionnement, et les schémas de branchement des relais.

Cela a été réalisé dans l'objectif de pouvoir intégrer le nouveau relais numérique choisi dans l'armoire de protection et de commande déjà en place.

Le chapitre qui va suivre sera consacré à la présentation du nouveau relais numérique à intégrer dans la protection du transformateur.

# **Chapitre IV : Protection du transformateur de GP2z par relais numérique SIPROTEC 5**

## **IV. Protection du transformateur de GP2z par relais SIPROTEC 5**

### **IV.1 Introduction**

Les relais numériques sont conçus pour la protection, le contrôle et la commande, ils sont équipés d'interfaces de communication ouvertes pour la configuration à distance. Ces appareils sont également dotés d'une interface conviviale et d'une grande flexibilité opérationnelle.

Ils sont utilisés pour la protection de différents équipements : les générateurs, les moteurs, les câbles courts ou les mini jeux de barres ainsi que les transformateurs. Ils sont munis de différentes protections comme la protection différentielle, la protection différentielle terre, la protection à maximum de courant, protection masse cuve, protection contre les déséquilibres, protection contre les surcharges thermiques.

Dans ce chapitre on va présenter le relais numérique choisi pour l'intégrer dans le système de protection du transformateur. Pour, en même temps, des raisons pratiques, maîtrise de la technologie Siemens par les ingénieurs électriciens de GP2z, et puis d'autres raisons techniques évidentes qui répondent aux attentes exprimées, on a choisi d'utiliser le relais SIPROTEC 5, qui est fabriqué par Siemens et qui est mis sur le marché en 2015.

### **IV.2 Critère de choix sur SIPROTEC 5 :**

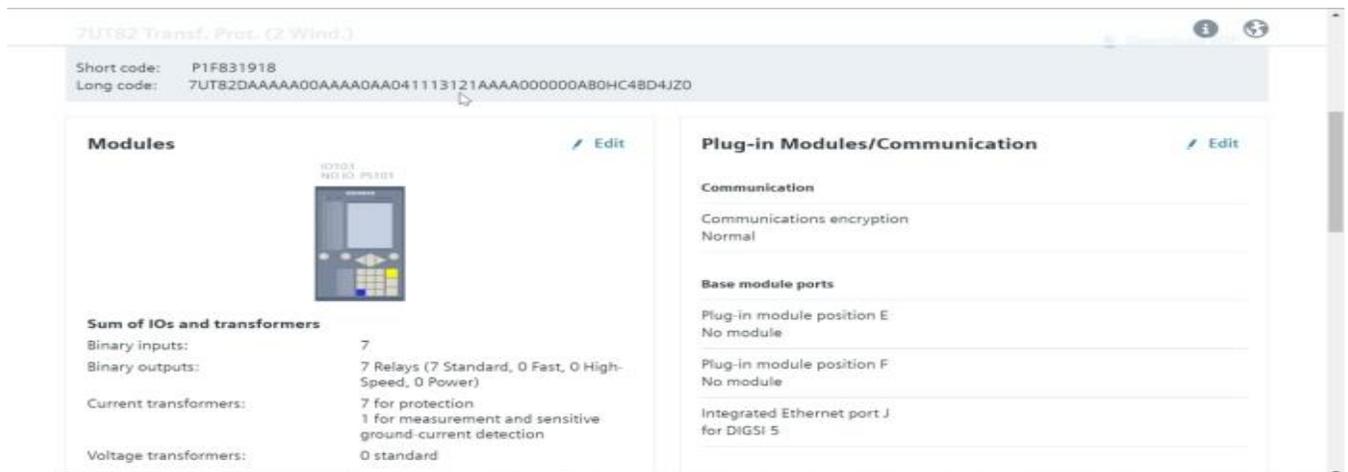
Un outil online est mis à disposition des ingénieurs pour le choix de l'appareil SIPROTEC 5 approprié pour la protection dont ils ont besoin, l'outil est "SIPROTEC 5 CONFIGURATOR", où on sélectionne la protection dont on a besoin, le nombre d'entrée et de sortie, le nombre de transformateur de courant et de tension, la taille de l'écran et les protocoles de communication.

Une fois le travail effectué, l'outil délivre le code de l'appareil SIPROTEC 5 qui convient. Un logiciel de configuration DIGSI 5 est aussi disponible pour le paramétrage du relais.

À l'aide de l'outil, nous pouvons sélectionner le dispositif approprié pour protéger notre transformateur en sélectionnant les paramètres suivants :

- La protection nécessaire : protection différentielle des transformateurs, protection  $I_{max}$  (contre les courts circuits), protection contre les surcharges.

- Caractéristiques du transformateur (triphase, 2 côtés).
- La tension de fonctionnement (tension de commande) : 110 V AC
- Le nombre d'entrées dont nous avons besoin : au moins 4 entrées binaires (1 pour déterminer l'état de disjoncteur, 1 pour l'intégration de protection BUCHHOLZ, 1 pour la température de l'huile, 1 pour la température des enroulement)
- Nombre de sorties : au moins 4 sorties binaires. (1 pour le déclenchement de disjoncteur via relais de déclenchement F05, 1 pour déclenchement de disjoncteur via relais de déclenchement F06, et les autre pour l'élimination des sous-jeux de barres en cas de surcharge)
- Nombre de TC : au moins 7 transformateurs de courant : 3 pour le côté primaire, 3 pour le côté secondaire, 1 sensible pour la protection terre-restreint.
- Nombre de TP : on ne besoin aucun de transformateur de tension. [9]



**Figure IV-1:** SIPROTEC 5 7UT82

### IV.3 Description de SIPROTEC 5 7UT82

La protection différentielle est équipée d'un microprocesseur puissant qui permet un traitement entièrement numérique de toutes les tâches, de l'acquisition des valeurs de mesure à l'envoi de commandes aux disjoncteurs. Le modèle 7UT82 possède les caractéristiques suivantes :

- Entrées analogiques : Les entrées de mesure EM transforment les courants et les tensions des transformateurs de courant et les convertissent conformément au niveau de traitement

interne de l'appareil. Le modèle 7UT82 dispose de 7 entrées courant standard et 1 entrée sensible, permettant de connecter jusqu'à 8 entrées. Les valeurs analogiques sont transmises au module d'amplification d'entrée AE, qui fournit une terminaison à haute impédance des valeurs d'entrée et possède des filtres optimisés pour la bande passante et la vitesse de traitement des valeurs mesurées. Le module de conversion analogique-numérique AD est constitué d'un multiplexeur, d'un convertisseur analogique-numérique et d'éléments de mémoire pour transmettre des données au microprocesseur.

- Système à microprocesseur : en plus du traitement des valeurs de mesure, le microprocesseur exécute de véritables fonctions de protection et de contrôle, telles que le filtrage et la préparation des valeurs de mesure, la surveillance continue des valeurs de mesure, la surveillance des critères de démarrage pour diverses fonctions de protection et la préparation des valeurs de mesure, telles que la conversion des courants basé sur le schéma de couplage du transformateur à protéger (lorsqu'il est utilisé comme protection différentielle pour un transformateur) et en adaptant les amplitudes de courant.
- Entrées et sorties binaires : Les entrées et sorties binaires sont gérées via des modules d'entrées/sorties et reçoivent des informations de l'installation (par exemple, acquittement à distance) ou d'autres dispositifs (par exemple, positions des protections). Les sorties sont principalement utilisées pour contrôler les appareils et transmettre à distance des signaux d'événement et d'état importants.
- Éléments frontaux : Le panneau avant comporte des voyants LED et une zone d'affichage (écran LCD) qui fournit des informations sur le fonctionnement de l'appareil et signale les événements, les positions et les valeurs de mesure. En conjonction avec l'écran LCD, les touches numériques et les commandes intégrées permettent une communication locale avec l'appareil. Toutes les informations sur l'appareil peuvent être visualisées, y compris les paramètres de configuration et de réglage, les messages de fonctionnement et d'erreur et les valeurs de mesure. Les paramètres de réglage peuvent également être modifiés.
- Interfaces de communication : La communication est assurée via l'interface de communication sur la façade frontale au moyen d'un ordinateur personnel et du logiciel DIGSI 5. On peut faire une manipulation de toutes les fonctions de l'appareil. Toutes les données de l'appareil peuvent être transmises via l'interface vers un système de surveillance et de contrôle centralisé.

- L'Alimentation : l'appareil fonctionne avec des base tension (dans notre cas c'est 110V), en cas de problème de l'alimentation primaire, une alimentation secondaire réagit pour garantir la continuation de service, l'alimentation secondaire peut être une batterie ou un condensateur. [9]

#### **IV.4 Les applications de SIPROTEC 5 7UT82**

Selon le manuel d'utilisation siemens SIPROTEC 5 7UT82 [9], il est équipé d'une protection différentielle de transformateurs comme protection principale, il dispose également de fonctions de secours telles que la surveillance de la température, la protection contre les courts-circuits, la protection contre les défaillances du disjoncteur.

SIPROTEC 7UT82 est conçu pour fonctionner avec des transformateurs à 2 côtés et ce n'est pas un module extensible, on ne peut donc pas ajouter de modules d'entrées/sorties binaires supplémentaires.

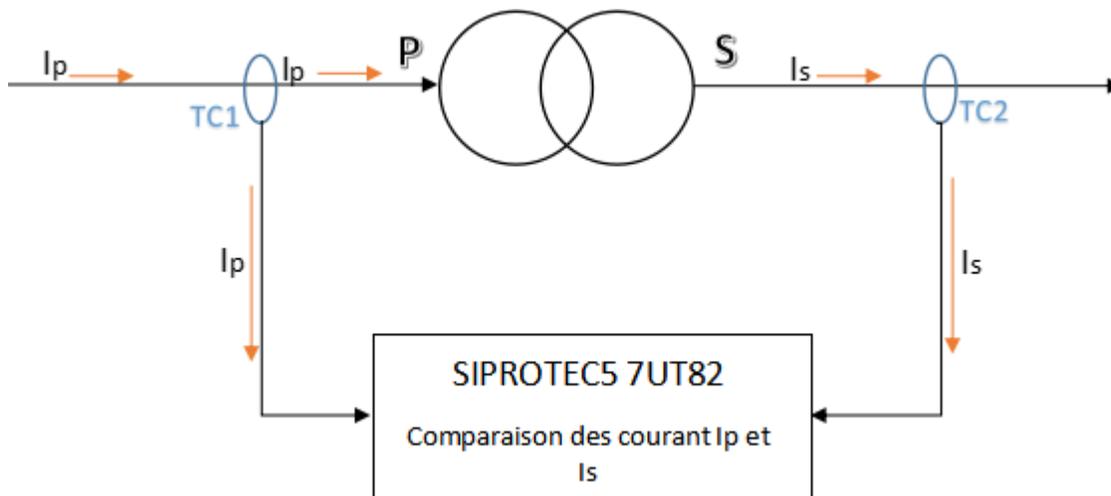
Selon le site officiel de siemens, les fonctions de SIPROTEC 5 7UT82 sont :

- Protection différentielle de transformateur pour transformateurs à deux enroulements avec fonctions de protection supplémentaires polyvalentes.
- Protection différentielle de transformateur pour transformateurs à régulation d'angle de phase de type mono conducteur.
- Utilisation universelle des points de mesure autorisés.
- Applicable de la moyenne à la très haute tension.
- Protection des transformateurs de puissance standard, des autotransformateurs, des lignes courtes, des câbles, des réacteurs longitudinaux et shunt, ainsi que des moteurs.
- Sensibilité accrue avec les défauts à la terre proches du point neutre grâce à une protection séparée contre les défauts à la terre restreinte.
- Adaptation flexible au groupe de vecteurs de transformateur.
- Contrôle des processus de fermeture.
- Comportement sûr en cas de saturation du transformateur de courant avec différents degrés de saturation.

- Adaptation adaptative de la courbe de fonctionnement à la position de prise du transformateur.
- Éditeur logique graphique pour créer de puissantes fonctions d'automatisation dans l'appareil.
- Représentation d'une seule ligne en petit ou grand écran.
- Fonctionnalités de cyber sécurité étendues.
- Accès simple, rapide et sécurisé à l'appareil via un navigateur Web standard pour afficher toutes les informations et données de diagnostic, ainsi que les diagrammes vectoriels, les pages d'affichage unifilaire et de l'appareil.
- Puissant enregistrement des défauts (tampon pour une durée d'enregistrement max. de 80 s à 8 kHz ou 320 s à 2 kHz).
- Fonctions auxiliaires pour des tests et une mise en service simples.

#### IV.5 Principe de fonctionnement différentielle de SIPROTEC 5 7UT82

L'idée de la protection différentielle est clairement et parfaitement illustrer dans la figure suivante. Le principe est la comparaisent entre les courants  $I_e$  enteront et les courants sortons  $I_s$  le transformateur, si le courant  $I_e$  n'est pas le même courant  $I_s$ , c'est le cas d'un défaut différentiel et le courant  $i_d = I_e - I_s$ , s'appelle courant de fuite.



**Figure IV-2:** IV.5Principe de fonctionnement différentiel de SIPROTEC 5 7UT82

Dans notre cas le SIPROTEC 5 est l'appareil de mesure et de comparaison. Après avoir réduit et obtenu l'image du courant primaire et secondaire en utilisant des transformateurs de courant puis l'avoir transmis au SIPROTEC, le SIPROTEC 7 UT82 démarre la comparaison du courant, s'il y a un courant différent il réagira en fonction des paramètres qui ont été configuré par DIGSI 5 (soit il va temporiser soit ouvrir le disjoncteur instantanément)

### **Les points à tenir en compte dans le dimensionnement de la protection différentielle :**

- Les rapports de transformateur de courant TC1 et TC2 :

Le courant nominal de chaque ligne doit être multiplié par le rapport de transformation de transformateur de courant pour les deux côtes.

- Le couplage des enroulements de côté primaire et secondaire de transformateur :

Dans les transformateurs de puissance triphasés avec couplage des enroulements primaire et secondaire différent, un problème de déphasage sera produit, un changement de phase de  $30^\circ$  les courant primaires et secondaires, ce changement se produit dans le cas des transformateurs de Y - D ou due à la transformation de courant à partir d'un mode de couplage différent.

Ce changement de phase devient un problème si on veut protéger le transformateur par un relais magnétique, dans ce cas ce problème sera résolu facilement par la connexion des secondaires de transformateur de courant en sens inverse à la manière que les phases de transformateur de puissance sont connectées, Si les enroulements du transformateur sont connectés en Y - D, les enroulements secondaires des transformateurs de courant doivent être connectés en D - Y et vice versa.

Mais dans notre cas nous n'avons aucun problème avec le déphasage car les enroulements le transformateur principal de GP2z sont couplés avec le même mode de couplage (Y- Y) donc aucun changement de phase ne sera produit, même si ce transformateur a de mode de couplage différent, le SIPROTEC 7UT82 va résoudre ce problème facilement avec son algorithme interne juste nous devons indiquer le mode de couplage et l'indice horaire de transformateur dans le logiciel DIGSI5. [9]

## **IV.6 Paramétrage de L'appareil SIPROTEC5 7UT82**

En utilisant DIGSI 5 sur un ordinateur personnel, nous pouvons accéder à toutes les données de protection : sélection du type de protection requis, les relais de déclenchement, modification de la logique de déclenchement, conception du schéma électrique.

À la fin de la programmation, nous enverrons tous les paramètres à l'appareil physique SIPROTEC5 en nous y connectant via le port de communication, après quoi nous pouvons également modifier ses données précédentes à partir de l'interface utilisateur sur le devant de l'appareil.

Pour paramétrer le SIPROTEC5, nous devons suivre les étapes suivantes :

1. En sélectionnant la fonction requise dont nous avons besoin
  - Sur DIGSI5 nous allons :
2. Concevoir le schéma électrique
3. Ajouter les transformateurs de courant au schéma puis on les relie avec le SIPROTEC 5
4. Configuration des points de mesure et des paramètres TC
5. Ajouter les données de protection calculées
6. Configuration des fonctions logiques spéciales
7. Configuration des entrées binaires, des sorties et des LED

### **Sélection des protections :**

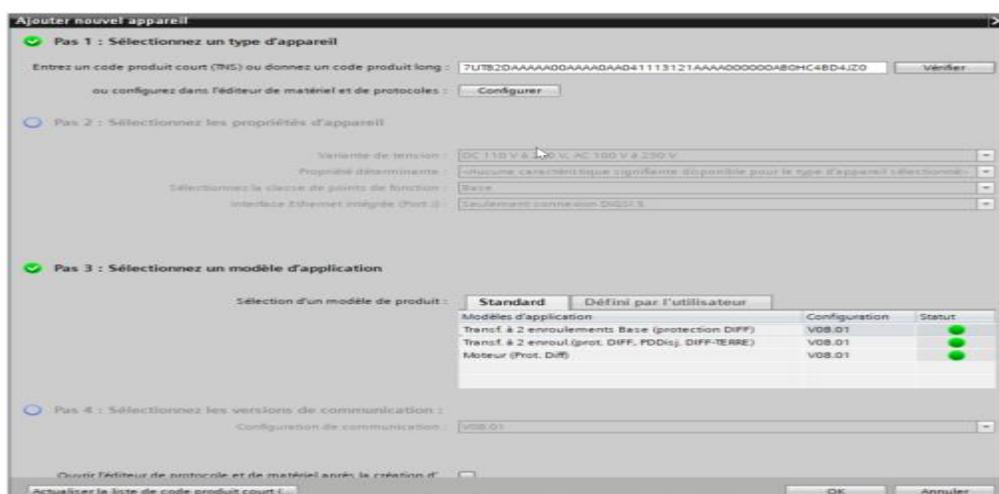
- Notre mission est de mettre à niveau la protection du transformateur principal de GP2z, principalement nous assurerons la protection différentielle, mais en profitant de l'avantage de SIPROTEC5 7UT82, nous ajouterons la protection d'Imax, la protection contre la surcharge et la protection contre les défauts de courant de neutre.

- nous intégrerons également la protection interne du transformateur (protection BUCHHOLZ, température de l'huile, température des enroulements, surpression des changeurs de prise).

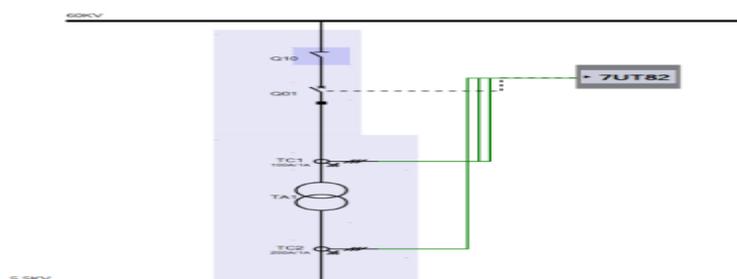
## **IV.7 Désignation du schéma électrique sur DIGSI 5 :**

Dans DIGSI5 nous allons créer un nouveau projet, nous le nommons "Transformateur20MVA".

- Dans la fenêtre 'Configuration unifilaire', nous dessinons le schéma électrique montre dans la figure 5.
- Grace à la bibliothèque des éléments, la désignation du schéma est très facile, nous allons simplement faire glisser et déposer les éléments.
- Nous ajoutons d'après la bibliothèque des éléments l'appareille SIPROTEC 5 7UT82 simplement par entre le long code qu'on a obtenu précédemment depuis l'outil online 'SIPROTEC ONLINE CONFIGURATOR' comme la figure 4 le montre.
- Nous connectons le disjoncteur, les TC avec l'appareille SIPROTEC 7UT82.



**Figure IV-3:** fenêtre de l'ajout de l'appareille Siprotec 7UT82



**Figure IV-4:** schéma électrique unifilaire générale de la protection

## IV.8 Explication de la topologie de la protection (Schéma de figure5)

- Le transformateur pour protéger un transformateur abaisseur TA1 de deux enroulements YNyn0, les neutres des deux côtés sont raccordée avec la terre.
- Pour le côté de haute tension, un jeu de barre de 63KV alimente Le transformateur TA1 qui est précédé par un disjoncteur (Q01) (Les caractéristique de disjoncteur) et un sectionneur (Q10).
- Pour le côté de base tension, le transformateur TA1 alimente un jeu de barre de 5.5KV.
- Les point de mesure : Sur les deux côté primaire et secondaire pour relever les mesures des courants par des transformateurs de courant triphasé TC1 et TC2
- Les deux TC sont des TC triphasés qui font les mesures pour 3 phase en plus du neutre qui sera configuré prochainement avec les bornes de raccordement et les points de mesure à configurer.

## IV.9 L'addition des protections dans l'appareille

- Dans la 'Configuration Unifilaire', on ajoute la protection dont on a besoin d'après la bibliothèque des protections définies, on ajoute la protection différentielle de transformateur, la protection I<sub>max</sub>, la reconnaissance de courant de magnétisation et en fin la Protection contre les défauts à la terre restreinte (code ANSI : 87N).
- On ajoute ces éléments de protection dans le côté primaire de transformateur car le deuxième côté est déjà protégé par un relais numérique SIPROTEC 4, qui donne toujours satisfaction.

La figure IV-6, ci-dessous, montre clairement les protections définies dans l'appareille.

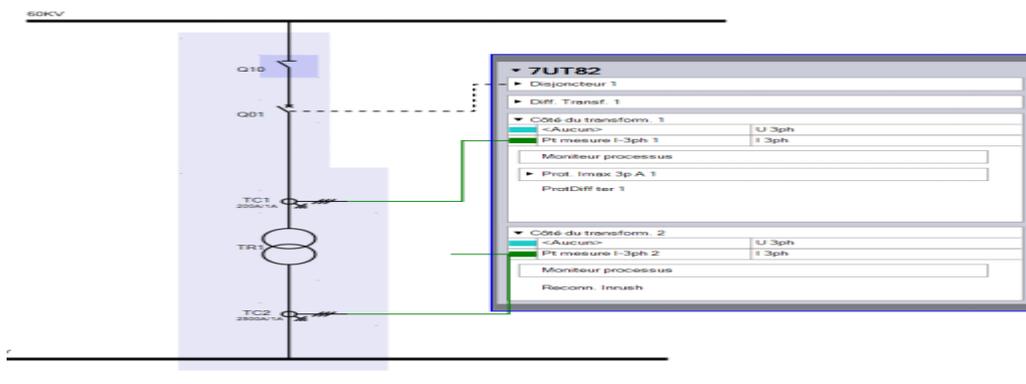


Figure IV-5: les protections définies pour Siprotec 7UT82

- Les informations sur les protections selon DIGSI5 :
- 'Prot. Diff. Transf1' : Protection différentielle de transformateur, protection rapide et sélective de défaut pour transformateurs.
- 'Prot I<sub>max</sub> 3p A1' : Protection de surintensité avec courant triphasé pour défaut à maximum de courant, déclenchement triphasé.
- 'Reconn. Inrush' : c'est pour La reconnaissance de courant de magnétisation détecte la procédure de manœuvre d'enclenchement d'un transformateur et met à disposition des autres fonctions de protection un signal de blocage.
- 'ProtDiff ter 1' : Protection différentielle de terre pour transformateurs et affectation d'enroulement mises à la terre (terre-restreinte 87 N).[8]

#### IV.10 Configuration des transformateurs de courant dans DIGSI5

Avant de relier les TC avec leur point de raccordement sur digsi5, nous allons calculer le calibre de TC adapté :

A partir de la puissance nominale apparente du transformateur (20MVA), la tension primaire (63KV) et la tension secondaire (5.5KV) on a :

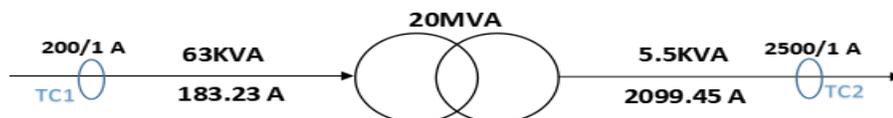
$$I_{N\text{côté primaire}} = \frac{20 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \cdot 63 \text{ KV}} = 183.28 \text{ A}$$

$$I_{N\text{côté secondaire}} = \frac{20 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \cdot 5.5 \text{ KV}} = 2099.45 \text{ A}$$

Pour un fonctionnement plus précis et pour éviter la saturation des TC, nous proposons d'utiliser les mêmes transformateurs de courant actuel 200/1 pour le côté primaire de transformateur et de 2500/1 A pour le côté secondaire.

Les rapports de transformation pour les deux TC sont respectivement k<sub>1</sub> et k<sub>2</sub> : [8]

$$K_1 = \frac{1 \text{ A}}{200} \quad K_2 = \frac{1 \text{ A}}{2500}$$



#### IV.11 Le raccordement de transformateur de courant avec l'appareil :

Pour la configuration des transformateurs de courant, nous avons choisi pour chaque côté (A ou B) trois (03) ports de TC pour la protection et un port TC sensible pour la protection terre-restreinte.

Les bornes de raccordement de TC et les adresses comme sont configurés dans DIGSI5 sont affichés dans le tableau suivant :[8]

TC	Rapport de transformation	Bornes de connexion	Bornes de raccordement	Adresse	Line mesure	Type de raccordement
TC1	200/1	A	1A1-1A2	1A1	L1	TC pour protection
			1A3-1A4	1A2	L2	TC pour protection
			1A5-1A6	1A3	L3	TC pour protection
			1A7-1A8	1A4	IN (neutre)	Sensible/Mesure
TC2	2500/1	B	1B1-1B2	1B1	L1	TC pour protection
			1B3-1B4	1B2	L2	TC pour protection
			1B5-1B6	1B3	L3	TC pour protection
			1B7-1B8	1B4	IN (neutre)	Sensible/Mesure

**Table IV-1:** Les bornes de raccordement de TC et les adresses

## IV.12 La configuration des protections

Après avoir choisi les transformateurs de courant pour les meilleures mesures et les avoir configurés pour fonctionner avec notre appareil, nous sommes prêts à configurer les différents produits que nous leur avons ajoutés. Avec digsi5 cette mission va être facile en utilisant la fenêtre "Paramètres" sous "7UT82", nous pourrions visualiser les protections que nous avons ajoutées précédemment et modifier leurs données pour chaque fonction de protection, nous pouvons également modifier les paramètres de l'appareil et l'enregistrement des défauts, comme la figure 7 montre.[8]

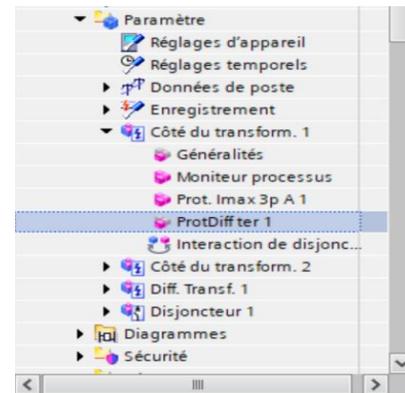


Figure IV-6: les paramètres de Siprotec 7UT82

### IV.12.1 La configuration de transformateur de puissance

Les données du transformateur sont nécessaires, avant de poursuivre la configuration des protections, nous insérerons la puissance apparente, la tension de chaque côté, le régime de neutre, le mode de couplage et l'indice de couplage, à la fin DIGSI 5 calculera automatiquement le courant nominal.

- Le côté primaire :
  - La puissance apparente nominale à l'adresse : 911.91.103 **Puiss. Nom. Apparent**, exprimée en MVA
  - La tension nominale à l'adresse 911.91.102 **Tension nominale**, c'est la tension entre phase (composée) exprimée en KV.
  - Le courant nominal sera calculé automatiquement par DIGSI5 quand on change la puissance et la tension nominales
  - Concernant le régime de neutre : à l'adresse 911.91.149 **Point neutre**, il y a 2 possibilités soit **mise à la terre** à l'isolé.
  - **Le mode de couplage** à l'adresse 911.91.104 soit Y (étoile), D (triangle), Z (Zigzag), et **l'indice de couplage** à l'adresse 911.91.163 : est compris entre 0 et 11.
- Le côté secondaire :

- Pour la puissance à l'adresse 912.91.103, la tension nominale à l'adresse 912.91.102, le régime de neutre à l'adresse 912.91.149, Le mode de couplage (adresse 912.91.104) sont le même de côté primaire.
- L'indice de couplage (adresse 912.91.163) doit correspondre au mode de couplage de transformateur de l'enroulement du côté 2. Le chiffre de l'indice de couplage (ou l'indice horaire) indique le déphasage des courants de cet enroulement par rapport à l'enroulement de référence (côté 1). Selon CEI, le déphasage défini doit être un multiple de 30 degrés ( $\pi/6$ ). Si l'enroulement de côté de référence est le côté de haute tension, c'est-à-dire le côté primaire.

Le tableau ci-dessous résume les paramètres ajoutés de transformateur :

Adresse	Paramètre	Option d'utilisation	Réglage proposé	Explication
911.91.102	<b>Tension nominal</b>	- 0.4 ...800.0 kV	63 kV	Tension nominale de côté primaire
911.91.103	<b>Puiss. Nom. Apparent</b>	- 0.20...5000.00 MVA	20 MVA	Puissance apparente nominale de côté primaire
911.91.149	<b>Point neutre</b>	- Mise à la terre - Isolé	Mise à la terre	Le point neutre de côté primaire
911.91.104	<b>Le mode de couplage</b>	- Y - D - Z	Y	Mode couplage de côté primaire
911.91.163	<b>L'indice couplage</b>	De 0 à 11	0	L'indice de couplage de côté secondaire
912.91.102	<b>Tension nominal</b>	- 0.4...800.0 kV	5,5 kV	Tension nominale de côté secondaire
912.91.103	<b>Puiss. Nom. Apparent</b>	0.20...5000.00 MVA	20 MVA	Puissance apparente nominale de côté secondaire

912.91.149	<b>Point neutre</b>	Mise à la terre Isolé	Mise à la terre	Le point neutre de côté secondaire
912.91.104	<b>Le mode de couplage</b>	Y D Z	Y	Mode couplage de côté secondaire
912.91.163	<b>L'indice couplage</b>	De 0 à 11	0	L'indice de couplage de côté secondaire

**Table IV-2:** les paramètres ajoutés de transformateur

#### IV.12.2 Configuration de protection Prot I<sub>max</sub> 3p (50/51)

La première étape pour configurer la protection consiste à calculer les courants de fonctionnement et son courant correspondant du côté secondaire du transformateur de courant, nous calculerons le courant nominal et eux le courant de court-circuit, puis enfin nous les ajouterons à DIGSI5.

- Le courant nominal  $I_{Ncôté\ primaire} = \frac{20\ MVA}{\sqrt{3} \cdot 63\ KV} = 183,28\ A$

Mais en prenons en compte l'effet de changeur de prise, le courant nominale maximale que nous peut obtient est quand le changeur de prise est dans la prise 17, le courant correspond est de ce prise et 204 A

Et le rapport de transformation de transformateur de courant TC1 :  $\frac{200}{1}$

Le courant du secondaire du TC1 :  $\frac{204}{200} = 1,02$  \* facteur de sécurité (recommandé par siemens pour les transformateurs) = 1,02 (I<sub>n</sub>) \* 1,1 = 1,122 A.

- Le courant de court-circuit :

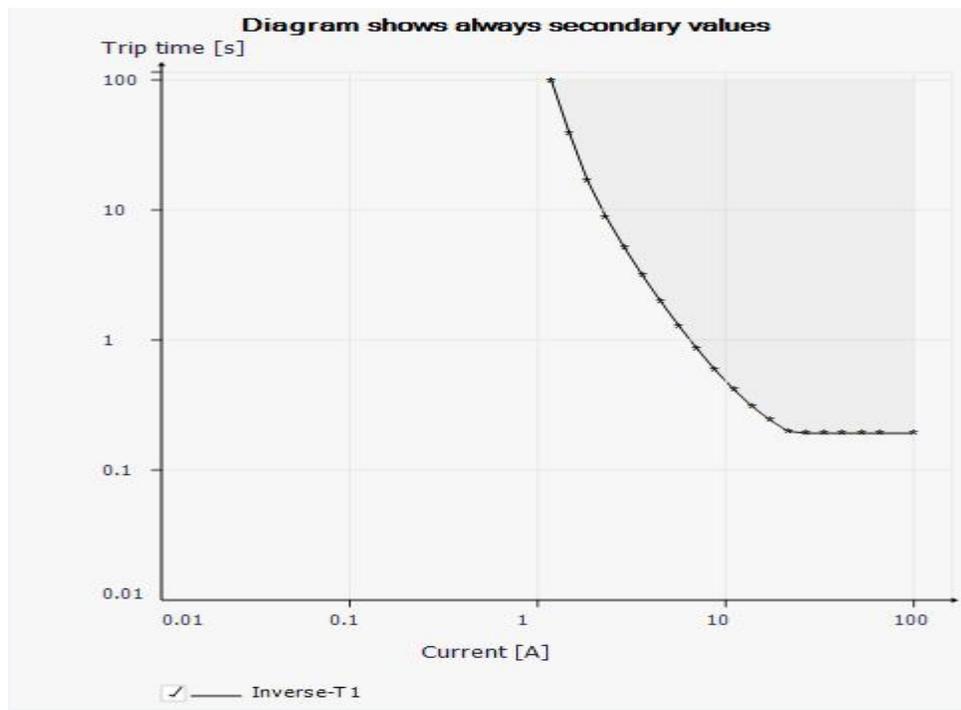
Sachent que l'impédance en position 17 est = 7,738%, donc :

$$I_{Scôté\ primaire} = \frac{20\ MVA}{\sqrt{3} \cdot 63\ KV \cdot 0,07738} = 2367\ A = 13\ I_{Ncôté\ primaire}$$

Le courant du secondaire du TC1 :  $\frac{2367}{200} = 11,835$  \* facteur de sécurité (recommander par siemens)  
 = 11,835 \* 1,1 = 13,0185 A

Nous configurant ces données sur le paramètre de protection OC 50/51 :

Nous avons le choix d'utiliser les deux valeurs qu'on a calculé en conservant les paramètres de temporisation actuelle, et aussi nous pouvons utiliser une courbe de déclenchement normalisée par IEC ou ANSI, dans ce cas on utilise la courbe 'IEC très inverse' ou 'ANSI très inverse " car elles sont utilisées pour les charges industrielles comme les transformateurs de puissances et les moteurs à grand puissance. La figure suivante montre la courbe de déclenchement 'ANSI très inverse' :



**Figure IV-7:** le courbe de déclenchement 'ANSI très inverse

Le tableau suivant montre chaque paramètre et sa valeur et les autres valeurs possibles :

Paramètre	L'adresse	Les valeurs possibles	La valeur suggérée
Schéma de mesure	912.201.691.8	Valeur efficace Compos. Fondamentale	Compos. Fondamentale

Type de caract	912.201.691.130	Toutes les courbes d'ANSI et IEC	ANSI très inverse ou IEC très inverse
Tps min de caract	912.201.691.113	0 second à 1 second	0 S
Temporisation add	912.201.691.115	0 second à 60 second	0 S
Valeur seuil	912.201.691.3	0.03 A à 35 A	1,122 A
Retombée	912.201.691.131	Instantanée Emulation Disk	Instantanée
Decl. 1ph autorise	912.201.691.11	Oui Non	Non
Mode	912.201.691.1	Active Inactive Test	Inactive
Decl.blocage et comt.def	912.201.691.2	Oui Non	Non
Paramètres dynamiques	912.201.691.26	Oui Non	Nom
Temporis. De mise en route	912.201.691.108	0 second à 60 second	0
Facteur multiplicateur tps	912.201.691.101	0 à 15	1

**Table IV-3:** chaque paramètre et sa valeur et les autres valeurs possibles

Explication des paramètres selon le manuel d'utilisateur de SIPROTEC5 7UT82 :

Le paramètre	Explication
Schéma de mesure	<p><b>Compos. Fondamentale</b> : ça signifie qu'uniquement le signal fondamental est utilisé, donc SIPROTEC supprimera les harmoniques et les courants transitoires</p> <p><b>Valeur efficace</b> : utiliser le signal de courant avec les harmoniques</p>
Type de caract	Digi5 offre toutes les courbes de déclenchement normalisées par ANSI et IEC, nous pouvons utiliser la courbe qui marche avec la charge à protéger.
Tps min de caract	Pour la définition de temps minimum opérationnel pour la courbe de déclenchement, ce paramètre n'a aucun effet sur les valeurs de courbe de déclenchement, Siemens recommande de conserver le réglage de default de 0s
Temporisation add	Pour la définition d'un retard de temps par rapport à la courbe, Siemens recommande de conserver le réglage de default de 0s.
Valeur seuil	Le courant maximal qu'on peut obtenir dans notre circuit, les courants après cette valeur sont des courants de default. Siemens recommande d'utiliser un pourcentage de 10% après le courant nominal de circuit pour le transformateur.
Retombée	<p><b>Emulation Disk</b> : on utilise ce choix si notre appareil compose avec un autre appareil électromécanique.</p> <p><b>Instantanée</b> : on utilise ce choix si on a besoin d'une excitation instantanée.</p>
Decl. 1ph autorisé	<p>Ce paramètre effectuera la logique de déclenchement de disjoncteur</p> <p><b>Oui</b> : si on a besoin d'opéré sélectivement d'une phase, mais dans notre cas cette appareil ne supporte pas le déclenchement sélectif de phase, donc c'est toujours non.</p> <p><b>Non</b> : si on a besoin d'opéré les 3 pôles de disjoncteur dans le même temps.</p>

Mode	C'est le mode de fonctionnement pour cette protection, on peut l'activer ou désactiver, si on a besoin de tester ce fonctionnement on sélectionne 'test'
Decl.blocage et comt.def	Ce paramètre est utilisé si on a besoin de bloquer la fonctionnalité de déclenchement, on l'utilise dans le cas il y a reconnaissance de courant de magnétisation.
Paramètres dynamiques	Les paramètres de 'valeur seuil', 'Temporisé' et 'De mise en route' sont appelés les paramètres dynamiques, dans ce paramètre on définit si ce paramètre peut être modifié par des signaux d'entrées ou par autres paramètres.
Temporisé. De mise en route	Cette temporisation débute lorsque le courant dépasse le seuil, si le seuil est dépassé pendant le délai d'activation, le signal d'activation est généré.  Nous pouvons configurer ce signal avec certaines sorties binaires si nécessaire.
Facteur multiplicateur tps	Pour déplacer les courbes des caractéristiques dans le sens de temps, le temps de déclenchement de chaque courant sera multiplié par ce facteur.

**Table IV-4:** Explication des paramètres selon le manuel utilisateur de SIPROTEC5 7UT82

### IV.12.3 Configuration de protection différentielle (87T)

- Le courant nominale du secondaire du TC1 avec l'adaptation :  $I_{TC1} = \frac{183}{200} = 0,915 \text{ A}$

- Le courant nominale du secondaire du transformateur  $I_{Ncôté\ secondaire} = \frac{20 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \times 5,5 \text{ KV}} = 2100 \text{ A}$

Donc le courant nominale du secondaire du TC2 :  $I_{TC2} = \frac{2100}{2500} = 0,84 \text{ A}$

- Le calcule les facteurs d'adaptation de :

$$K_1 = \frac{\text{rapport de trnaformation de TC1}}{204} = \frac{200}{183} = 1,09$$

$$K_2 = \frac{\text{rapport de transformation de TC2}}{2100} = \frac{2500}{2100} = 1,19$$

- Dans le cas de fonctionnement normal, les vecteurs de courant primaire et secondaire sont opposés, avec la même amplitude donc :

$$\text{Le courant différentielle } I_d = 0,915 * K_1 - 0,84 * K_2 = 0,915 * 1,09 - 0,84 * 1,19 = 0 \text{ A}$$

$$\text{Le courant de restriction } I_r = \max (0,915 * 1,09 ; 0,84 * 1,19) = 0,996 \text{ A.}$$

➤ **Dans le cas de default, 3 cas opérationnels peuvent se produire :**

Cas 1 : un court-circuit interne dans les deux côtes de transformateur :

Donc, les vecteurs courants de secondaire de TC1 et TC2 sont égaux :

$$I_{TC1} = I_{TC2}, \text{ donc :}$$

$$I_d = 0,915 * K_1 + 0,84 * K_2 = 0,997 * 2 = 1,994 \text{ A}$$

$$I_r = \max (0,915 * 1,09 ; 0,84 * 1,19) = 0,996 \text{ A}$$

Cas2 : un court-circuit interne dans un côté de transformateur, donc  $I_{TC2} = 0$

$$I_d = 0,915 * K_1 - 0 = 0,994 \text{ A}$$

$$I_r = \max (0,915 * 1,09 ; 0) = 0,994 \text{ A}$$

- Nous ajoutons ces valeurs dans DIGSI5 selon les paramètres suivants :

**Temporisation decl** (adresse : 901.1691.11041.6) = instantané

**La pente 1** (adresse : 901.1691.11041.6) = 0,3

**Pt de section 1 Istab** (adresse : 901.1691.11041.6) = 0,99 A

**La pente 2** (adresse : 901.1691.11041.6) = 0,7

**Pt de section 2 Istab** (adresse : 901.1691.11041.6) = 2,5 A

La valeur de seuil pour la protection différentielle recommandée par siemens est 0,3 pour les transformateurs de puissance, d'autre part on prend en considération le changeur de prise dans ce cas la valeur de seuil peut être calculée avec la formule suivante :

**La valeur de seuil = la valeur de seuil + Ks \* Pt de section 1 Istab**

$$\text{Avec } K_s = \frac{V_{\max} - V_{\min}}{V_{\max} + V_{\min}} = \frac{69300 - 56700}{69300 + 56700} = 0,1$$

$$\text{Donc : La valeur de seuil} = 0,3 + 0,1 * 0,99 = 0,4 \text{ A}$$

**La valeur de seuil** (adresse : 901.1691.11041.6) = 0,4 A

Le courbe de :  $I_d = f(I_r)$ , et la représentation des points de default sont illustre dans la figure suivante :

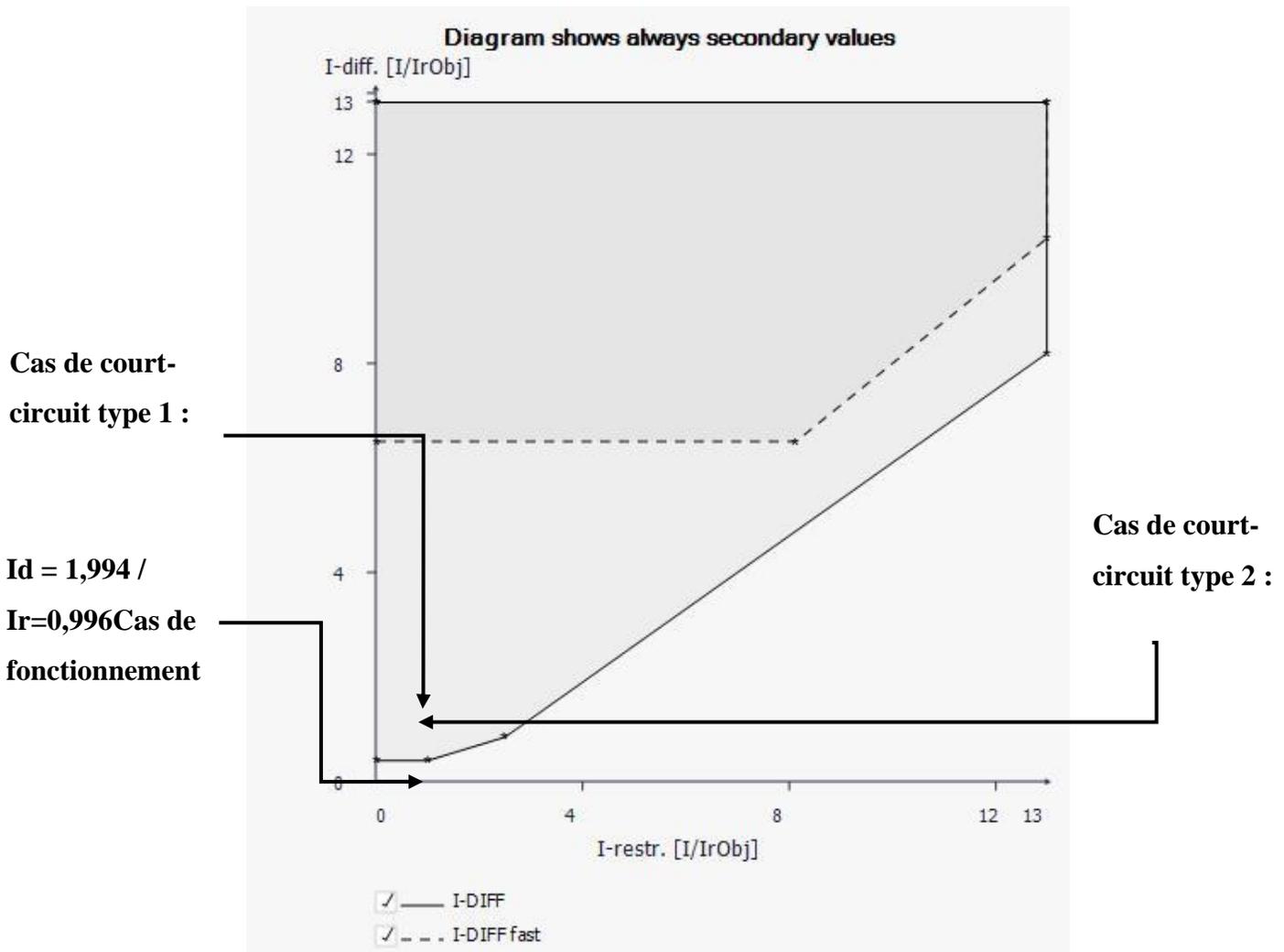
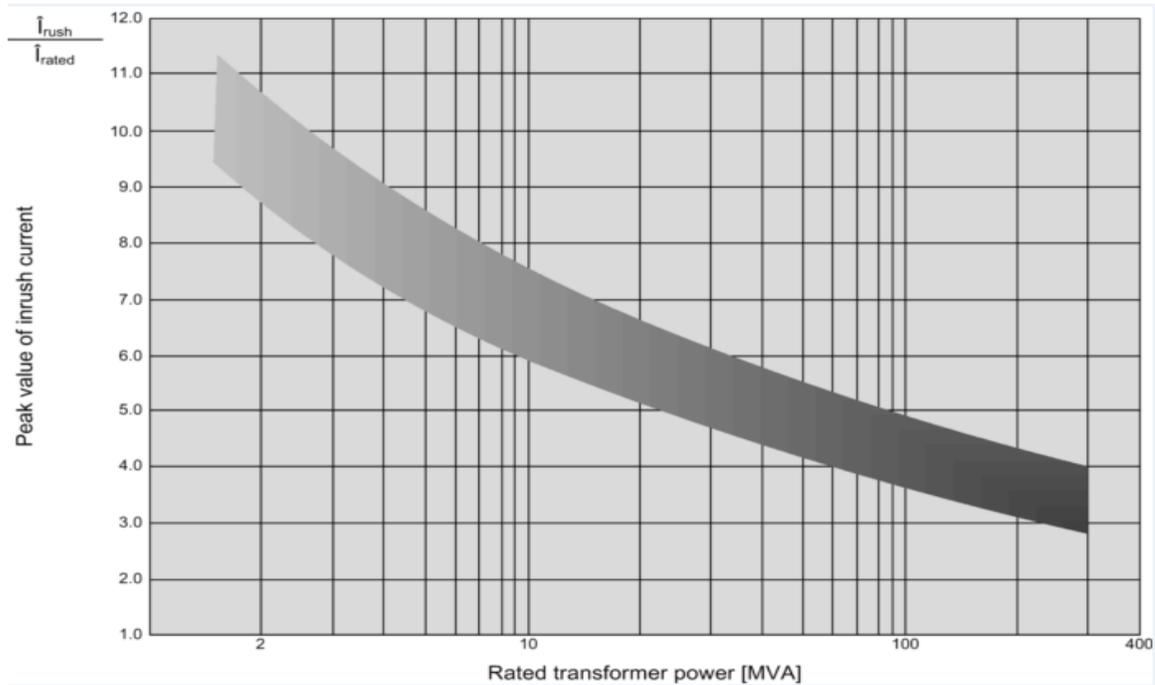


Figure 40 : Représentation des points de default

➤ **Explication de courbe :**

- Le courbe représente l'évaluation de courant différentiel en fonction du courant de restriction, ou on a sélectionné la valeur de seuil  $i_d = 0,4$  A, et on a ajouté deux pentes, un de 0,4 qui est recommandé par siemens pour prendre en considération d'effet de changeur de prise sur la protection différentielle, et la deuxième pente pour les erreurs de mesure de transformateur de courant qui est aussi recommandé par siemens.
- Cette protection différentielle est équipée par une protection différentielle rapide qui réagit dans le cas où la valeur de courant de magnétisation **Inrush** est supérieure à la valeur de seuil réglée pour cette protection.

- La valeur de seuil pour la protection différentielle rapide doit être supérieure à la valeur de courant de magnétisation excepté pour le transformateur, la courbe suivante est recommandée par siemens pour sélectionner la valeur de seuil :



**Figure IV-9:** la valeur de courant de magnétisation en fonction de la puissance apparent de transformateur

Selon la courbe une valeur de seuil : 6,5 A (adresse 901.1691.11071.3) pour la protection différentielle rapide est acceptable.

#### IV.12.4 Configuration de protection Terre-restreint primaire et secondaire (87N)

- Pour le calcul de la valeur de seuil, pour la protection terre-restreint, siemens recommande d'utiliser la formule suivante :

La valeur de seuil  $\geq 0,05 *$   $\frac{\text{rapport de trnaformation de TC1}}{\text{courant nominale de cote primaire}}$

Donc pour notre cas c'est : **la valeur de seuil  $\geq 0,05 *$**   $\frac{200}{183} = 0,05$

Donc nous choisirons une valeur de seuil = 0,1 A

- La valeur de pente :

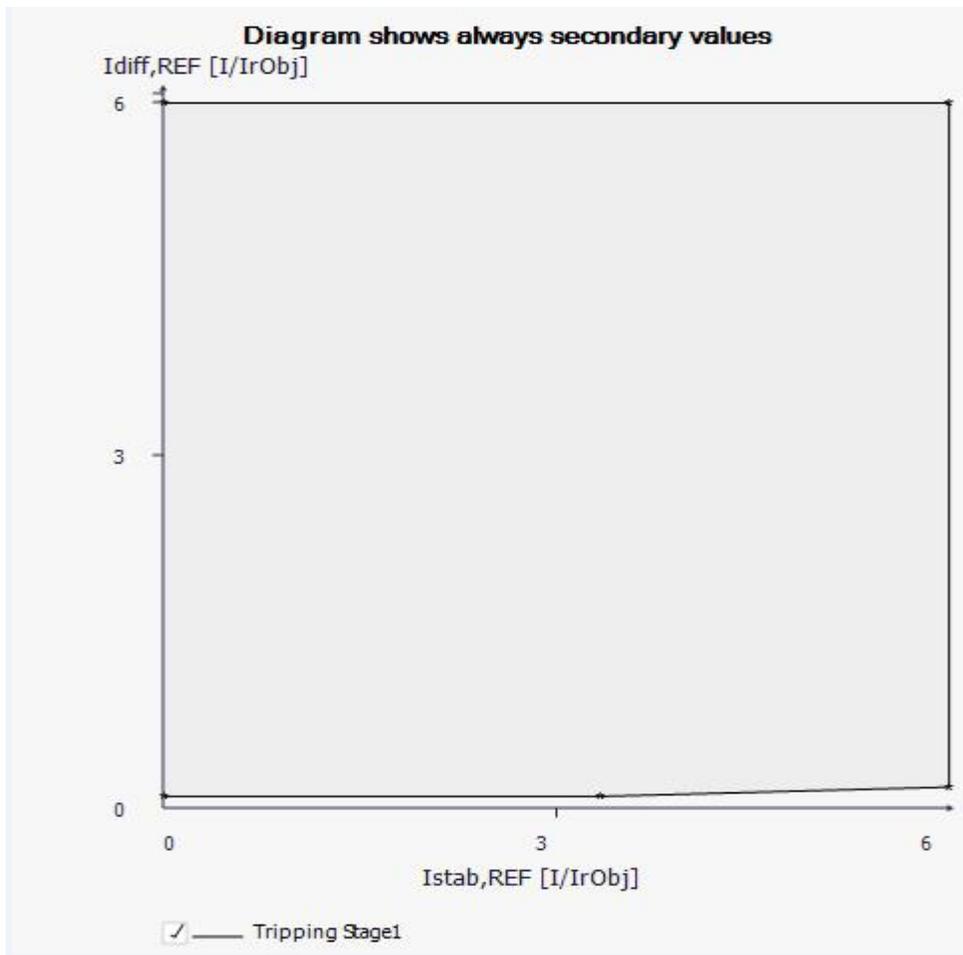
Nous pouvons ajouter une fonction de stabilisation de protection contre des court-circuit multi-phase externes a la terre, par l'utilisation de paramètre 'pente'. Comme est recommandé de faire par siemens la valeur de la pente peut être calculé par la formule suivante :

$$\text{Pente} = \frac{\text{valeur de seuil}}{\text{courant de restriction,}}$$

Pour le courant de restriction siemens recommande d'utiliser la valeur de 3 A pour le cas de 1 point de mesure dans le neutre, donc :

$$\text{Pente} = \frac{0,1}{3} = 0,03$$

Donc la courbe de déclenchement pour la protection terre restreint devient :



**Figure IV-10:** courbe de déclenchement de la protection terre restreint primaire

#### IV.12.5 Configuration de courant de magnétisation Inrush

- La détection de courant de magnétisation se fait par la configuration d'ensemble de paramètres principaux, qui sont représenté dans le tableau suivant avec leur valeur proposé :

Le paramètre	L'adresse	Les valeurs possibles	La valeur proposée
<b>Limit.fonctionnemnt Imax</b>	912.4141.106	De 0,03 A à 35 A	7,28 A
<b>Blocage avec AVC</b>	912.4141.111	Oui Non	Oui
<b>Blocage avec 2e harm</b>	912.4141.110	Oui Non	Oui
<b>Val Harmonique rang2</b>	912.4141.102	De 10% à 45 %	15
<b>Blocage croisé</b>	912.4141.112	Oui	Non
<b>Durée de blocage croisé</b>	912.4141.109	De 0,03 à 200	0,06 (presque 3 périodes, recommande par siemens)

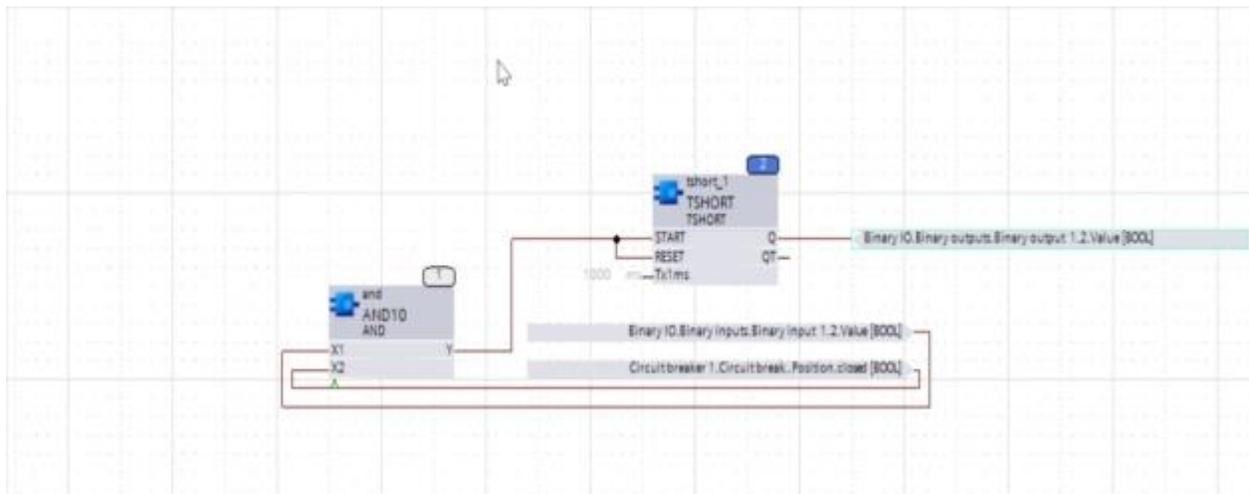
**Table IV-5:** paramètres principaux avec leur valeur proposée

- Pour les valeurs de blocage et filtrage des harmoniques nous avons choisi la valeur par default recommandé par siemens.
- Le paramètre **Limit.fonctionnemnt Imax** (adresse : 912.4141.106) est le courant ou la fonction de détection de courant de magnétisation sera bloquer, siemens recommande de choisi la valeur de courant de magnétisation maximale de transformateur (voir la figure 10) multiplier par le courant nominal primaire donc c'est =  $6,5 * 1,12 = 7,28$  A

#### IV.12.6 Configuration des CFC (Continuous Function Chart) [8]

Selon le manuel d'utilisateur du DGSI 5 la fonctionnalité du CFC permet de liée entre les entrées et les sorties et définir les interactions entre eux.

Avec cet outil, on va intégrer la protection interne du transformateur, on peut créer un graphe qui fait le lien entre les entrées binaires et les sorties via les différentes portes logiques qui sont fournies avec cette fonctionnalité, par exemple, pour peut intégrer la protection de relais BUCHHOLZ, nous allons vérifier l'état de son entrée binaire, si est vrai (ou 1), cela signifie qu'il y a un défaut sur le transformateur, sur cet état nous allons soit ouvrir le circuit disjoncteur immédiatement ou retarder cette opération des secondes, avant cela on peut aussi intégrer l'état du disjoncteur s'il est déjà ouvert alors il n'y a pas besoin d'ouvrir le circuit lorsque le relais BUCHHOLZ s'est activé.



**Figure IV-11:** exemple d'intégration de relais de BUCHHOLZ

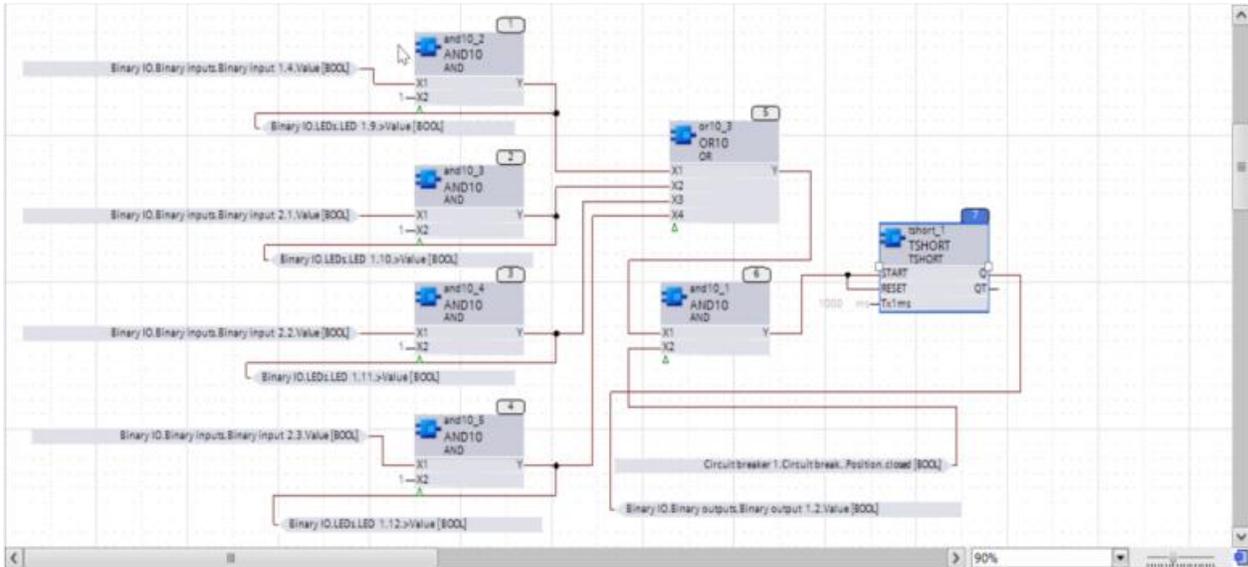
On peut aussi lancer une alarme ou allumez une LED pour que les électriciens sachent que ce relais est activé. Avec cette fonction on peut répéter cette opération pour les autres protections, la figure IV-12 ci-dessus précédente montre cet exemple sur un graphique.

- Explication de l'exemple :

Sur cet exemple on utilise la porte logique ET, pour faire le lien entre l'état fermé du disjoncteur et l'entrée binaire du relais, ainsi la logique sera : si l'entre binaire 1.2 est en état vrai (ou 1), et le disjoncteur est fermé donc faire un retard de 1 second (1000 ms) puis activer la sortie binaire **1.2** à l'état vrai (ou 1),

- L'entrée binaire **1.2** sera reliée au relais BUCHHOLZ.
- La sortie binaire **1.2** déclenchera le relais de déclenchement F06.

Avec cette méthode, nous pouvons configurer les autres protections avec la combinaison des blocs de 'ET' et 'OU', le graph de figure 9 représente la configuration complète des protections.



**Figure IV-12:** l'intégration complète des protections internes du transformateur

### Explication du graph :

Afin de créer la logique qui allume le LED lorsqu'une certaine protection est activée, nous utilisons le bloc "ET" pour faire le lien entre les deux événements. En commençant par la porte "ET" numéro 1 qui appartient au "relais Buchholz", la variable X2 est toujours définie sur vrai (1) donc chaque fois que l'entrée binaire de BII.4 est vraie (1) nous obtenons vrai (1) sur le bout du port logique et c'est ce qui allume la LED 9. Et on répète la même opération pour toutes les entrées binaires

Le mécanisme que nous voulons créer est de mettre la sortie binaire BO1.2 à vrai (1) chaque fois qu'une protection particulière devient vraie (1), pour ce faire, nous utilisons la porte logique "OU", donc nous obtenons vrai (1) dans le cas où l'une des quatre entrées binaires est activée.

Nous considérons que l'opération principale que nous voulons créer est terminée, mais nous voulions ajouter deux autres options, sur la première, nous avons intégré l'état du disjoncteur, si son état est déjà ouvert alors il n'y a aucun sens de l'ouvrir encore une fois, pour créer cette logique, nous avons utilisé la porte "ET" numéro 6. La deuxième option est que nous avons ajouté un temporisateur "numéro 7" que nous avons réglée sur 1 seconde par défaut.

Finalement, la logique complète que nous avons créée sera :

Si une certaine protection interne est allumée donc on allume le LED qui lui appartient, alors on détermine l'état du disjoncteur, s'il est déjà ouvert on ne fait rien, et s'il est fermé on attend une seconde puis on active le relais de déclenchement 'F06'.

Sur le tableau ci-dessous donne les entre et les sortie binaire et les bornes de raccordement avec la LED associé pour chaque protection interne :

La protection	L'entrée binaire	Bornes de connexion	La LED associe	Explication	L'action	La sortie binaire	Bornes de raccordement
Relais de buchholz	BI1.4	1D12-1D14	LED 09	Déclenchement de relais de buchholz	Déclenchement de relais de déclenchement F06 qui est associe avec les protections	BO1.2	1D3-1D4
La température de l'huile	BI2.1	2L11-2L12	LED 10	La température de l'huile a augmenté au plus haut degré			
La température des enroulements	BI2.2	2L11-2L14	LED 11	Les enroulements de transformateur sont échauffés			
Surpression de changeur de prise	BI2.3	2L11-2L13	LED 12	Pression élevée de changeur de prise			

**Table IV-6:** les entres et les sorties binaires et les bornes de raccordement avec la LED

## IV.12.7 Configuration les entrées et les sorties binaires :

La configuration des entrées et des sorties est la dernière étape de la configuration du SIPROTEC 7UT82, c'est parce que certaines entrées et sortie binaire sont prédéfinis par DIGSI 5 lorsque nous ajoutons une protection particulière à l'appareil (dans l'étape de désignation de schéma et l'addition des protections).

Quand on rajoute une certaine protection dans l'appareille sur la fenêtre "Configuration Unifilaire", DIGSI5 va rechercher automatiquement les entrées et les sorties vides, et va remplir par une certaine fonction nécessaire, par exemple : au premier pas, quand on a lié le circuit disjoncteur sur le schéma avec le disjoncteur sur le SIPROTEC 7UT82, DIGSI 5 a recherché automatiquement une entrée binaire vide et l'a configuré pour déterminer l'état du disjoncteur (ouvert ou fermé), de plus lorsque nous avons ajouté une fonction de protection à l'appareil, par exemple : protection différentielle, DIGSI 5 affecté automatiquement une sortie binaire vide pour ouvrir le disjoncteur lorsque les défauts se produisaient.

Signals	Number	Type	1.1	1.2	1.3	1.4	2.1	2.2	2.3	1	2	3	4	5	6	7	8	1.1	1.2	1.3	1.4	2.1	2.2	1.1	1.2
(All)	(All)		--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	(All)	--	--	--	--	--	--	--
Circuit breaker 1	201		*	*	*													*							
Trip logic	201.5341																								
Circuit break.	201.4261		*	*	*													*							
->Ready	201.4261.500	SPS			H																				
->Acquisition blocking	201.4261.501	SPS																							
->Reset switch statist.	201.4261.502	SPS																							
->Reset AcqBlk&Subst	201.4261.504	SPS																							
External health	201.4261.503	ENS																							
Health	201.4261.53	ENS																							
Position	201.4261.58	DPC	OH	CH																					
not selected		SPS																							
open		SPS																							
closed		SPS																							
intermediate posi...		SPS																							
disturbed position		SPS																							
acquisition blk. ac...		SPS																							
manual update ac...		SPS																							
Trip/open cmd.	201.4261.300	SPS																					U		
Close command	201.4261.301	SPS																							
Command active	201.4261.302	SPS																							
Definitive trip	201.4261.303	SPS																							

**Figure IV-13:** la configuration des entrées et les sorties pour le fonctionnement de disjoncteur

### Explication d'Exemple :

Sur la Figure IV-14, on remarque que DIGSI 5 utilise trois (03) entrées binaires, sur une sortie binaire pour établir les interactions avec le disjoncteur.

DIGSI 5 a utilisé les 3 entrées binaires afin de déterminer l'état du disjoncteur :

- l'état "READY" est pour déterminer si le disjoncteur est connecté au circuit et est prêt à fonctionner, la lettre "H" signifie "Actif avec tension", donc l'état de l'entrée binaire BI1.3 est vrai ou (1) cela signifie que le disjoncteur est prêt à interagir avec le circuit, dans ce cas ce n'est pas permanent, on peut le changer en "L", donc si l'état de BI1.3 est faux (0) signifiera que Le disjoncteur est prêt à fonctionner, mais nous l'avons laissé sur sa valeur par défaut.

- les positions "OPEN" et "CLOSED", sont déterminées par les entrées binaires BI1.1 et BI1.2, "OH" signifie "Ouvert (Actif avec tension)" et "CH" signifie "fermer (Actif sans tension)". Donc la logique est : si la valeur de BI1.1 est vraie (1) cela signifie que le disjoncteur est à l'état "Ouvert", et si la valeur de BI1.2 est vraie cela signifie que le disjoncteur est à l'état "Fermé", de plus si nous voulons montrer que le disjoncteur est fermé, nous envoyons un signal sur le BI1.2 (vrai), et nous n'envoyons pas de signal sur BI1.1 (faux), et si nous voulons montrer qu'il est ouvert, nous envoyons un signal,1 (vrai), à BI1.1 et nous n'envoyons pas de signal à BI1.2 (faux).

DIGSI 5 utilise la sortie binaire BO1.1 sur le cas de la commande d'ouverture du disjoncteur, la lettre "U" signifie qu'il y aura un signal sur la sortie BO1.1 dès que la commande d'ouverture est en attente, mais lorsque l'ordre de fermeture du disjoncteur n'est pas en attente le BO1.1 est à l'état faux.

L'autre option possible est la lettre "L", et cela signifie qu'il y aura un signal sur le BO1.1 dès que la commande d'ouverture est en attente, mais BO1.1 continue à recevoir un signal même si la commande d'ouverture est reçue et vous serez obligé de réinitialiser cette sortie binaire manuellement depuis l'appareil.

Le tableau ci-dessous représente la configuration de toutes les entrées et sorties binaires ainsi que l'option de leurs réglages possibles :

Fonctions	Signal de fonction	Adresse	Entrée binaire	Sortie binaire	LED	Indication
Transformateur coté 1 ou coté 2	Phase A	911.4501.55			LED 1.1	Transformateur de courant de phase 1 est connecté soit en coté 1 ou coté 2 de transformateur
	Phase B				LED 1.2	Transformateur de courant de phase 2 est connecté soit en coté 1 ou coté 2 de transformateur
	Phase C				LED 1.3	Transformateur de courant de phase 3 est connecté soit du côté 1 ou côté 2 de transformateur
	Terre				LED 1.4	Transformateur de courant de la mise à la terre soit en côté 1 ou côté 2 de transformateur
	Avertissements thermique	911.191.601.302			LED 1.8	Avertissement d'une surcharge thermique.
	Message de déclenchement					LED1.5

Protection différentielle	Message de déclenchement			BO1.1		Ordre de déclenchement par la protection différentielle
Disjoncteur	Prêt	201.4261.500	BI1.3			Le disjoncteur et connecter et est prêt à interagir avec le circuit
	Position	201.4261.58	BI1.1			Le disjoncteur est à l'état "Ouvert"
			BI1.2			Le disjoncteur est à l'état "Fermé"
	Ordre de déclenchement et d'ouverture	201.4261.300			BO1.1	La commande d'ouverture du disjoncteur

**Table IV-7:** la configuration de toutes les entrées et sorties binaires ainsi que l'option de leurs réglages possibles

### IV.13 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté le relais SIPROTEC5 7UT82, qu'on a choisi avec l'outil en ligne mis à disposition des utilisateurs par siemens, sur le site officiel de la compagnie.

Pour le choix du relais, on a défini les protections que nous souhaitons voir le relais assurer. Ainsi que le nombre d'entrées et de sorties logiques et analogiques.

On a calculé les paramètres nécessaires, en s'appuyant sur les orientations techniques du constructeur, et en utilisant le logiciel DIGSI 5 comme outil officiel de paramétrage. On a utilisé la fonctionnalité CFC (Continuous Function Chart) pour établir un dialogue entre les protections internes existantes et le nouveau relais intégré.

# **Conclusion générale**

## Conclusion générale

En conclusion, l'optimisation de la protection du transformateur principal GP2z par le biais du remplacement de l'ancien relais de protection par un relais numérique SIPROTEC 5 présente de nombreux avantages. Cela permet d'améliorer la précision et la fiabilité de la protection du transformateur, contribuant ainsi à la stabilité et à la sécurité du système électrique dans son ensemble.

Il est recommandé de mener une analyse approfondie des besoins spécifiques du transformateur et de s'assurer que le nouveau relais numérique est correctement configuré et intégré dans le système électrique existant. Une formation adéquate du personnel sur les fonctionnalités et les opérations du relais numérique est également essentielle pour garantir une utilisation efficace et optimale du système de protection.

Ce travail nous permis d'aborder dans le détail, le fonctionnement des transformateurs, leur protection contre les défauts internes et externes. Comme cela a été une occasion de travailler sur le paramétrage du relais numérique. Les paramètres qui ont été calculés en suivant les orientations techniques mises en avant par les guides techniques de la compagnie.

Le relais choisi a été intégré à la protection déjà en place, en établissant des communications logiques avec les protections contre les défauts internes du transformateur.

En définitive, l'optimisation de la protection du transformateur principal GP2z par le biais du relais numérique SIPROTEC 5 est une démarche prometteuse pour améliorer la fiabilité et les performances du système électrique. Cette étude offre une base solide pour des travaux futurs visant à mettre en œuvre cette solution et à évaluer ses résultats concrets sur le terrain.

En conclusion, ce mémoire de fin d'études vise à explorer et à proposer des recommandations pour l'optimisation de la protection du transformateur principal GP2z en utilisant un relais numérique SIPROTEC 5. Nous espérons que cette étude contribuera à améliorer la fiabilité, la sécurité et les performances du système électrique en fournissant une protection efficace et précise pour ce transformateur essentiel.

# **Bibliographie**

## Bibliographie

- [1] Theodore Wild, « Electrotechnique », 3eme Edition de Boeck Université, Bruxelles, 1999.
- [2] James H. Harlow, Electric Power Transformer Engineering, 2004.
- [3] Francis MILSANT, « Cours d'électrotechnique », Tome I : Transformateurs et réseaux électriques, BERTI Editions, 2001.
- [4] Bernard Hochart, « Le transformateur de puissance », 2ème édition, Technique et documentation, Lavoisier, 1998.
- [5] GUY SEGUIER, « électrotechnique industrielle », université des sciences et techniques de Lille ,1984.
- [6] Jean Sanchez, « Aide au diagnostic de défauts des transformateurs de puissance », Thèse pour l'obtention du grade de Docteur en génie électrique, Université de Grenoble, NNT 2011.
- [7] Schneider Electric : article,29/05/2018,'Comment choisir un transformateur de courant ou d'intensité (TC ou TI) ? - aspect électrique.'
- [8] Siemens Automation, manuelle d'utilisateur du DIGSI 5.
- [9] Siemens Automation, manuelle d'utilisateur du SIPROTEC 5.
- [10] Newsletter.pdf (tsv-transfo.com)
- [11] Mémoire de fin d'étude 'Protection du transformateur de puissance principale de CAP-DJENAT par un relais numérique SIPROTEC 7UT613'
- [12] Mr. BENALI SMAIL, Synthèse de mémoire 'Protection des transformateur HT/MT 60KV/5,5KV 20MVA'
- [13] Mr Belazzoug Messaoud, '' Etude de la protection d'un transformateur principal 533 MVA '' Master en Electrotechnique, université de Blida, 2016-2017.
- [14] Documentation fournie par le complexe GP2Z.
- [15] Wikipédia