



**LICENCE SCIENCES ET TECHNIQUES
Génie Electrique**

RAPPORT DE FIN D'ETUDES

Intitulé :

**Etude et résolution du problème de
stabilisation du réseau électrique de site TE
Connectivity**

Réalisé Par :

Ntfeqiert Nissrine

Encadré par :

Pr A. Ahaitouf (FST FES)

I.Kassou (TE Connectivity)

A.Znakhi (TE Connectivity)

Soutenu le 07 Juillet 2021 devant le jury

Pr F. Errahimi (FST FES)

Pr A. Ahaitouf (FST FES)

Remerciements

Avant d'aborder le cœur de mon Projet de fin d'étude, je remercie ALLAH le tout puissant de m'avoir offert le courage afin de réussir ce travail et surmonter tous les défis et les obstacles rencontrés durant le stage. Ainsi il me semble nécessaire d'exprimer ma reconnaissance auprès de toutes les personnes, dont l'intervention au cours de ce projet a favorisé son aboutissement.

J'adresse ma reconnaissance sincère à Monsieur Ahaitouf Ali pour son encadrement pédagogique très consistant que pour l'intérêt avec lequel il a suivi la progression de mon travail, pour ses conseils, et ses directives.

J'exprime mes remerciements à Madame Kassou Imane mon encadrant professionnel, qu'elle trouve ici le témoignage de ma profonde reconnaissance pour ses conseils constructifs tout au long de la réalisation de ce projet.

Je remercie, également les membres de jury d'avoir accepté d'évaluer mon travail. Mes sincères remerciements vont aussi à Monsieur Znakhi Ahmed et à toutes les personnes du service Qualité pour leur soutien et leur encouragement. Aussi à l'ensemble du personnel de TE Connectivity Tanger : cadres, employés et opérateurs pour leur soutien, leur aide et, surtout, pour leur sympathie. Qu'ils trouvent ici l'expression de ma profonde reconnaissance et mon profond respect.

Dédicace

Je dédie ce projet :

A mon cher père ALI

A ma chère mère AICHA

Qui n'ont jamais cessé, de formuler des prières à mon égard,

De me soutenir pour que je puisse atteindre mes objectifs.

A mon cher frère MUSTAFA

Pour son soutien et aussi pour ses conseils

A ma famille, et à ceux qui me donnent de l'amour et de la vivacité.

A mes amis qui m'ont toujours encouragé, à qui je souhaite plus de succès.

Merci !

Résumé

À la recherche d'une performance industrielle excellente, TE Connectivity Tanger a intégré dans sa stratégie de l'année courante l'objectif de la stabilisation du réseau électrique et l'élimination de toute sorte d'anomalies, qui peuvent affecter son rendement.

La stabilité des réseaux électriques est une qualité de leur régulation par laquelle les situations modérément perturbées reviennent progressivement à un état d'équilibre et vu que TE Connectivity souffre d'un nombre de déclenchements des protections différentiels très grand au niveau des machines de production ce qui provoque des pertes et des retards. Le service qualité s'est lancé dans un chantier d'amélioration de la stabilité du réseau électrique de l'installation industrielle, afin de répondre à son besoin de croître en performances, et de réduire ses coûts maintenance.

Dans cette optique, j'ai effectué ce projet qui concerne l'étude et la résolution du problème de la stabilisation du réseau électrique.

Liste des figures

Figure 1 : Division de TE Connectivity.....	11
Figure 2 : Domaine d'activités de TE connectivity	11
Figure 3 : TE connectivity, zone franche Tanger	12
Figure 4 : Organigramme général de TE Connectivity Tanger Maroc.....	13
Figure 5 : Présentation de planning de la période de stage.....	15
Figure 6 : Analyseur de réseaux AR6.....	16
Figure 7 : Analyseur de réseaux Myebox1500.....	17
Figure 8 : Analyseur de réseaux AR5L.....	17
Figure 9 : Appareil de mesure de boucle de terre : COMBI421.....	17
Figure 10 : Démarche 5s.....	18
Figure 11 : Schéma de l'installation industrielle.....	19
Figure 12 : interrupteur différentiel.....	21
Figure 13 : Graphe de taux d'harmonique.....	24
Figure 14 : Graphe de mesure de courant.....	24
Figure 15 : Graphe de taux d'harmonique.....	26
Figure 16 : Graphe mesure de courant.....	26
Figure 17 : Graphe taux d'harmonique.....	25
Figure 18 : Forme d'onde.....	25
Figure 17 : Disjoncteur différentiel de type B.....	28
Figure 19 : Principe d'utilisation d'un filtre actif.....	29
Figure 20 : Onde de courant 8/20 μ s.....	30
Figure 22 : Parafoudre type 2.....	30

Liste des Tableaux

Tableau 1 : Tableau de mesures.....	20
Tableau 2 : Tableau de mesures TGBT2.....	22
Tableau 3 : L'outil QQQQCP.....	26
Tableau 4 : Taux de distorsion harmonique de tension	27
Tableau 5 : Caractéristique de disjoncteur différentiel type B.....	30
Tableau 6 : Fourniture installation des solutions proposées	31

Liste des abréviations

TGBT : Tableau général de basse tension

TFZ : Tanger free zone

QQQQCP : Qui, Quoi, Où, Quand, Comment et Pourquoi

DDR : Dispositif différentiel résiduel

THD : Total harmonic distortion

Table de matière

Resumé.....	4
Liste des figures.....	5
Liste des tableaux.....	6
Liste des abréviations.....	6
Table de matière.....	7
Introduction.....	9
Chapitre 1 : Présentation de l'organisme d'accueil.....	10
1.1 Présentation du groupe TE Connectivity :.....	10
1.2 Domaines d'activité :.....	11
1.3 TE Connectivity Tanger :.....	112
1.4 Organigramme de l'entreprise.....	13
Chapitre 2 : Contexte général du projet et mesures.....	14
2.1 Contexte général	14
2.2 Cahier de charges.....	14
2.3 Diagramme de GANTT.....	15
2.4 Les intervenants au projet.....	15
Chapitre 3 : Outils et analyse des donnees.....	16
3.1 Donnees relatives a l'instalation.....	16
3.2 Materiel utilise.....	16
3.3 Outil 5S.....	18
3.3.1 Les objectifs du 5S.....	18
3.4 Schema synoptique de l'installation.....	19

3.5	Mesure de la boucle de terre.....	20
3.5.1	Resultats de mesures.....	20
3.6	Verifications des protections differentiel.....	20
3.7	Analyse de mesures TGBT2.....	22
3.6.1	Analyse du taux d'harmonique.....	22
3.8	Analyse des mesures TE Assemblage	23
3.8.1	Analyse de courant.....	23
3.8.2	Analyse du taux d'harmonique	24
3.9	Analyse des mesures TGBT injection	24
3.9.1	Analyse de courant.....	24
3.9.2	Analyse du taux d'harmonique	25
3.9.3	Analyse de la forme d'onde.....	25
Chapitre 4	Démarche de résolution.....	26
4.1	Description de problème	26
4.1.1	L'outil QQQCP	27
4.2	Conclusion	27
4.3	Solutions proposes	28
4.3.1	Les protections différentielles	28
4.3.2	Les filtres actifs d'harmoniques.....	29
4.3.3	Parafoudres.....	30
4.4	Devis.....	31
	Conclusion et perspective.....	32

Introduction

Ce rapport présente le travail réalisé dans le cadre du projet de fin d'études qui s'est déroulé au sein de l'entreprise TE CONNECTIVITY Tanger pendant une période de deux mois allant du 05 mai 2021 au 05 Juillet de la même année.

Les travaux présentés dans ce rapport s'inscrivent dans le cadre d'un projet d'étude et résolution du problème de la stabilité du réseau électrique de site TE Connectivity; ils portent sur l'analyse détaillée des problèmes internes qui ont un impact sur la productivité dans cette zone, où nous avons proposé des solutions.

Pour atteindre cet objectif, nous avons été amenés à traiter la problématique en suivant les outils d'analyses acquis afin de cerner la problématique du projet et d'arriver à un choix judicieux des solutions lors de l'amélioration.

«TE CONNECTIVITY» est une entreprise internationale dont la langue officielle pour la production des documents est l'anglais. Par conséquent ce rapport contient de nombreux termes anglo-saxons. Une traduction de ceux-ci est fournie dans la mesure du possible.

Mots clés : Stabilisation, qualité, réseau électrique.

Chapitre 1 :

PRESENTATION DE L'ORGANISME D'ACCUEIL

1.1 Présentation du groupe TE Connectivity :

TE Connectivity, est une entreprise suisse-américaine spécialisée dans la fabrication des composants électroniques de haute précision, de solutions réseaux, de systèmes de télécommunication sous-marins, de systèmes sans-fil et spécifiques.

Pendant de longues années, TE Connectivity s'est efforcée de devenir le leader mondial en matière de connectivité depuis sa création en 1941.

Elle conçoit et fabrique plus d'un demi-million de produits de haute technologie qui connectent et protègent la circulation du courant électrique et des données dans les produits que les consommateurs et les industries du monde entier utilisent chaque jour.

Aujourd'hui, le portefeuille comprend non seulement des connecteurs, mais également des relais, des capteurs, de la fibre optique, des composants sans fil et des écrans tactiles.

Malgré l'évolution des opérations de fabrication dans les régions émergentes telles que la Chine et l'Europe de l'Est, la stratégie de l'entreprise est de conserver une présence équilibrée dans les trois principales régions du monde. L'entreprise produit environ 500 000 produits et emploie environ 75 000 personnes dans le monde entier.

1.2 Domaines d'activité :

L'entreprise opère dans trois majeurs segments, dans 50 pays, avec des installations de fabrication dans environ 25 pays, dans les trois principales régions du monde : L'Amérique, l'Asie-Pacifique et l'Europe / Moyen-Orient / Afrique.

TE Connectivity comporte trois grandes divisions, chacune opère dans un domaine différent, la figure suivante représente les divisions de TE Connectivity :



Figure 1 : Division de TE Connectivity ^{'1'}

TE CONNECTIVITY opère dans divers secteurs, parmi ces secteurs on trouve :



Figure 2 : Domaine d'activités de TE connectivity ^{'1'}

1.3 TE Connectivity Tanger :

TE CONNECTIVITY, leader mondial en matière de connectivité, est ouvert depuis le 12 Septembre 2011 en tant qu'une plateforme logistique dans la zone franche logistique au port Tanger Med pour fournir l'ensemble des câbleurs du royaume, et ce, avant d'étendre son activité et se lancer dans la production locale. Ainsi, le 20 janvier 2015 TE Connectivity a officiellement ouvert sa première usine dans la Zone franche de Tanger. Le nouveau site marocain de TE fabrique des produits pour les applications automobiles et répond ainsi aux besoins croissants de toute la région EMEA (Europe, Moyen-Orient, Afrique).

TE Connectivity Tanger comprend trois unités de production :

- Assemblage des câbles.
- Moulage.
- Défense, Aerospace et sous-marine.

La figure suivante représente une image extérieure de l'entreprise TE Connectivity :



Figure 3 : TE connectivity, zone franche, Tanger

1.4 Organigramme de l'entreprise :

L'organisation de TE Connectivity s'articule autour de 5 entités rattachées au directeur général North Africa :

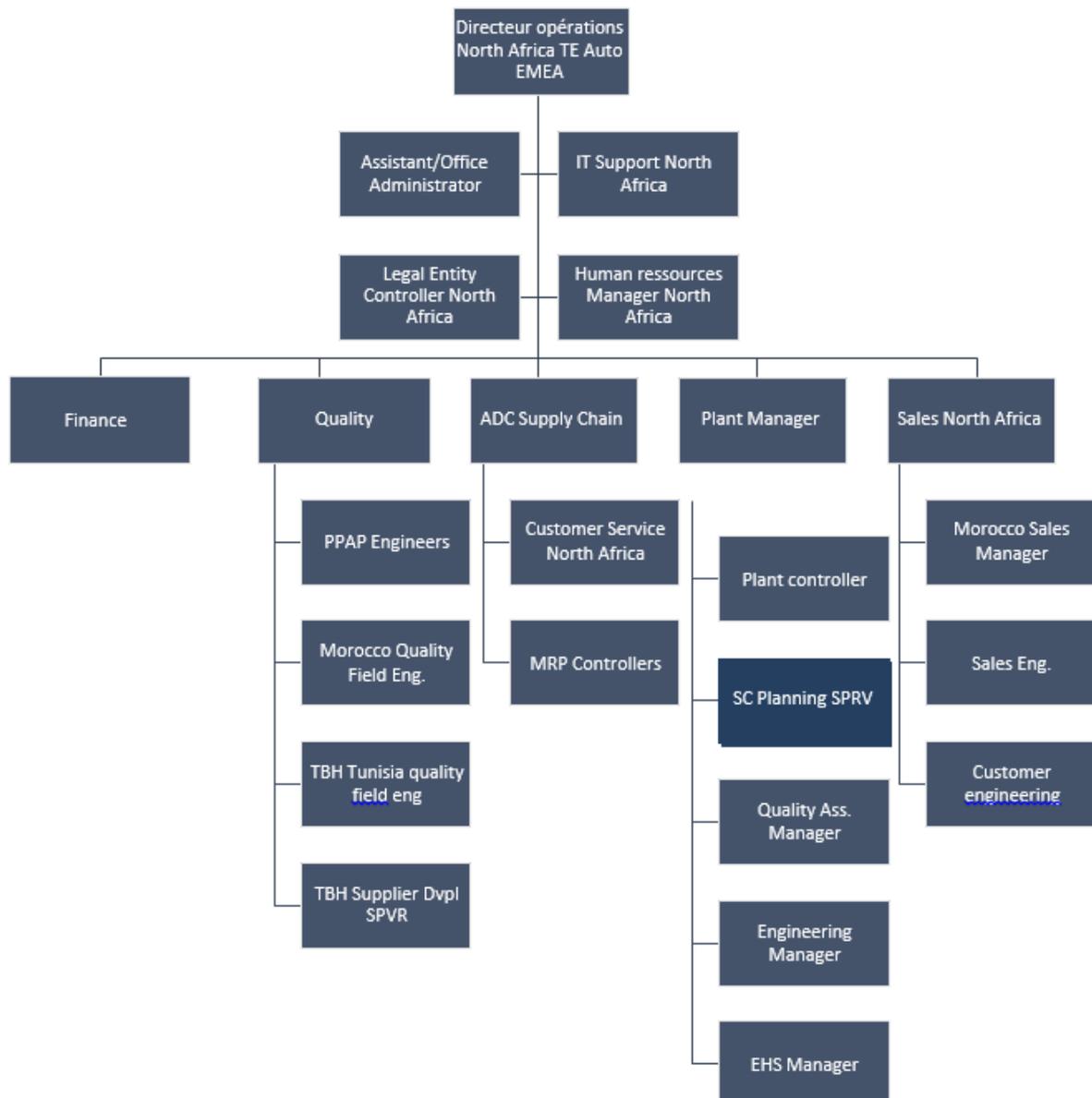


Figure 4 : Organigramme général de TE Connectivity Tanger Maroc

Chapitre 2 :

Contexte général du projet et mesure

2.1 Contexte général :

La société TE CONNECTIVITY Tanger spécialisée dans la fabrication des câbles pour l'industrie et des connecteurs, a connu dernièrement un nombre important d'incidents et d'avaries au niveau des machines de production. Ces incidents se manifestent par le déclenchement des protections différentielles, ce qui entraîne des retards et des pertes financières et nécessite à chaque fois le redémarrage des machines. Le déclenchement des protections différentielles arrive d'une manière aléatoire et parfois à la suite de microcoupures.

La société TE CONNECTIVITY a proposé d'effectuer un diagnostic de ce problème et proposer les solutions adéquates, c'est dans ce cadre s'inscrit mon stage.

2.2 Cahier des charges :

Rattaché au service qualité sous l'encadrement de superviseur de département qualité.

Tâche : Installation des trois analyseurs au niveau aux différents emplacements avec mesure du courant de fuite à la terre.

But : Identifier l'origine du problème de déclenchement des protections différentielles.

2.3 Diagramme GANTT :

Diagramme de GANTT ci-dessous représente la chronologie de la réalisation du projet

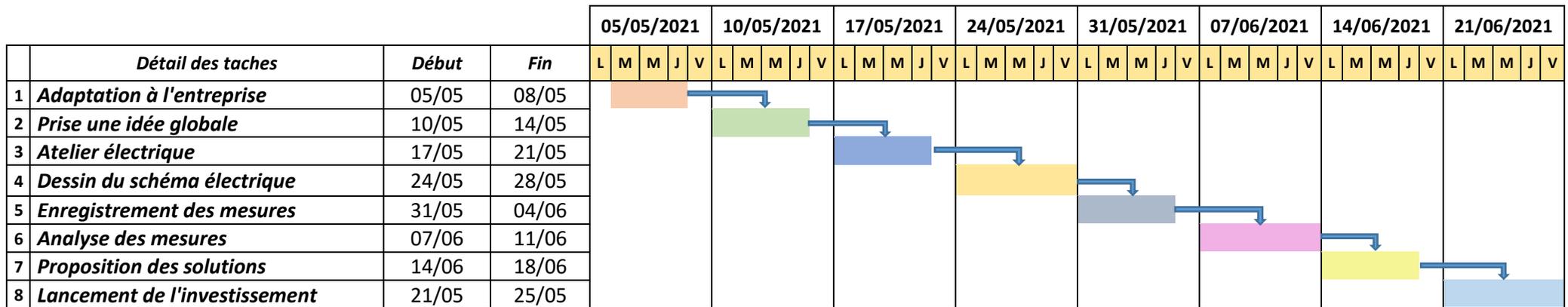


Figure 5 : Présentation de planning de la période de stage

2.4 Les intervenants au projet :

Encadrant académique du projet : Mr. AHAITOUF Ali Professeur à la faculté des sciences et techniques Fès.

Responsable du projet : Superviseur Qualité TE Connectivity Tanger, Maroc.

Pilotes du projet : Stagiaire de à la faculté des sciences et techniques Fès en génie électrique, ainsi que le responsable maintenance.

Chapitre 3 :

Outils et analyse des données

3.1 Données relatives à l'installation :

TE CONNECTIVITY site TFZ : Ce site est alimenté par un transformateur de puissance 630KVA, un deuxième transformateur est en cours d'installation. Le transformateur alimente le tableau général de basse tension TGBT principal, ce dernier alimente TGBT2 et TE assemblage, et le TGBT 2 alimente TGBT injection.

Pour voir l'origine du problème des déclenchements aléatoires on a effectué les mesures suivantes au niveau des trois emplacements : TGBT2, TE assemblage et TGBT injection.

3.2 Matériel utilisé :

Le matériel utilisé pour réaliser ces mesures :



Figure 6 : Analyseur de réseaux AR6 équipé d'une pince de mesure de courant de fuite ^{'4'}



Figure 7 : Analyseur de réseaux Myebox1500



Figure 8 : Analyseur de réseaux AR5L⁴



Figure 9 : Appareil de mesure de boucle de terre : COMBI421⁴

3.3 Outil 5s :

Les 5 S est une méthode d'organisation fondée sur 5 mots japonais dont la 1ère lettre commence par un S : Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu et Shitsuke.

C'est une démarche d'amélioration et de standardisation de l'environnement de travail. La définition de chacun des termes est présentés ci-après .L'amélioration de la propreté est encouragée, les outillages sont classés et les équipements obsolètes sont isolés. Les risques d'erreur qui altèrent la qualité du produit ou du service dans le procédé de réalisation sont minimisés.

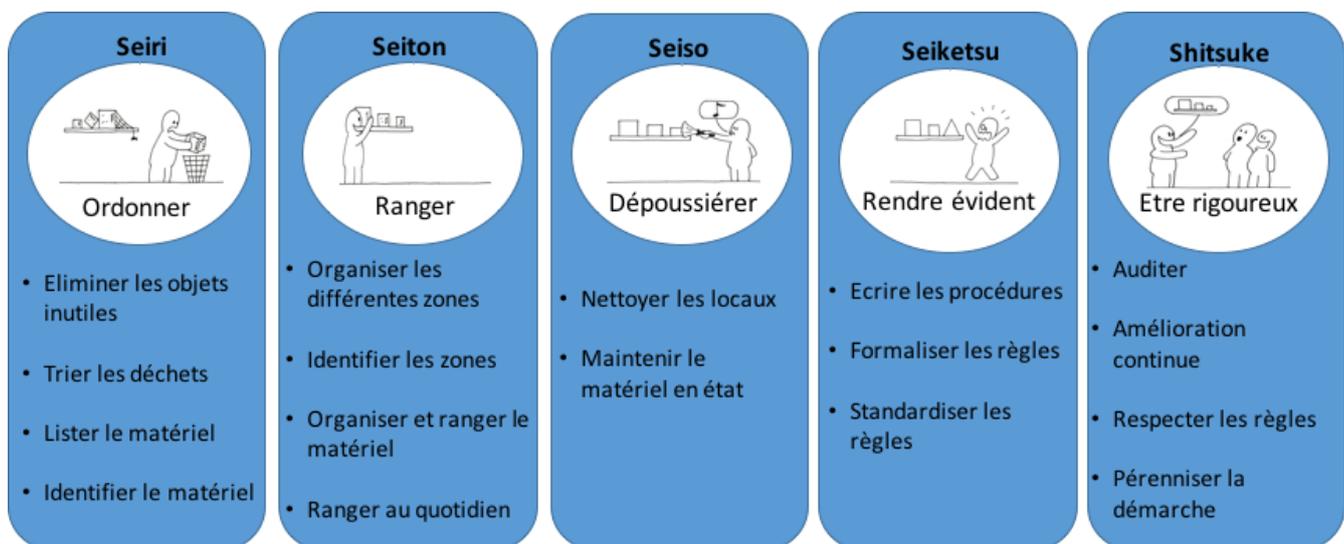


Figure 10 : Démarche 5s

3.3.1 Les objectifs du 5S :

- ✓ Rendre les problèmes visibles.
- ✓ Rendre le poste de travail évident, plus sûr, plus efficace et plus apte à produire la qualité requise.
- ✓ Rendre l'environnement de travail plus ergonomique et agréable, Donner une image positive de l'entreprise.

3.4 Schéma synoptique de l'installation :

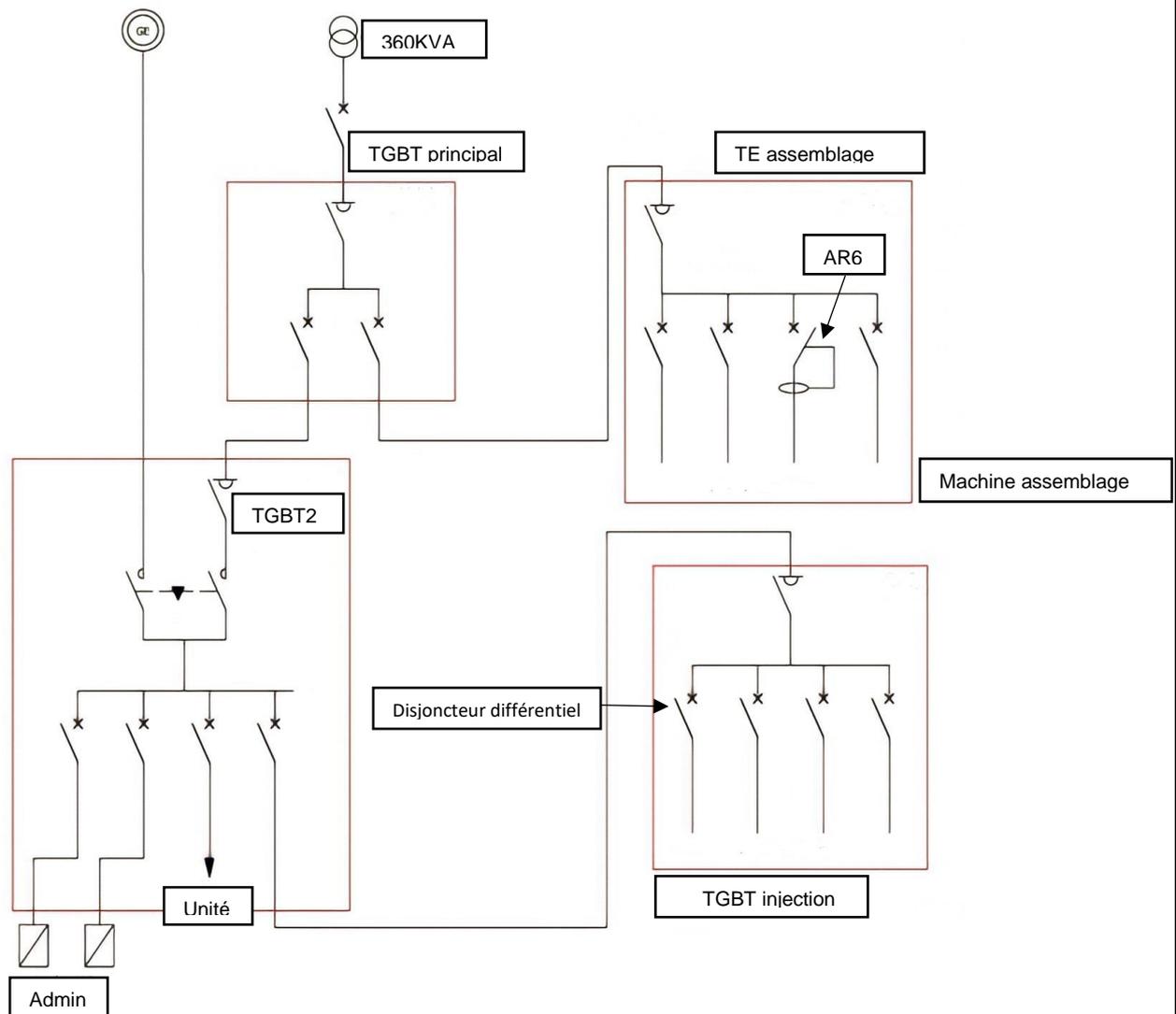


Figure 11 : Schéma de l'installation industrielle ⁽²⁾

Les machines de l'usine sont protégées par des disjoncteurs IC60N équipé de différentiel 300mA type AC.

3.5 Mesure de la boucle de terre :

Un courant de défaut va donc, par nature, chercher à rejoindre la terre (qui est au potentiel électrique 0V). Afin d'éviter qu'il circule dans un corps humain avec les conséquences connues et parfois dramatiques, on lui suggère un chemin direct vers la terre via les **fils électriques de couleur vert-jaune**.

3.5.1 Résultats de mesures de la boucle de résistance de terre :

Post			TE assemblage			Tableau administration		
Phase1	Phase2	Phase3	Phase1	Phase2	—	Phase1	Phase2	Phase3
1.75 ohms	3 ohms	1.3 ohms	2.01 ohms	2.89 ohms	—	4.01 ohms	7.14 ohms	6.69 ohms

Tableau 1 : Tableau de mesures

Les valeurs de la boucle de résistance de terre sont correctes. Elles restent en-dessous de 8 ohm (valeur maximale recommandée : 8 Ω).

3.6 Vérification des protections différentielles installées :

Le régime de neutre adopté au sein de l'usine TE Connectivity site TFZ étant de type TT (Schéma de liaison à terre) afin de protéger les personnes et le matériel pour des raisons de sécurité, toute partie conductrice d'une installation est isolé par rapport aux masses. Cet isolement peut se faire par éloignement, ou par l'utilisation de matériaux isolants. Mais avec le temps, l'isolation peut se détériorer (à cause des vibrations, des chocs mécaniques ou de la poussière). Ce défaut présente des risques pour les personnes, les biens mais aussi la continuité du service.

La figure en-dessous représente un interrupteur différentiel de type B utilisé dans l'installation de l'entreprise :



Figure 12 : Interrupteur différentiel

Des protections différentielles, sous forme d'interrupteurs différentiels ou de disjoncteurs différentiels ont été installées pour protéger les différents départs d'éclairage et d'alimentation des circuits et des machines.

Ces protections différentielles sont toutes de type AC. Par contre ce type de protection doit être exclusivement réservé aux installations domestiques et ne doit pas se retrouver dans les installations industrielles.

3.7 Analyse des mesures de TGBT2 :

Cette armoire est équipée d'une centrale de mesure PM5000 de marque Schneider, nous avons relevé les données instantanées suivantes :

Pmax	Qmax	THUmax	TDDI
421.5 KW	187 KVAR	13.3 %	21.1 %

Tableau 2 : Tableau de mesures TGBT2

Pmax : Puissance maximal

Qmax : Puissance réactive maximal

THUmax : Taux de distorsion harmonique maximal en tension

TDDI : Distorsion harmonique du courant de neutre

- Le taux de distorsion harmonique maximal en tension enregistré est trop élevé 13.3%. Il dépasse la limite maximale autorisée de 5% (par la norme IEEE519) On remarque également que le niveau de distorsion harmonique du courant de neutre est trop élevé TDDI = 21,1%.

Nous avons installé dans ce départ un analyseur de réseaux Myebox pour une durée de 24h pour mesurer la valeur du taux de distorsion harmonique

3.7.1 Analyse du taux d'harmonique de TGBT2 :

Le taux de distorsion harmonique (abrégié THD, total harmonic distortion en anglais) est un indicateur de la qualité du traitement de signal dans une installation électrique. Dans la pratique, on mesurait le taux plutôt par rapport à la valeur efficace globale du signal de sortie. La différence est minime tant que la valeur de la distorsion harmonique totale est faible.

Pour un signal Y distorsion harmonique totale :

$$THD = \sqrt{\sum_{h=2}^{h-H} \left(\frac{Y_h}{Y_1}\right)^2} = \frac{\sqrt{Y_2^2 + Y_3^2 + \dots + Y_H^2}}{Y_1}$$

h : Le rang de l'harmonique

H : rang harmonique maximal $25 < H < 50$

Y_h : La valeur efficace de l'harmonique de rang h du courant/ de la tension

Y_1 : Composante principale

H : le rang du dernier harmonique encore dans la bande passante.

Résultats de mesure :

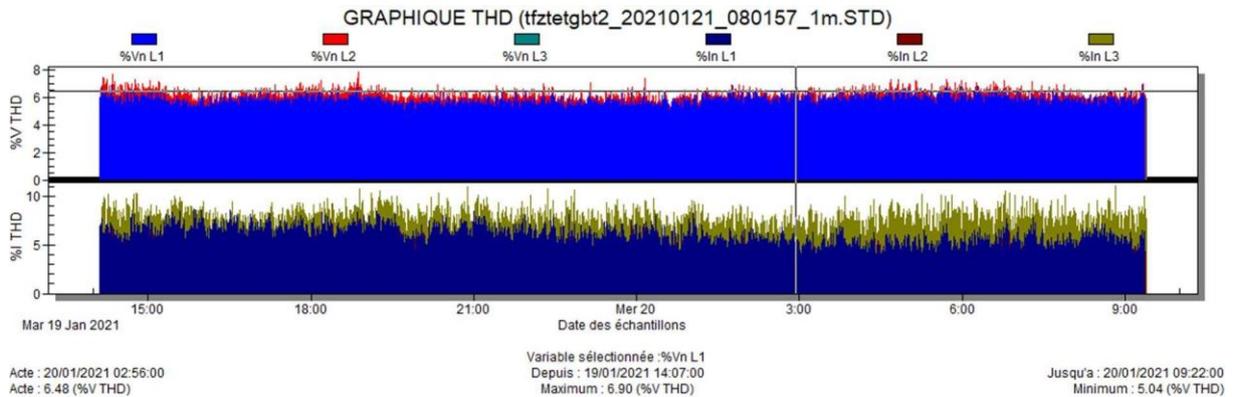


Figure 13 : Graphe de taux d'harmonique TGBT2

- Le taux d'harmonique en tension atteint 7%, il est trop élevé. Il dépasse la limite de 5% définie par la norme IEE519 . Le THD de courant est sensiblement élevé. Il est de l'ordre de 10%.

IEEE 519 signifie "Pratiques et exigences recommandées pour le contrôle des harmoniques dans les réseaux électriques».

3.8 Analyse des mesures TE Assemblage :

Nous avons mesuré ce départ à l'aide de l'analyseur de réseaux AR6 avec mesure du courant de fuite à la terre.

3.8.1 Analyse de courant TE Assemblage :

Nous avons fait cette mesure pour s'assurer de l'équilibrage entre les phases.

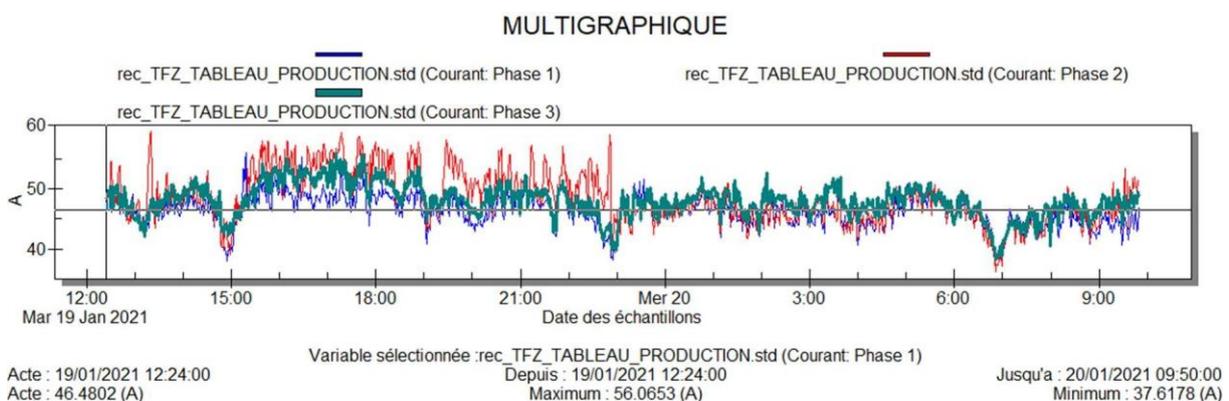


Figure 14 : Graphe de mesure de courant TE Assemblage

Le courant maximal atteint 56A. Nous remarquons le fort déséquilibre entre les phases dû à l'existence des charges monophasées.

Le TGBT alimente en grande partie des charges monophasées, même si le distributeur essaie de les répartir de manière homogène sur les trois phases. La variabilité de la consommation génère un déséquilibre du réseau.

3.8.2 Analyse du taux d'harmoniques TE Assemblage :

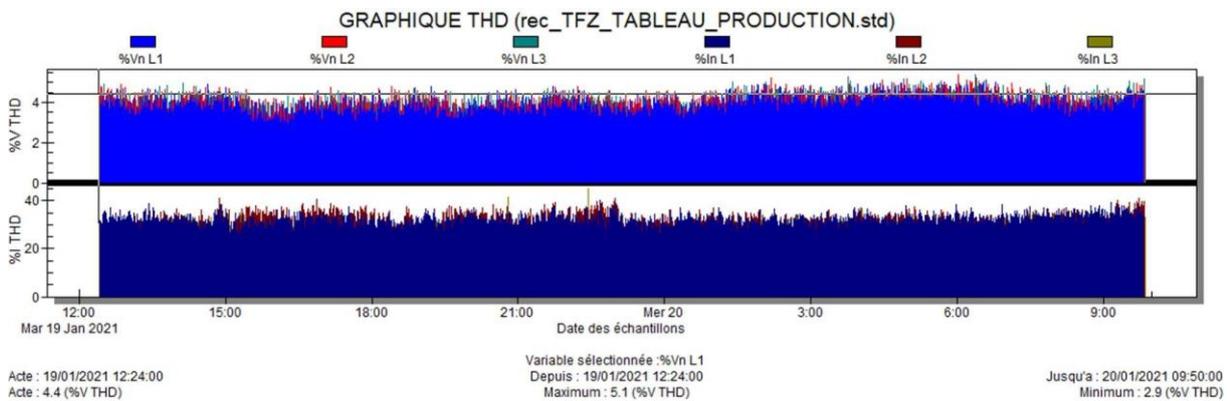


Figure 15 : Graphe de taux d'harmonique TE Assemblage

- Le taux d'harmonique en tension dans TE Assemblage atteint 5.1%, il est aussi assez significatif et dépasse légèrement la limite inférieure définie par la norme IEE519 qui est 5%. Le THD en courant aussi est très élevé. Il est de l'ordre de 40%

3.9 Analyse des mesures TGBT injection :

3.9.1 Analyse de courant :

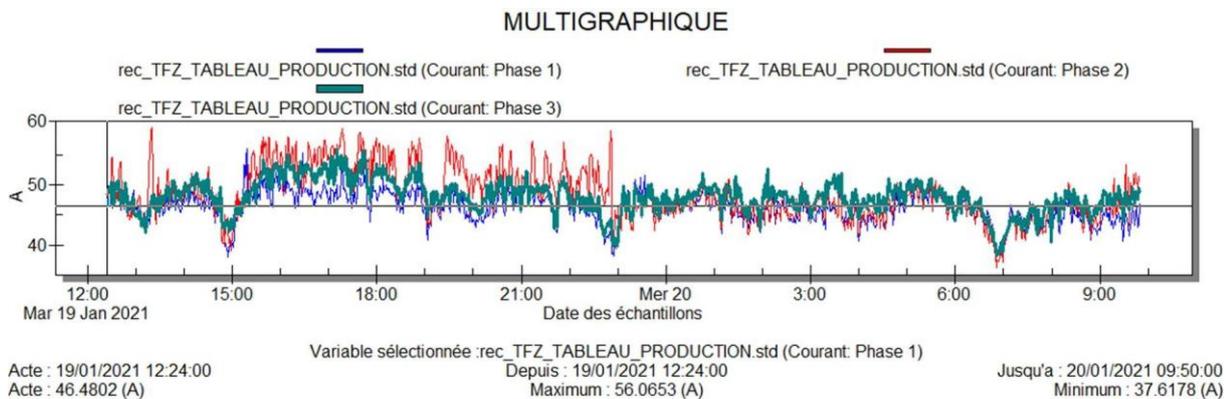


Figure 16 : Graphe mesure de courant TGBT injection

Le courant maximal : $I = 56A$.

Un fort déséquilibre entre phases dû à l'existence des charges monophasées nominales de 230V. Elle reste dans les limites fixées par la norme EN50160 (- 10% et +10%)

3.9.2 Analyse du taux d'harmoniques :

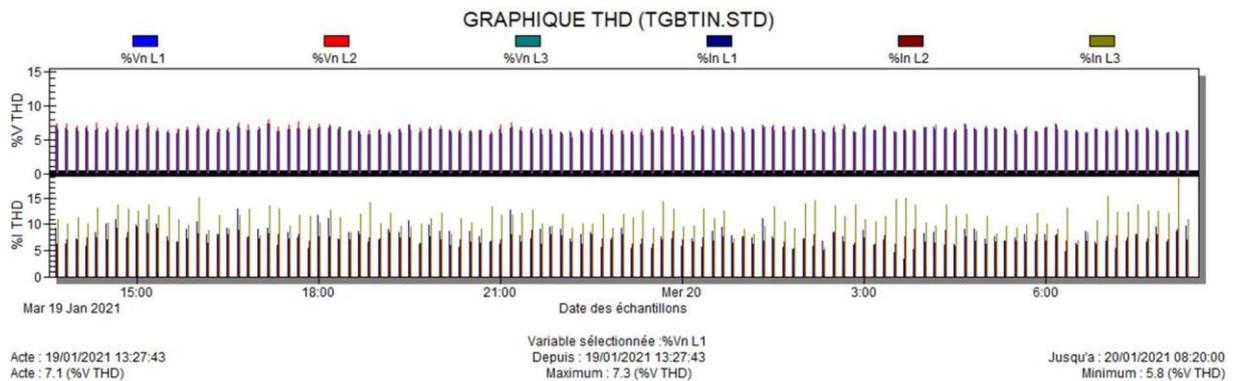


Figure 17 : Graphe taux d'harmonique TGBT injection

- Le taux d'harmonique en tension dans TGBT injection atteint 7.3%, il est élevé. Il dépasse largement la limite définie par la norme IEE519 qui est 5%. Le THD en courant est moyennement élevé, et d'ordre de 15%.

3.9.3 Analyse de la forme d'onde :

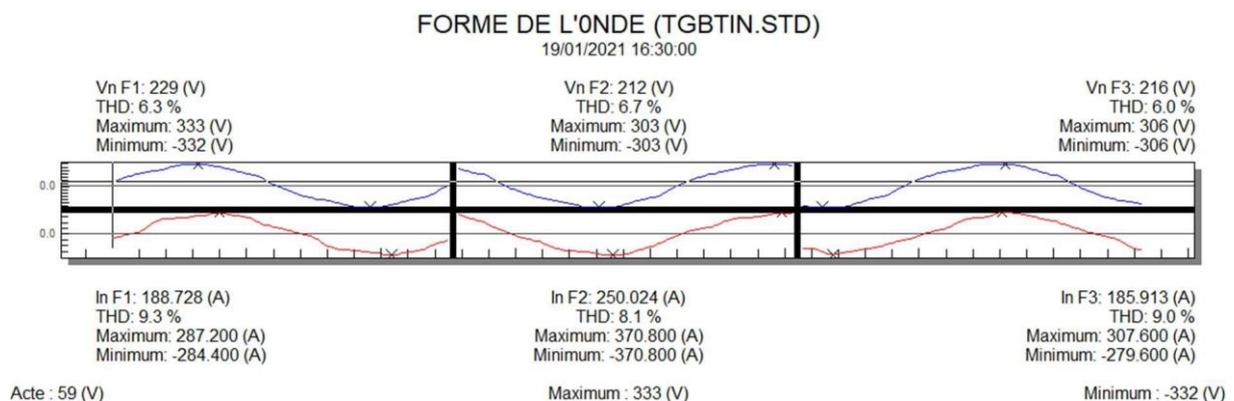


Figure 18 : Forme d'onde TGBT injection

L'onde de tension est déformée à cause du taux d'harmonique élevé qui est 6.7%.

Chapitre 4

Démarche de résolution

4.1 Description de problème :

Dans cette partie nous avons décrit le problème en utilisant l'outil QQQQCP, et pour cela nous avons essayé de pallier toutes formulations vagues ou abstraites, pour décrire la situation tout en gagnant en compréhension commune.

Qui ? *Qui sont les responsables ?	-Site TE Connectivity TFZ -Mr. Znakhi ahmed
Quoi ? *De quoi s'agit-il ? *Quels sont les éléments, actes ou faits qui caractérisent la situation ?	-5S - Faire des mesures sur terrain
Où ? *A quel endroit se sont réalisés les faits ?	-TE TFZ Tanger
Quand ? *A quel moment les faits ont-ils été réalisés ? *Quelles en sont la durée ?	- 05/05/2021 a 05/07/2021 -2 mois
Comment ? *Comment mesurer/résoudre le problème ?	-Faire des mesures -Analyse des données
Pourquoi ? *Quelles sont les causes ou les raisons particulières que l'on peut évoquer ?	- Améliorer la performance du site.

Tableau 3 : l'outil QQQQCP

4.1.1 L'outil QQQQCP :

Est un outil d'analyse simple et performant, cette technique d'analyse permet de comprendre une situation, de cerner un problème en scrutant tous ses aspects.

4.2 Conclusion :

Les différentes mesures et analyses ont permis de confirmer ce qui suit :

- Les valeurs des boucles de mise à la terre sont correctes et permettent le bon fonctionnement des protections différentielles et autres protections contre les surtensions.
- Le niveau de pollution harmonique de la tension est assez élevé au sein de l'usine, notamment au niveau des tableaux TGBT2 et TGBT Injection, avec un taux de distorsion harmonique de tension supérieur à 7%

	TGBT2	TE ASSEMBLAGE	TGBT INJECTION
THDU	6.3 %	5.1 %	7.5 %

Tableau 4 : Taux de distorsion harmonique de tension

Cette pollution harmonique est principalement générée par les charges internes de l'usine et non imposée par le réseau extérieur.

- Les protections différentielles installées actuellement, qui sont de type AC sont inappropriées en présence importante d'harmoniques de tension.

4.3 Solutions proposées :

4.3.1 Les protections différentielles type B :

Remplacer les protections différentielles actuelles par des protections différentielles de type B (selon la norme IEC 60755: General requirements for residual current operated protective devices) au niveau du TGBT principal, TE Assemblage, TGBT2 et TE injection.



Figure 19 : Disjoncteur différentiel de type B ³

En effet, les Disjoncteurs Différentiels de type B ont une courbe de réponse en fréquence spécifique conçue pour éviter les déclenchements intempestifs lorsque des courants résiduels à haute fréquence non dangereux sont présents dans l'installation, ainsi que les composantes DC continues. Ils sont particulièrement recommandés en présence de variateurs de fréquence monophasés, comme c'est le cas du site TE Connectivity. Afin que le coût ne soit pas trop élevé pour l'entreprise.

Disjoncteur différentiel	Type B
Tension (V)	230/400
Tension de choc (kV)	6
Tension d'isolement (V)	440
Courant d'emploi (A)	16 à 100
Fréquence (Hz)	50/60
Pouvoir de coupure et de fermeture différentiel assigné (A)	1500

Tableau 5 : Caractéristique de disjoncteur différentiel type B ^{'4'}

4.3.2 Les filtres actifs d'harmoniques :

Installer des filtres actifs d'harmoniques au niveau des deux TGBT de l'usine afin de réduire le taux de distorsion en courant pour éviter les surcharges en améliorant la forme d'onde.

En effet, les filtres actifs d'harmoniques Ce sont des systèmes électroniques de puissance installés en série ou en parallèle avec la charge non-linéaire, visant à compenser soit les tensions harmoniques, soit les courants harmoniques générés par la charge.

La figure 20 donne un exemple de filtre actif parallèle compensant le courant harmonique ($I_{har} = -I_{act}$). Le filtre actif réinjecte en opposition de phase les harmoniques présents sur l'alimentation de la charge, de telle sorte que le courant de ligne I_s soit sinusoïdal.

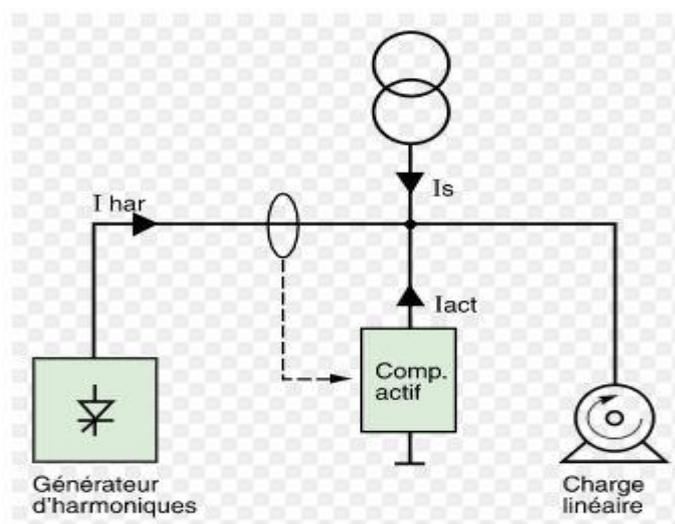


Figure 20 : Principe d'utilisation d'un filtre actif ^{'5'}

4.3.3 Parafoudres :

Installer des parafoudres de type 2 dans toutes les armoires divisionnaires et les TGBT afin de protéger les machines contre les surtensions transitoires dues aux interruptions brusques du courant (microcoupures, creux de tension), démarrages des machines et autres sources de surintensités (court-circuit)

Un parafoudre est un appareil de protection électronique qui se comporte comme une impédance variable en fonction de la tension à ses bornes :

- en fonctionnement normal le parafoudre est vu comme un circuit ouvert par le reste de l'installation
- au moment du coup de foudre, le parafoudre devient passant (augmentation importante et rapide de la tension). Le rôle du parafoudre

Le parafoudre de type 2 est la protection principale de toutes les installations électriques basse tension. Installé dans chaque tableau électrique, il évite la propagation des surtensions dans les installations électriques et protège les récepteurs. Les parafoudres de type 2 sont caractérisés par une onde de courant 8/20 μs pour caractériser les ondes de courants de coup de foudre indirect.

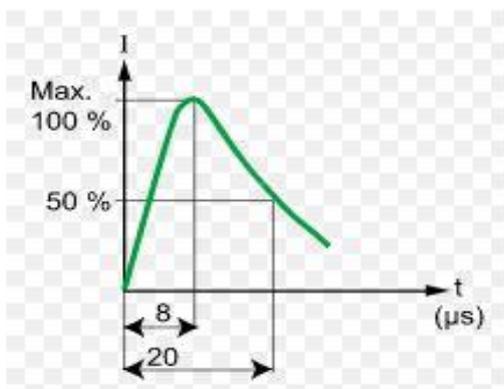


Figure 21 : Onde de courant 8/20 μs ^{'5'}



Figure 22 : Parafoudre type 2 ^{'5'}

- ✚ Finalement TE Connectivity est convaincu par les solutions proposées à l'aide de l'étude détaillée, et décidé de lancer son investissement d'estimation de 305 194,00 MAD pour résoudre le problème de stabilisation du réseau électrique de site TE TFZ. Ci-dessous les devis de l'investissement.

4.4 Devis :

Site TFZ :

Poste	Désignation	Prix	Qte	Prix Total
01	Fourniture des interrupteurs différentiels Type B super immunisé calibre 40A 300mA de marque CIRCUTOR. Référence : IDB-4-4P-40A-300mA	2 638,00	24	63 312,00
02	Fourniture des interrupteurs différentiels Type B super immunisé calibre 63A 300mA de marque CIRCUTOR. Référence : IDB-4-4P-63A-300mA	2 806,00	47	131 882,00
03	Fourniture parafoudre Type 2 VAL-SEC-T2-3S-350-FM	2 000,00	44	88 000,00
04	Fourniture des accessoires , câblage , travaux	22 000,00	1	22 000,00
TOTAL HT				305 194,00 MAD

Tableau 6 : Fourniture installation des solutions proposées

Conclusion et perspectives :

En guise de conclusion, je suis satisfaite de ce projet de fin d'étude puisque j'ai atteint les objectifs. En effet ce PFE m'a permis d'acquérir et d'apprendre à maîtriser les outils électriques utilisés pour l'étude d'une installation électrique industrielle des entreprises.

L'objectif en première lieu visé du projet, c'était la stabilité du réseau électrique, un sujet que j'ai trouvé important, et qui a servi sans aucun doute dans l'amélioration de mes connaissances surtout dans le domaine de l'électricité.

Pour mener à terme ce projet, dans un premier temps on a étudié le schéma électrique de l'installation de l'entreprise que j'ai dessiné à l'aide du logiciel Shemaplic, et faire plusieurs mesures au niveau de l'installation électrique commençant par la méthode 5S afin de connaître la source de problème.

En deuxième temps, on a analysé les données des mesures de l'installation et arrivé à proposer des solutions adéquates pour résoudre le problème, aussi on a suivi le lancement de l'investissement fait par le site TE TFZ.

Cette expérience professionnelle que j'ai vécue m'a poussé à adhérer aux valeurs de l'entreprise et à développer certains traits de ma personnalité, du sens de l'organisation et de responsabilité à la rigueur et la ponctualité en passant par l'esprit d'équipe et la curiosité.

Webographie

Site de Fst Fès : <https://fst-usmba.ac.ma/>

Site de TE Connectivity : <https://www.te.com/usa-en/home.html> ^{'1'}

Site de Schneider Electric : <https://www.se.com/ma/fr/> ^{'3'}

Site Web éducation : https://xn--webducation-dbb.com/tag/electricite/?order=most_viewed ^{'4'}

Site de Wiki installation électrique : <https://fr.electrical-installation.org/frwiki/Accueil> ^{'5'}

Site de logiciel Schemaplic : <https://www.schemaplic.fr/> ^{'2'}