



Université Sidi Mohamed Ben Abdellah  
Faculté des Sciences et Techniques de Fès  
Département de Génie Industriel



Mémoire de Projet de fin d'étude

Préparé par

**BAIZ Amine**

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat

Spécialité : Ingénierie en Mécatronique

Intitulé

Etude Technique et repérage d'installation électrique de la société & Dimensionnement d'un transformateur avec une nouvelle répartition de l'énergie

Lieu : STELIA Maroc

Réf : 2 /IMT17

Soutenu le Mardi 20 Juin 2017 devant le jury :

- Pr. Tahri (Encadrant FST)
- Mr. SAFI (Encadrant Société)
- Pr. Ouazzani (Examineur)
- Pr. Rjeb (Examineur)

Année Universitaire 2016-2017

## Dédicaces

---

---

*Je dédie ce travail à :*

*À mes chers parents, en témoignage de ma gratitude, si grande qu'elle puisse être, pour tous les sacrifices qu'ils ont consentis pour mon bien être et le soutien qu'ils m'ont prodigué tout le long de mon éducation ;*

*À mes frères, pour leur encouragement et leur bonté qu'ils m'ont accordé, j'exprime ma profonde reconnaissance et mon grand respect ;*

*Que dieu, le tout puissant, les préserve et les procure santé et longue vie ;*

*À tous mes amis, qu'ils trouvent en ce travail, l'hommage de ma gratitude, qu'aucun mot ne saurait l'exprimer, pour leur attachement durant ces longues années ;*

*A Mr Tahri Driss, Mr SAFI Sadik pour leur soutien et leur encouragement, après toutes les impasses que j'ai traversées... ;*

*À toute ma famille, mes amis et tous ceux que j'aime, Je dédie ce travail, expression de mon grand amour avec tous mes vœux de bonheur et de prospérité ;*

*À tous le corps professoral de l'FST de Fès ;*

*À mes Camarades de stage qui ont toujours été là pour moi, ceux qui ont su me soutenir et me porter conseil quand j'en avais le plus grand besoin, à ceux que j'aime.;*

*A tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin, je leurs dédie cet humble travail en reconnaissance de leur inestimable soutien durant ce long parcours.*

**BAIZ Amine**

# Remerciement

---

---

Ce n'est pas parce que la tradition exige que cette page se trouve dans ce rapport, mais parce que ceux à qui s'adressent nos remerciements le méritent vraiment.

Je tiens à exprimer mon sincère et profonde gratitude ainsi que toute ma reconnaissance à Monsieur SAFI Sadik, chef de service du département Gestion des moyens Technique ainsi que pour la direction de STELIA Maroc, qui nous ont permis de bénéficier d'un stage au sein de leur mémorable société.

Par la même occasion, j'adresse mes vifs remerciements et ma respectueuse gratitude à l'équipe de MGX (Service Moyen Généraux) pour l'attention qu'il a toujours manifesté à mon égard et pour les recommandations, pour leurs précieuses informations et leurs encouragements durant ma période de stage.

Au terme de mon projet de fin d'études, je tiens non seulement comme devoir, mais par grand respect et une profonde gratitude à remercier TAHRI Driss mon cher professeur de la Fst de Fès qui nous a utilement guidé au cours de ce travail.

Et, je ne saurais clore ce renseignement sans un mot de gratitude à l'ensemble des professeurs de la section IMt (ingénierie en Mécatronique) ainsi que les professeurs du département Génie industriel pour le savoir-faire qu'ils nous ont procuré.

Mes profonds remerciements à tous les membres de Jury qui ont accepté d'évaluer ce travail.

Que tous ceux et celles ayant contribué, de près ou de loin, à l'accomplissement de ce travail, trouvent l'expression de nos remerciements les plus chaleureux.

# Sommaire

Dédicaces .....	I
Remerciement.....	II
Liste des tableaux .....	VI
INTRODUCTION GENERALE.....	1
<b>Chapitre 1 : Présentation d'organisme d'accueil &amp; Analyse du besoin .....</b>	<b>1</b>
I. Présentation de l'entreprise .....	2
1. Présentation du groupe AIRBUS. ....	2
2. Groupe SOGERMA .....	2
3. Création de STELIA AEROSPACE .....	3
3.1. Présentation de STELIA AEROSPACE .....	4
3.2. Organigramme STELIA .....	5
3.3. Métiers de STELIA AEROSPACE : .....	5
3.4. Composite .....	6
3.4.1. Présentation du processus composite.....	7
3.4.2. Etapes du processus de fabrication .....	7
3.4.2.1. Drapage.....	7
3.4.2.2. Polymérisation .....	7
3.4.2.3. Usinage .....	8
3.4.2.4. Peinture.....	8
3.4.2.5. Finition.....	8
II. Problématique et Périmètre du projet.....	8
1. Besoin Future .....	10
2. Résultats de calcul.....	11
3. Implantation de STELI Maroc avec les besoins futurs.....	12
<b>Chapitre 2: Etude Technique de l'installation électrique &amp; dimensionnement du transformateur....</b>	<b>13</b>
I. Présentation de Poste électrique .....	13
1. Introduction.....	13
2. Fonctions du poste électrique.....	13
3. Les types et constituants du poste électrique.....	14
3.1. Les types de postes électriques.....	14
3.2. Les éléments d'un poste .....	14
3.2.1. Les éléments primaires qui sont les équipements haute-tension.....	14
3.2.2. Les éléments secondaires qui sont les équipements basse tension.....	14
4. Poste de transformation Moyenne Tension(MT)/Basse Tension(BT): .....	15
4.1. Description .....	15
4.2. Description des Transformateurs 630 KVA/1000KVA.....	15
3.2.1. Description : .....	16
4.3. Cellule de protection Moyen tension.....	17
4.3.1. Description.....	17

5.	Bilan de puissance.....	18
5.1.	Transformateur 1000 KVA/630 KVA.....	18
5.1.1.	Généralité.....	18
5.1.2.	Puissance d'utilisation Pu (kVA) .....	18
5.1.3.	Facteur d'utilisation maximale (ku) .....	18
5.1.4.	Facteur de simultanéité (ks).....	19
5.1.5.	Facteur de simultanéité pour les armoires de distribution .....	19
5.1.6.	Facteur de simultanéité en fonction de l'utilisation.....	20
5.2.	Inventaire des équipements par rapport à leur source d'alimentation .....	21
5.3.	Méthodes de calcul et collecte des données .....	22
5.3.1.	Interprétations des résultats .....	25
5.4.	Tableau des résultats du transfo 630 KVA.....	26
5.4.1.	Interprétation des résultats .....	28
6.	Dimensionnement du nouveau transformateur.....	30
6.1.	Choix de transformateur .....	30
6.2.	Détermination des calibres In de disjoncteur principale.....	31
6.3.	Dimensionnement de câble .....	32
6.3.1.	Logigramme de détermination de la section minimale:.....	32
<b>Chapitre 3: Repérage, élaboration des schémas unifilaires de l'installation électrique et répartition d'énergie.....</b>		<b>38</b>
I.	Schématisation de la société à l'aide de logiciel Visio.....	38
II.	Repérage des armoires électrique.....	38
1.	Appareillage .....	38
2.	Mythologie suivie pour le repérage.....	39
2.1.	Implantation de la société avec localisation des armoires électrique .....	40
2.2.	Reference des armoires existant dans la société. ....	41
2.3.	Organigramme du transformateur de 1000 KVA .....	38
2.4.	Organigramme du transformateur de 630 KVA.....	39
3.	Schéma unifilaire .....	40
3.1.	Généralité .....	40
•	Exemple de schéma unifilaire de transformateur 1000 KVA .....	43
3.2.	Schéma unifilaire de transformateur 1000 KVA avec le logiciel AutoCAD.....	45
3.3.	Schéma unifilaire de transfo 630 KVA avec le logiciel AutoCAD .....	47
4.	Repérage des composants des armoires électriques .....	48
4.1.	Exemple d'une armoire repérée à STELIA Maroc.....	49
5.	Répartition approprié des trois transformateurs .....	50
5.1.	Analyse de l'existant .....	50
➤	Résultat.....	52
Conclusion.....		<b>53</b>
Perspective .....		<b>54</b>

## Liste des figure

Figure 1: Fusion de groupe sogerma et Aerolia et création de Stelia.....	3
Figure 2 : Fiche signalétique d'EADS .....	4
Figure 3: Organigramme STELIA .....	5
Figure 4: Maintenance ET support équipement .....	6
Figure 5 : Atelier Aérostructure métallique .....	6
Figure 6 : Atelier Composite .....	6
Figure 7: Les besoins futurs de STELIA MAROC .....	10
Figure 8: Implantation futur de STELIA MAROC .....	12
Figure 9: Schéma d'un réseau électrique .....	13
Figure 10 : Caractéristiques du Transformateur 630 KVA .....	15
Figure 11 : Caractéristiques du Transformateur 1000 KVA .....	16
Figure 12 :Description de cellule de protection des deux Transformateurs 1000 KVA/630KVA .....	17
Figure 13 : Facteur de simultanéité pour armoire de distribution (CEI 60439 et NF C 63-410).....	19
Figure 14: Ks par nombre de départ d'une armoire .....	20
Figure 15 : Inventaire des charges de la société .....	21
Figure 16 : Cycle de Température en fonction du temps d'un Etuve .....	22
Figure 17 : Puissance à soustraire du Transformateur 1000 KVA .....	25
Figure 18 : Puissance à soustraire du transformateur 630 KVA .....	28
Figure 19 : Logigramme de choix de la section .....	32
Figure 20 : Logigramme de choix de la section minimale .....	33
Figure 21 : Schéma simplifié d'un réseau .....	36
Figure 22 : Implantation de STELIA MAROC avec localisation des armoires .....	40
Figure 23 : Organigramme du transformateur de 1000 KVA .....	38
Figure 24 : Organigramme du transformateur de 630 KVA .....	39
Figure 25 : Symbole d'Appareillage d'installation .....	41
Figure 26 : Schémas unifilaire d'une armoire électrique .....	43
Figure 27 : Schéma unifilaire de transformateur 1000 KVA .....	45
Figure 28 : Schéma unifilaire de transformateur 1000 KVA .....	47
Figure 29 : La Dymo pour étiqueter le tableau électrique .....	48
Figure 30 : Armoires repérées à STELIA Maroc .....	49
Figure 31 : Localisation des Trois transformateurs triphasés.....	50
Figure 32 : Le déplacement des deux départs vers le transformateur 1000 KVA .....	51
Figure 33 : Enlèvement de trois départs du circuit du transformateur 1000 KVA.....	52
Figure 34 : Transformateur immergé dans l'huile .....	56
Figure 35 : Caractéristiques électriques de Gamme des transformateur .....	57
Figure 36 : Dimension et masse de Gamme des transformateur Novar .....	57

## Liste des tableaux

Tableau 1: Résultat de calcul des besoins .....	11
Tableau 2 : Courants et puissances consommés pour des tubes d'éclairage fluorescents de dimensions courantes.....	23
Tableau 3 : Bilan de puissance de transformateur 1000 KVA .....	24
Tableau 4: Puissances normalisées d'un Transformateur HTA/BT .....	25
Tableau 5 : Bilan de puissance de Transformateur 630 KVA .....	26
Tableau 6 : Bilan de puissance de Transformateur 630 KVA (suite).....	27
Tableau 7 : Bilan de puissance d'éclairages.....	29
Tableau 8 : Puissance totale .....	30
Tableau 9 : Les valeurs de K selon le type de l'âme et la nature de l'isolant.....	35
Tableau 10 : Formules de calcul du courant de court-circuit .....	36
Tableau 11: Référence des armoires .....	41
Tableau 12 : Comparaison des pertes des transformateurs sec et émergé.....	56
Tableau 13 : Puissance à enlever du transfo 630 KVA .....	65
Tableau 14 : Puissance à enlever du transfo 1000 KVA .....	65

## Liste des abréviations

TC : Transformateur de Courant  
TT : Transformateur de Tension  
THT : Très Haute Tension  
HT : Haute Tension  
MT : Moyenne Tension  
BT : Basse Tension  
VA : Volt Ampère  
CC : Court-Circuit  
CEI : Commission Électrotechnique Internationale  
Ke : Coefficient d'extension  
KVA : kilo volte Ampère  
KU : Facteur d'utilisation maximale  
KS : facteurs de simultanéité  
PU : Puissance d'Utilisation  
TGBT : Tableau Général Basse Tension  
ATR : Avions de transport régional  
DGPT2 : Détection Gaz Pression Température 2 seuils  
CEI : Comité Européen de Normalisation  
NF : Norme Française  
BS: British Standard  
EN: Européen norme

## INTRODUCTION GENERALE

Le stage PFE est une expérience très enrichissante et instructive permettant d'avoir un contact avec le monde professionnel, de se familiariser avec ce dernier, et surtout de concrétiser les compétences acquises pendant la formation.

A cette occasion, j'ai effectué mon Stage de Fin d'étude d'une durée de trois mois et demi au sein de la société STELIA MAROC. Cette dernière est une entreprise industrielle qui fait la fabrication métallique et composite. Pendant la période du stage j'étais affecté au département MGX (Gestion des moyens généraux) qui intervient et communique avec tous les services.

Le projet consiste à effectuer l'étude de l'installation électrique de la société et son amélioration. En effet un repérage de l'installation est très important et en plus une élaboration du schéma unifilaire générale de la société. Une répartition appropriée d'énergie doit être faite à la sortie et avec l'ajout d'un nouveau transformateur qui devra être dimensionner en tenant compte des équipements futurs. Un calcul de puissance doit être fait en analysant la consommation actuelle.

Le chapitre 1 sera consacré à la présentation de l'établissement d'accueil STELIA MAROC, qui a mis à disposition tout ce qui est nécessaire pour la réussite du projet, ainsi qu'une présentation du problématique du projet de stage avec une analyse de besoin.

Le chapitre 2 présente d'une part une étude de l'état actuelle de l'installation électrique qui va nous servir à élaborer les bilans de puissances des sources qui alimentent l'installation électrique de la société, d'autre part on essaiera d'adopter les résultats obtenus qui résulte d'un calcul de puissance à soustraire des deux transformateurs. En plus, Il faut dimensionner le nouveau transformateur qui va couvrir le besoin en énergie des équipements futurs.

Le chapitre 3 consiste à établir les différents schémas et dessins nécessaires de l'installation électrique en faisant un repérage total des armoires ainsi que les départs terminaux de chaque un des consommateurs existant que soit un disjoncteur différentielle ou générale, sectionneur, relais thermique, fusible ...

Une répartition appropriée d'énergie doit être faite à la sortie du transformateur (1000KVA,630 KVA).

## Chapitre 1 : Présentation d'organisme d'accueil & Analyse du besoin

Le premier chapitre est un chapitre de présentation et de l'organisme d'accueil au sein duquel j'ai effectué mon projet de fin d'études. Une présentation sera faite du groupe Airbus, son historique, ainsi que ses filiales et la création de STELIA Maroc (Ex Maroc Aviation). Pour entamer ensuite le contexte général du projet, la problématique ainsi que les principaux objectifs à atteindre.

## **I. Présentation de l'entreprise**

### **1. Présentation du groupe AIRBUS.**

Le groupe Airbus (Airbus group) est un groupe industriel européen présent dans le secteur aéronautique et spatial civil et militaire. Créé en 2000 par la France, l'Espagne, les groupes Lagardère SCA et Daimler AG avec le nom d'European Aeronautic Defence and Space company. EADS est créée le 10 juillet 2000 par la fusion de trois entreprises européennes :

- L'allemand DASA ;
- Le français aérospatiale-Matra, issu de la fusion de Matra et d'aérospatiale ;
- L'espagnol CASA;

Cette création répond à la volonté des européens de disposer d'un groupe industriel de puissance mondiale, capable de rivaliser, entre autres, avec Boeing.

### **2. Groupe SOGERMA**

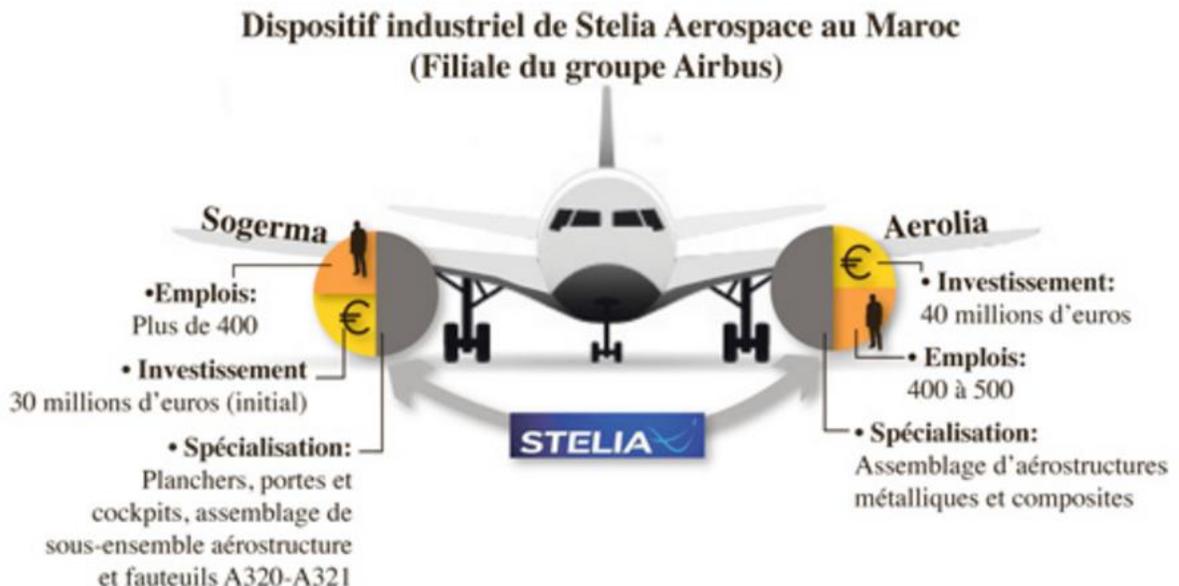
SOGERMA est une entreprise spécialisée dans le domaine de l'aéronautique. Elle est à 100% filiale de l'Airbus Group. La création de SOGERMA date de 1924, ce qui traduit sa longue expérience dans le domaine aéronautique. Le chiffre d'affaire du groupe Sogerma s'est monté en 2013 à : 533.5 millions d'euros. Positionné sur les projets d'aviation commerciale, militaire et d'affaires, Sogerma assure la conception, le design et la fabrication de produits innovants pour les éléments d'aérostructure (métallique et composite), les cockpits (les sièges des pilotes) et l'aménagement des cabines d'avions. Sogerma compte trois filiales synergiques, complémentaires et multi-spécialistes afin de proposer une offre complète à ses clients :

- Composites Atlantic Limited (Lunenburg – Canada),
- Composites Aquitaine (Salaunes – France),
- Maroc Aviation (Casablanca – Maroc).

### 3. Création de STELIA AEROSPACE

Aerolia est une filiale française du groupe Airbus créée en 2009 et spécialisée dans les aérostructures et la conception-production de fuselages d'avions. L'entreprise produit chaque année plus de 600 ensembles complets avions et plus de 6 millions de pièces élémentaires. Les principaux clients d'Aerolia sont Airbus et Bombardier. Cette entreprise a été absorbée par le groupe SOGERMA pour donner naissance à une fusion de grande envergure à l'échelle internationale à ces filiales d'Airbus Group.

Sogerma et Aerolia, détenues à 100 % par le groupe d'aéronautique et de défense européen, se sont fusionné au 1er janvier 2015. Stelia Aerospace est née du regroupement de ces deux filiales marocaines d'Airbus. Spécialisé en aérostructures et équipements de fuselage, ce nouveau-né de l'industrie marocaine, un géant de l'équipement aéronautique, assemblera des sous-ensembles d'avions Airbus. Ce groupe emploiera 400 personnes (unité Sogerma) et 400 à 500 personnes (unité Aerolia) pour un investissement de l'ordre de 40 millions d'euros (Pour l'unité Aerolia) et 30 millions d'euros (pour l'unité Sogerma) comme le montre la figure ci-dessous. Les activités industrielles de cette nouvelle entité d'Airbus Group au Maroc devraient générer, à terme, « un chiffre d'affaires prévisionnel combiné de plus de 60 millions d'euros ».



*Figure 1: Fusion de groupe sogerma et Aerolia et création de Stelia*

### **3.1.Présentation de STELIA AEROSPACE**

Maroc aviation a été créé en 1951 pour assurer la maintenance des équipements avioniques des forces françaises basées au Maroc. Elle a par la suite, mis son expérience au service des Forces Royales Air Marocaine et du Groupement Aérien de la Gendarmerie Royale à partir des années 1970. Ce n'est qu'en 1993 que Maroc Aviation deviendra la filiale du groupe Sogerma.

Elle a ensuite progressivement développé des compétences dans le domaine de la fabrication métallique, composite et du câblage des fameux hélicoptères de combats TIGRE d'Eurocopter, pour devenir un sous-traitant reconnu des grands donneurs d'ordres du monde aéronautique en 2002. En 2003, elle lance la fabrication des pièces avioniques en composites. Cinq ans plus tard l'entreprise met fin au contrat de l'activité de câblage avec Eurocopter tout en gardant la fabrication avec la Sogerma. Depuis 2010, Maroc Aviation se porte principalement sur le marché des éléments composites notamment pour la gamme ATR.

Ses installations récentes sur la zone Aéroportuaire de Casablanca lui permettent aujourd'hui de valoriser son savoir-faire et de bénéficier d'un potentiel de développement important.

Les clients au Maroc sont : Les Royales Air Forces, la Marine Royale et la Gendarmerie Royale. Quant au client à l'export : Le groupe Sogerma, Airbus et ATR.

De nombreuses données associées à l'entreprise d'EADS STELIA MAROC sont regroupées dans la fiche signalétique suivante.

**Raison sociale : STELIA AEROSPACE MAROC**

**Forme juridique : société anonyme**

**Capitale : 42 952 300 DH**

**Patente : 314013**

**Code fiscale : 01620315**

**Type d'activité : fabricants, distributeur**

**Siège sociale : Aéroport MED 5 20240 Nouasseur**

*Figure 2 : Fiche signalétique d'EADS*

### 3.2. Organigramme STELIA

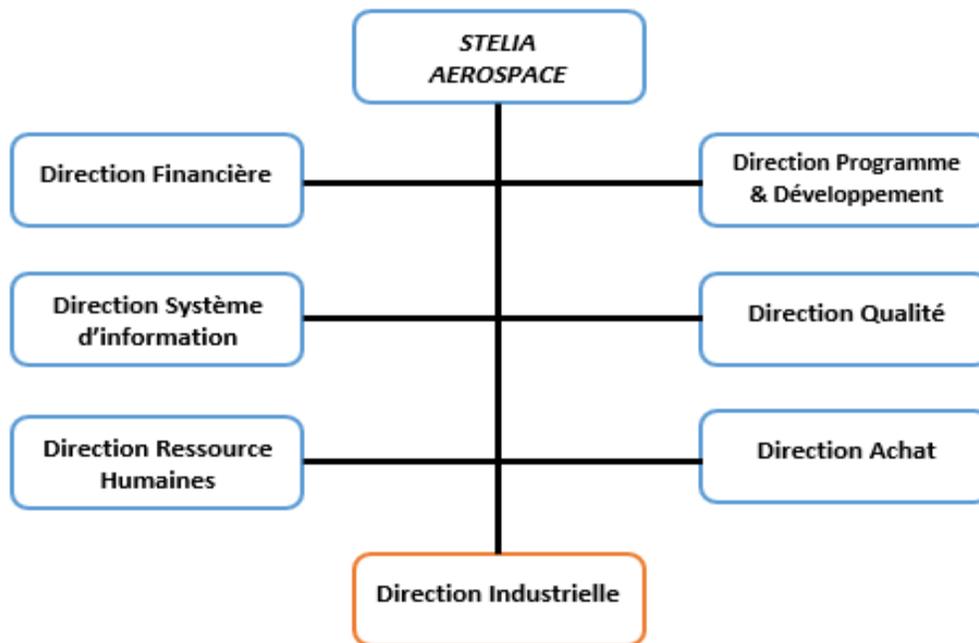


Figure 3: Organigramme STELIA

### 3.3. Métiers de STELIA AEROSPACE :

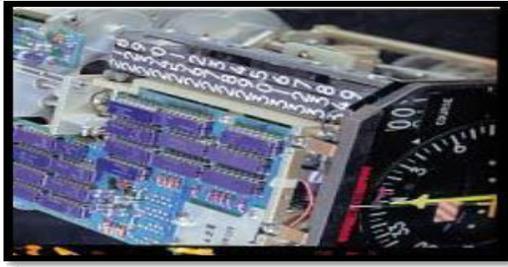
Stelia Aerospace possède 3 domaines d'activité, on dénombre

- Maintenance équipement militaires.
- Aérostructure métallique.
- Aérostructure composite.

#### Maintenance et support équipement:

L'atelier de maintenance a pour vocation la réparation d'équipements aéronautiques tels que les instruments de bord, les équipements électriques et électroniques, les systèmes de radio navigation...

Le département maintenance est principalement axé sur deux ateliers, l'atelier **IB** (Instruments de Bord) et l'atelier **INS** (Système de Navigation Inertielle).



*Figure 4: Maintenance ET support équipement*

**Aérostructure métallique :**

Le secteur aérostructure métallique est responsable de la fabrication de sous-ensembles et des éléments de l'aménagement cabines comme le plancher de l'A320, l'intérieur de l'A320 et A330 (tablettes, strapontins, vestiaires,) ainsi que les sièges business class EVOLYS, SOLSTYS et les firsts class.



*Figure 5 : Atelier Aérostructure métallique*

### **3.4.Composite**

Le secteur composite est responsable de la fabrication des éléments composites comme le tableau l'A320, les panneaux de soute et de cabine de l'ATR ainsi que les coffres à bagages de l'ATR600.



*Figure 6 : Atelier Composite*

### **3.4.1. Présentation du processus composite**

Le périmètre de ce projet de fin d'étude est l'atelier composite qui est chargé de la fabrication des pièces composites pour les aménagements, le poste de pilotage ou cockpit pour l'AIRBUS A320, ainsi que la réalisation de coffres à bagages, des panneaux de soutes et de cabines pour le client ATR.

### **3.4.2. Etapes du processus de fabrication**

Le processus se décompose en plusieurs étapes par lesquelles passe la pièce pour finalement être livrée au client.

Le drapage, qui consiste à déposer des nappes et des nids d'abeilles (nida) sur un moule.

Ensuite, l'étuvage dans un four selon un cycle de température bien définies (jusqu'à 145°C).

Quand la polymérisation est complète, on démoule puis on effectue les finitions et la peinture.

L'atelier peinture est utilisé par la plupart des ateliers afin de finaliser les pièces et leur donner un aspect visuel esthétique. Toutes les opérations sont manuelles afin de s'assurer que la peinture couvre toute la pièce. Cet atelier est souvent surchargé malgré les effectifs assez nombreux, car le séchage de la peinture peut prendre beaucoup de temps

#### **3.4.2.1. Drapage**

La technologie de drapage est basée sur la mise en œuvre de tissu de fibres de verre imprégné au préalable d'une résine époxy. L'utilisation de ces tissus pré-imprégnés permet de réaliser des structures finies très performantes et fiables compte tenu des caractéristiques mécaniques des matériaux de base. Il s'agit d'une opération de dépose et lissage des plis sur un outillage permettant de garantir la forme géométrique finale de la pièce. La technique de drapage est relativement complexe à mettre en œuvre, et une grande maîtrise dans la conception des pièces et dans l'industrialisation est nécessaire pour obtenir les performances mécaniques demandées au meilleur coût.

#### **3.4.2.2. Polymérisation**

Les pièces drapées sont ensuite mises dans les étuves pour une polymérisation parfaite sous vide. La polymérisation (opération de solidification de la résine) est assurée en étuve selon la nature des pièces à réaliser à des températures supérieures à 120° C. Une fois sorties et après refroidissement, les pièces sont démoulées en les séparant de leurs moules de façon minutieuse afin de ne pas les déformer.

### **3.4.2.3. Usinage**

Les pièces sont transférées à la phase d'usinage qui constitue une étape importante avant la peinture des pièces. Elle permet de rectifier l'état de surface ainsi que le traçage des bordures et des contours. La phase d'usinage comprend aussi le collage des pièces semi-finis et l'ajout de pièces élémentaires.

### **3.4.2.4. Peinture**

Une fois que la pièce est usinée. Premièrement, une préparation avec mastic avant d'effectuer un nouveau ponçage, puis une charge est appliquée pour camoufler l'apparence de la résine et du tissu, enfin une dernière couche de peinture est appliquée.

### **3.4.2.5. Finition**

Après leur passage à l'atelier peinture, les pièces sont mises au poste de finition pour prendre leur forme finale. A savoir s'il y a des derniers apports à ajouter (pièces élémentaires, bandes de silicones...) ainsi que le contrôle final qui s'effectue par le service qualité.

## **II. Problématique et Périmètre du projet**

Dans le cadre de l'amélioration des bénéfices et d'accompagner la société au progrès, STELIA MAROC cherche toujours à augmenter son chiffre d'affaire et améliorer sa productivité, cette dernière a décidé de se lancer dans une nouvelle activité complémentaire à savoir la fabrication de nouvelles produits composites (les Coques et trappes ), pour cela de nouvelles machines sont en cours de l'implantation ainsi qu'une nouvelle zone de peinture des pièces composites sera mise en œuvre dans quelques semaines. Par conséquent le problème envisager est celui de l'insuffisance de l'énergie électrique qui pourra alimenter tous ces services ainsi que la nouvelle installation, ça d'une part et d'autre part la société possède deux transformateurs Triphasé (630KVA/1000KVA) qui alimentent en permanent les différentes zones de la société, or avec l'arrivé de ces nouvelles implantations, il sera nécessaire d'apporter un nouveau transformateur qui soulagera les deux autres et alimente l'autre implantation toute en assurant un bon fonctionnement et un rendement satisfaisant .

Dans un deuxième temps l'amélioration de l'installation électrique actuelle de la société aide à renforcer le rendement du service et réaliser ces travaux dans des conditions plus confortable et conforme à la norme. Le repérage et l'élaboration des schémas unifilaires générale et de toutes armoires rendra l'installation plus visible et clair auprès de tous personnels de l'entreprise.

Dans cette perspective, le projet proposé par la société STELIA Maroc porte donc sur :

**L'étude et amélioration de l'installation électrique de la société.**

- **Le présent rapport répond à une question principale :**

Comment peut-on satisfaire les demandes d'énergie des différentes charges toute en assurant un meilleur fonctionnement et un soulagement des transformateurs existants ?

-Comment peut-on savoir le départ d'une tel consommateur en panne et qui demande une intervention afin de le repérer ?

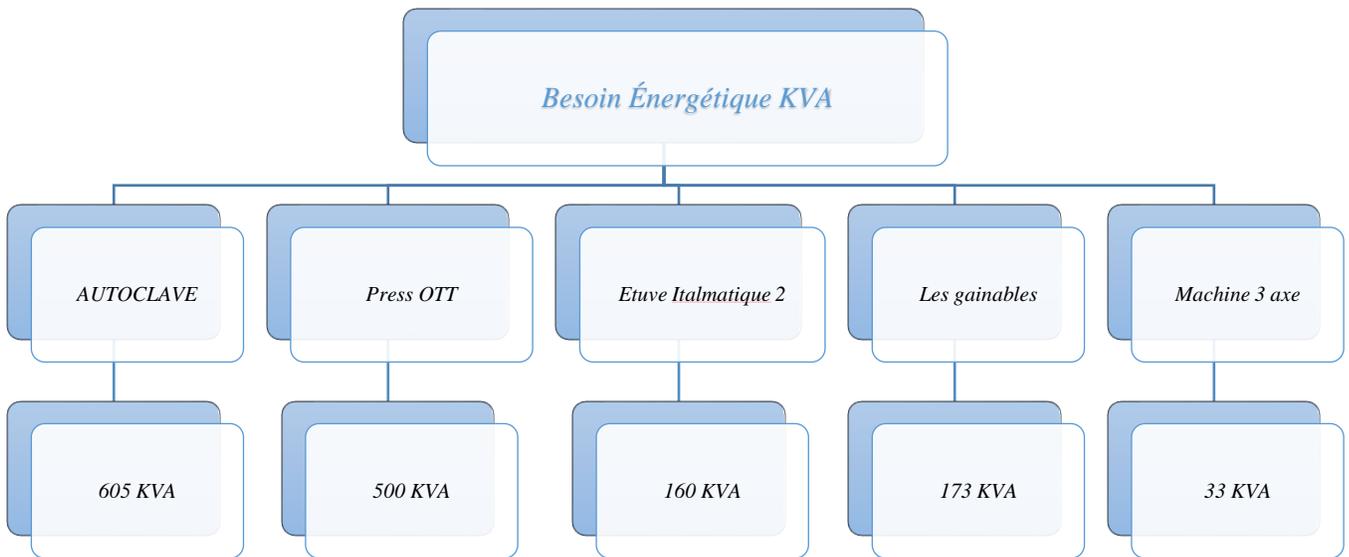
-comment aborder une répartition d'énergie appropriées toute en assurant un meilleur rendement et un bon fonctionnement des sources d'alimentation.

- **Objectifs du stage :**

- ✚ Analyse de l'existant
- ✚ Faire le bilan de puissance de la société.
- ✚ Analyse du choix du transformateur.
- ✚ Dimensionnement du transformateur.
- ✚ Dimensionnement des câbles.
- ✚ Repérage des armoires électrique et élaboration des schémas unifilaires.
- ✚ Repartitions d'énergie sur les trois transformateurs.

## 1. Besoin Future

STELIA MAROC a mis en place un nouveau produit fédérateur destiné à affirmer son rôle de référent en matière d'usine aéronautique du futur et pour cela elle importe de nouvelles machines et construit une nouvelle zone peinture pièce composite plus vaste et bien équipé. Elle souhaite en effet vulgariser et promouvoir le concept, faire de la pédagogie autour des axes d'application, tant auprès des industriels aéronautiques qui doivent s'approprier ces concepts que des autres acteurs publics.



*Figure 7: Les besoins futurs de STELIA MAROC*

Le calcul du besoin en puissance pour les nouvelles charges n'est pas suffisant car d'après une visite de nature prospective il paraît un échauffement excessif du locale Moyen tension (MT) qui contient les deux transformateurs (transfo 630 KVA/ transfo 1000 KVA). En plus les câbles qui sortent du secondaire des transformateurs et partant au tableau électrique basse tension (TGBT) sont trop chauds. Cela justifie que la demande en courant nominal auprès des charges est très importante. D'où l'idée de faire un bilan de puissance pour savoir la puissance appelée totale ainsi que la puissance de chaque armoire est devenue inévitable. En outre essayer de savoir à quel niveau on peut alimenter de certains départs de quelques armoires. Pour chaque transformateur pour minimiser les contraintes citées précédemment et aboutir à une répartition d'énergie au consommateur d'une manière appropriée.

## 2. Résultats de calcul

Les nouveaux équipements							
Equipement	Quantité	Alimentation	Puissance totale (KVA)	Facteur d'utilisation max	Puissance d'utilisation max (KVA)	Facteur de simultanéité	Puissance d'utilisation (KVA)
La machine 3 axes	1	380V, 3ph, N + T	33	0,8	26,4	0,8	1039,72
Presse 145T 2	1	380V, 3ph, N + T	500	0,9	450		
Etuve Italm 2	1	380V, 3ph, N + T	160	0,85	136		
Autoclave	1	380V, 3ph, N + T	605	0,85	514,25		
Gainables	5	380V, 3ph, N + T	173	1	173		
					1299,65		1039,72

*Tableau 1: Résultat de calcul des besoins*

On note bien que Les valeurs sont en KVA.

D'après le tableau 1, le calcul de la somme des puissances des différents équipements de la société dont ils ont besoin donne une puissance égale à **1039,72 KVA.**

➤ **Remarque**

Le problème du manque des batteries de compensation d'énergie réactif pour les deux transformateur (1000 KVA/630 KVA) augmente la gravité du problème envisagé, par conséquence l'étude qui viendra après va nous permettre de résoudre toutes ces problèmes.



## Chapitre 2: Etude Technique de l'installation électrique & dimensionnement du transformateur

Dans ce chapitre on va présenter une étude de l'état actuelle de l'installation électrique qui va nous servir à élaborer les bilans de puissances. On essayera d'adopter les résultats pour calculer la puissance à soustraire des deux transformateurs et dimensionner un nouveau transformateur qui va couvrir le besoin en énergie des équipements futurs.

# I. Présentation de Poste électrique

## 1. Introduction

Un poste électrique est un élément essentiel du réseau électrique, comprenant principalement les extrémités des lignes de transport ou de distribution, de l'appareillage de protection, et éventuellement des transformateurs. Sa mission principale est de livrer de l'énergie électrique aux clients, tout en assurant un meilleur service et plus de sécurité pour l'exploitant.

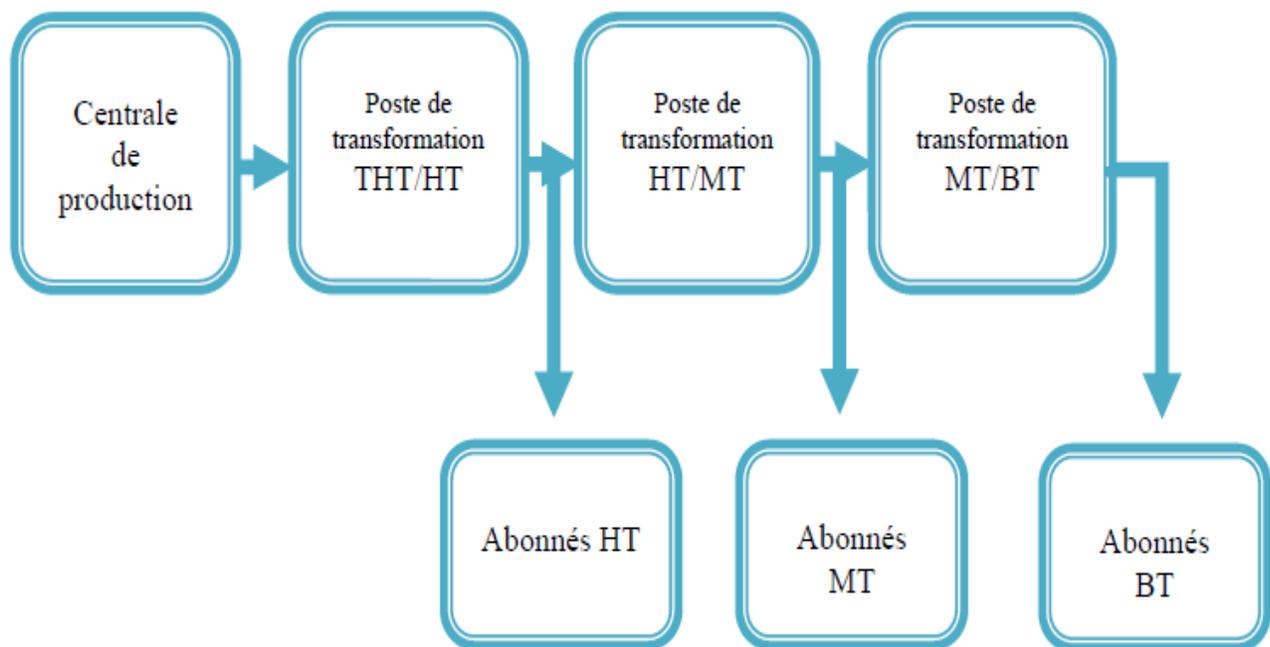


Figure 9: Schéma d'un réseau électrique

## 2. Fonctions du poste électrique

- ✚ Le raccordement d'un tiers au réseau d'électricité (aussi bien consommateur que producteur type centrale nucléaire),
- ✚ L'interconnexion entre les différentes lignes issues du poste,
- ✚ La transformation de la puissance en différents niveaux de tension et de courant.

### **3. Les types et constituants du poste électrique**

#### **3.1. Les types de postes électriques**

- Les postes de sortie des centrales qui servent à relier les centrales au réseau électrique,
- Les postes d'interconnexion qui servent à interconnecter plusieurs lignes électriques,
- Les postes élévateurs qui servent à augmenter la tension à l'aide d'un transformateur,
- Les postes de distribution qui diminuent le niveau de tension afin de la distribuer aux consommateurs.

#### **3.2. Les éléments d'un poste**

##### **3.2.1. Les éléments primaires qui sont les équipements haute-tension**

- Les appareils d'isolement ou d'aiguillage: les sectionneurs
- Les appareils de coupure: les disjoncteurs
- Les appareils de mesure: les TT et les TC
- Les appareils de télé-protection
- Les protections HT: parafoudres
- Les dispositifs de mise à la terre (MALT).

##### **3.2.2. Les éléments secondaires qui sont les équipements basse tension**

- Système de conduite et de surveillance (contrôle commande),
- Système de protection,
- Auxiliaires et servitudes (éclairage...).

Les postes THT /HT/MT se constituent des tranches suivantes :

- Les lignes THT, HT, MT;
- Les transformateurs THT/HT/MT et HT/MT;
- Les départs THT, HT et MT ;
- Les jeux de barres.

## 4. Poste de transformation Moyenne Tension(MT)/Basse Tension(BT):

### 4.1. Description

Dès que la puissance demandée atteint 50 kVA, les entreprises industrielles ou tertiaires sont alimentées en haute tension 20 kV Haute Tension catégorie A(HTA). L'étendue de leur site fait qu'elles sont généralement amenées à réaliser un réseau interne (HTA). L'alimentation d'une installation électrique est effectuée avec un poste de transformation MT/BT qui est disposé au plus près des éléments consommateurs d'énergie.

Le poste de transformation MT/BT s'appelle aussi **poste de livraison**. Il comporte essentiellement de l'appareillage et un ou plusieurs transformateurs afin d'assurer les fonctions suivantes : Dérivation du courant sur le réseau.

- Protection du transformateur côté Haute Tension(HT)
- Transformation HTA/BT.
- Protection du transformateur côté BT.

### 4.2. Description des Transformateurs 630 KVA/1000KVA

#### ➤ Transformateur 630 KVA



#### ➤ Description du Transformateur 630 KVA

Année de fabrication : 2000.	
Puissance nominale : 630 KVA.	
Type : 24/630.E.H.	
Norme : CEI 76.	
Courant nominale :	
Primaire → 16,53 A ;	
Secondaire → 909,3 A ;	
Tensions :	
Primaire	Secondaire
1 → 24200 V	400 V
2 → 23100 V	
3 → 22000 V	
4 → 20900 V	
5 → 19800 V	
Couplage : DYN11	
Courant de Court-circuit : 3,94 %.	
Diélectrique : H :540.	
Niveau d'isolement ENR : 24 KV.	
Couplage : triangle-Etoile.	
Masse Totale : 1900 Kg.	
Type de refroidissement : ONAN (Circulation naturelle de l'air et de l'huile)	

Figure 10 : Caractéristiques du Transformateur 630 KVA

➤ **Transformateur 1000 KVA**



➤ **Description du Transformateur 1000 KVA**

Année de fabrication : 2000.	
Puissance nominale : 1000 KVA.	
Type : 24/630.E.H.	
Norme : CEI 76.	
Courant nominale :	
Primaire → 26,24 A ;	
Secondaire → 1443,4 A ;	
Tensions :	
Primaire	Secondaire
1 → 24200 V	400 V
2 → 23100 V	
3 → 22000 V	
4 → 20900 V	
5 → 19800 V	
Couplage : DYN11	
Courant de Court-circuit : 5,83 %.	
Diélectrique : H : 694.	
Niveau d'isolement ENR : 24 KV.	
Couplage : triangle-Etoile.	
Masse Totale : 2590 Kg.	
Type de refroidissement : ONAN (Circulation naturelle de l'air et de l'huile)	

**Figure 11 : Caractéristiques du Transformateur 1000 KVA**

**3.2.1. Description :**

Dans ce type d'équipement, appelé aussi transformateurs immergés, le transformateur est immergé dans un bain d'huile qui assure l'isolation et le refroidissement.

Ces transformateurs sont moins onéreux et ont des pertes moindres. Ils présentent cependant des risques d'incendie et de pollution:

- Un défaut interne peut provoquer une surpression et une déformation de la cuve telles que des fuites d'huile peuvent apparaître. Suivant les circonstances, cela peut entraîner l'inflammation de l'huile ou encore une explosion.
- Les fuites d'huile peuvent aussi provenir d'un joint défectueux ou de la rupture d'une canalisation. Les huiles qui se répandent peuvent polluer la nappe phréatique. Il faut donc prévoir sous le transformateur une fosse d'évacuation ou un bac de rétention d'huile.

- La combustion des huiles dégage des produits toxiques et génère des fumées opaques gênant l'intervention des secours

### 4.3. Cellule de protection Moyen tension

#### 4.3.1. Description

Le tableau modulaire **FLUOKIT M** est destiné à la distribution secondaire. Il offre une configuration optimale et flexible pour chaque schéma électrique tout en garantissant la plus grande sécurité.

Il peut être utilisé dans de nombreuses applications, telles que les réseaux de distribution publiques, les parcs éoliens, l'industrie, le bâtiment, les infrastructures et les postes.



**FLUOKIT M** offre une sécurité d'exploitation accrue :

- ✚ Panneau d'interface permettant des opérations distinctes pour les fonctions de coupure, d'isolement et de mise à la terre.
- ✚ Bouton poussoir de déclenchement de l'interrupteur.
- ✚ Synoptique en ligne donnant les indications fiables de l'état de chaque fonction grâce à une chaîne cinématique mécanique robuste.
- ✚ Indicateurs clairs indiquant l'état de l'interrupteur pour la fonction d'ouverture et l'état du fusible.
- ✚ Sectionneur de terre à pouvoir de fermeture.
- ✚ Position du sectionneur de terre visible à travers des hublots d'inspection situés en face avant de la cellule.
- ✚ Accès aux câbles après retrait facile de la porte.
- ✚ Ensemble de verrouillages mécaniques de fonctions et d'exploitation par serrures.

**Figure 12 :Description de cellule de protection des deux Transformateurs 1000 KVA/630KVA**

- ➔ D'après la figure 11 on peut ajouter que la sortie de ces cellules de de protection par interrupteur fusible (PFA) associer ou combiné est l'entrée de la partie qui contient les borne MT (Moyen tension)

## 5. Bilan de puissance

### 5.1. Transformateur 1000 KVA/630 KVA

#### 5.1.1. Généralité

Le bilan de puissance est nécessaire à l'établissement des flux d'énergie active et réactive en régime permanent pour toutes les parties de l'installation il est la somme des puissances des différents circuits.

La puissance installée est égale à la somme des puissances nominales des récepteurs de l'installation. La valeur de la puissance nominale d'un récepteur est donnée par sa documentation technique.

→ La puissance active : la puissance électrique transportée entre le transformateur et les récepteurs.

→ La puissance réactive : traduit les échanges d'énergie électrostatique et électromagnétique entre la source et les réactances des récepteurs.

La puissance absorbée ou puissance apparente est la puissance de dimensionnement des composants de l'installation de distribution de l'énergie électrique. Elle doit absolument tenir compte des deux composantes actives et réactives.

Les récepteurs ne fonctionnent pas tous ni en même temps ni à pleine charge : des facteurs de simultanéité ( $k_s$ ) et d'utilisation ( $k_u$ ) permettent de calculer la puissance d'utilisation (kVA). La puissance d'utilisation sert à dimensionner l'installation pour la souscription d'un meilleur contrat avec le distributeur de l'énergie électrique.

#### 5.1.2. Puissance d'utilisation $P_u$ (kVA)

De fait les récepteurs ne fonctionnent pas tous ni en même temps ni à pleine charge : des facteurs de simultanéité ( $k_s$ ) et d'utilisation ( $k_u$ ) permettant de pondérer la puissance apparente maximale réellement absorbée par chaque récepteur et groupes de récepteurs.

La puissance d'utilisation  $P_u$  (kVA) est la somme arithmétique de ces puissances des charges.

#### 5.1.3. Facteur d'utilisation maximale ( $k_u$ )

Le régime de fonctionnement normal d'un récepteur peut être tel que sa puissance utilisée soit inférieure à sa puissance nominale installée, d'où la notion de facteur d'utilisation.

Le facteur d'utilisation s'applique individuellement à chaque récepteur.

Ceci se vérifie pour des équipements comportant des moteurs susceptibles de fonctionner en dessous de leur pleine charge.

Dans une installation industrielle, ce facteur peut être estimé en moyenne à 0,75 pour les moteurs.

Pour l'éclairage et le chauffage, il sera toujours égal à 1.

Pour les prises de courant, tout dépend de leur destination.

#### **5.1.4. Facteur de simultanéité (ks)**

Tous les récepteurs installés ne fonctionnent pas simultanément.

C'est pourquoi il est permis d'appliquer aux différents ensembles de récepteurs (ou de circuits) des facteurs de simultanéité.

Le facteur de simultanéité s'applique à chaque regroupement de récepteurs (exemple au niveau d'un tableau terminal, d'un tableau divisionnaire, d'une armoire...).

La détermination de ces facteurs de simultanéité implique la connaissance détaillée de l'installation et de ses conditions d'exploitation. Des valeurs précises applicables à tous les cas ne peuvent donc pas être précisées.

#### **5.1.5. Facteur de simultanéité pour les armoires de distribution**

La Figure 13 indique des valeurs estimées de (ks) pour un tableau de distribution alimentant un nombre de circuits pour lesquels il n'y a aucune information sur la manière dont la charge totale est répartie entre eux.

Si l'armoire est composée principalement de circuits d'éclairage, il est prudent de majorer ces facteurs.

Nombre de circuits	Facteur de simultanéité (ks)
<b>Ensembles entièrement testés</b>	
2 et 3	0,9
4 et 5	0,8
6 à 9	0,7
10 et plus	0,6
<b>Ensembles partiellement testés choisir dans tous les cas</b>	
	1,0

**Figure 13 : Facteur de simultanéité pour armoire de distribution (CEI 60439 et NF C 63-410)**

### 5.1.6. Facteur de simultanéité en fonction de l'utilisation

En se référant à la norme CEI 60439 et NF C 63-410 qui régit l'installation basse tension on relève que pour dimensionner le transformateur, il faut déterminer la puissance apparente nominale, ce qui revient à :

- ✓ Déterminer la puissance absorbée de chaque récepteur alimenté par le TSA.
- ✓ Calculer la puissance d'utilisation de chaque récepteur, avec  $K_u$  le facteur d'utilisation qui s'applique à un récepteur qui n'absorbe pas la totalité de la puissance nominale :
- ✓ Les moteurs sont utilisés en général à 75% de leurs charges donc  $k_u=0.75$ .
- ✓ L'éclairage  $k_u=1$ , car une lampe est utilisée à 100% de sa puissance nominale.
- ✓ Multiplier la somme des puissances d'utilisation des récepteurs connectés à chaque armoire par le facteur de simultanéité  $K_s$ .

Utilisation	Facteur de simultanéité ( $k_s$ )	
Eclairage	1	
Chauffage et conditionnement d'air	1	
Prises de courant	0,1 à 0,2 <sup>(1)</sup>	
Ascenseur et monte-charge <sup>(2)</sup>	■ Pour le moteur le plus puissant	1
	■ Pour le moteur suivant	0,75
	■ Pour les autres	0,60

Figure 14:  $K_s$  par nombre de départ d'une armoire

➤ Remarque

(1) Dans certains cas, notamment les installations industrielles, ce facteur peut être plus élevé.

(2) Le courant à prendre en considération est égal au courant nominal du moteur, majoré du tiers du courant de démarrage.

## 5.2. Inventaire des équipements par rapport à leur source d'alimentation

La figure 15 présente l'inventaire de tous les équipements distribués selon les sources d'alimentation.

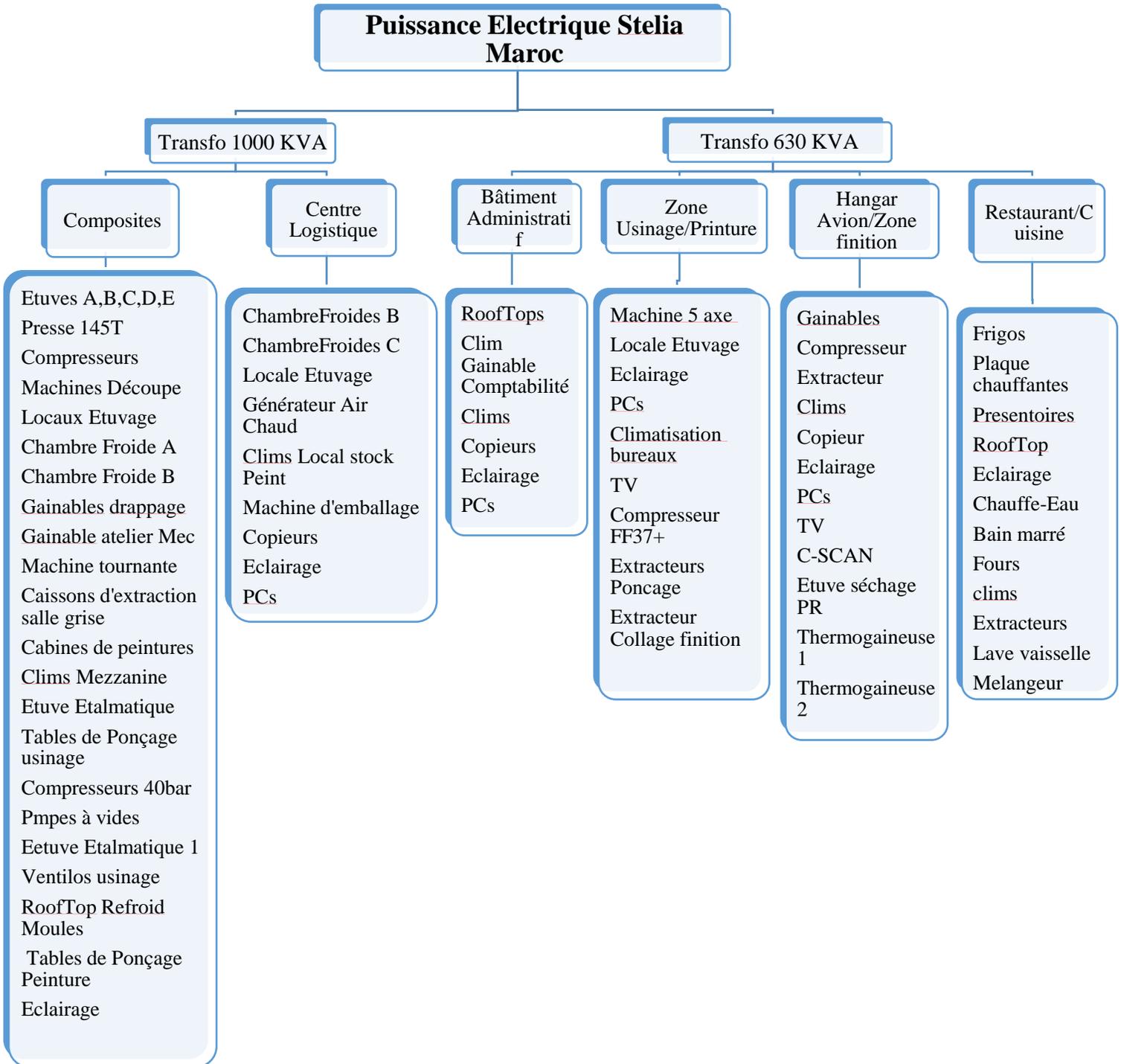


Figure 15 : Inventaire des charges de la société

### 5.3. Méthodes de calcul et collecte des données

Les méthodes de collecte et d'analyse de données doivent être choisies en fonction de l'évaluation concernée et des ressources disponibles.

Pendant la phase de Mesure et la recherche du consommation des différents équipements collectés on a trouvé quelque difficultés parmi laquelle on peut citer :

-non visibilité ou manque de plaque signalétique, la chose qui nécessite une mesure d'appel de courant du départ avec un pince ampérométrique lorsque la charge est en marche.

La pince ampérométrique autonome permet de faire des mesures en courant alternatif et courant continu, la prise de mesure est effectuée en série sur le récepteur. Elle possède son propre afficheur, certaines sont apparentées à un multimètre avec toutes les fonctionnalités.

Certain équipement comme les étuves (grand four) pour le cas de STELIA MAROC et qui ne possède pas de plaque signalétique ou elle est invisible, dans ce cas la mesure doit se faire lorsque l'étuve est en régime permanent c'est-à-dire lorsque la montée de la courbe du chauffage arrive au pic, c'est dans cette instant qu'il faut placer la pince ampérométrique entre phase du disjoncteur de l'étuve et lire la valeur du courant.

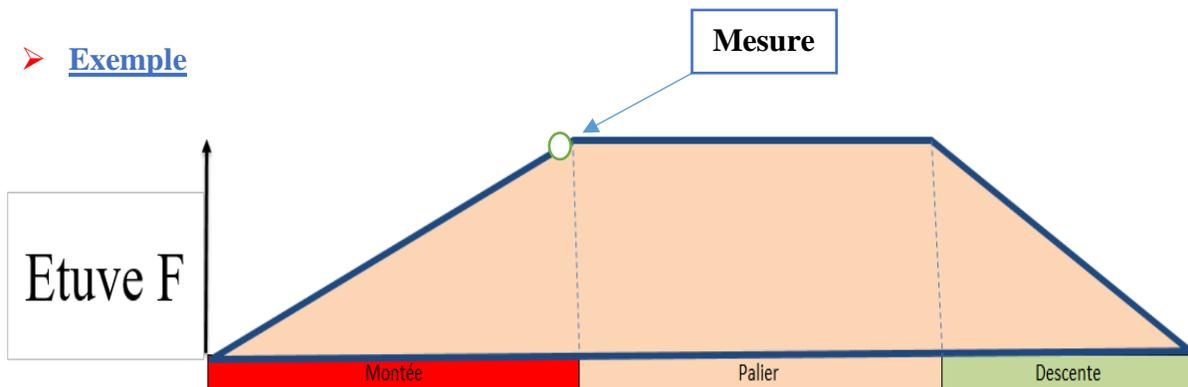


Figure 16 : Cycle de Température en fonction du temps d'un Etuve

#### Cas de mesure de la puissance d'éclairage

La puissance  $P_n$  (watts) indiquée sur le tube d'un éclairage à lampe fluorescente ne correspond pas à la puissance absorbée. Donc d'après la figure on peut savoir le courant absorbé pour le calcul de la puissance en (KVA).

Type de montage	Puissance des tubes (W) <sup>(3)</sup>	Courant absorbé (A) en 230 V		Long. des tubes (cm)
		Ballast magnétique sans capacité de correction du FP	Ballast électronique avec capacité de correction du FP	
Tubes duo	2 x 18		0,28	60
	2 x 36		0,46	120
	2 x 58		0,72	150

Tableau 2 : Courants et puissances consommés pour des tubes d'éclairage fluorescents de dimensions courantes

**Courant a absorbé**

➤ **Remarque**

La puissance en W indiquée sur le tube d'une lampe fluorescente ou à décharge ne comprend pas la puissance absorbée par le ballast, c'est pour cela on fait référence au tableau 2 qui donne le courant absorbé par les lampes en monophasé, et par conséquent, on peut savoir facilement la puissance apparente de chaque éclairage.

**Tableau des résultats du transformateur de 1000 KVA**

Le tableau 5 ci-dessous donne les résultats de calcul.

**Bilan de puissance du transfo 1000 KVA**

Equipement	Quantité	Armoire		Alimentation	Puissance totale (KVA)	Facteur d'utilisation max	Puissance d'utilisation max (KVA)	Facteur de simultanéité	Puissance d'utilisation (KVA)						
Etuve Italm	1	Composite 1	TGBT Moyenne tension Transfo 1000 KVA	380V, 3ph, N + T	329,089	0,86	283,0165		283,0165		283,0165		283,0165		283,0165
Presse 145T	1			380V, 3ph, N + T	329,08		329,08		329,08		329,08		329,08		329,08
Pompe à vide o1	1			380V, 3ph ,N	3,81	0,8	3,048		3,048		3,048		3,048		3,048
Pompe à vide o2	1			380V, 3ph ,N	3,81	0,8	3,048		3,048		3,048		3,048		3,048
Local Etuvage o1	1			380V, 3ph, N + T	2,63		2,63		2,63		2,63		2,63		2,63
Système traitement d'eau	1			380V, 3ph ,N	31	0,8	24,8		24,8		24,8		24,8		24,8
Machine Découpe Tissu/NIDA	1			Ancienne salle grise	380V, 3ph, N + T	5,92	---	5,92	0,9	40,707	40,707	0,7	190,2467	0,8	961,679
ROOFTOP McQuay o2	1				380V, 3ph, N + T	32,84	1	32,84							
Chambre froide D	1				220V, 3ph, N + T	6,47	---	6,47							
Pompe à vide o4	1				380V, 3ph ,N	2,96	0,8	2,368							
Etuve B	1	380V, 3ph, N + T	88,85	---	88,85		88,85		88,85		88,85		88,85		
Eclairage 9	---	Nouvelle salle grise	220v , 1ph , N	36,22	1	36,22	1	36,22		36,22		36,22		36,22	
Eclairage 2	---	ancienne salle de peint	220v , 1ph , N	14,21	1	14,21	1	14,21		14,21		14,21		14,21	
Eclairage 12	---	Moyens chauds	220v , 1ph , N	10,18	1	10,18	1	10,18		10,18		10,18		10,18	
Etuve A	1	220V, 3ph, N + T	45,72	---	45,72		45,72		45,72		45,72		45,72		
Etuve D	1	380V, 3ph, N + T	98,72	---	98,72		98,72		98,72		98,72		98,72		
Compresseur KS44 o2	1	380V, 3ph, N + T	38,17	0,8	30,536		30,536		30,536		30,536		30,536		
Pompe à vide o3	1	380V, 3ph ,N	2,96	0,8	2,368		2,368		2,368		2,368		2,368		
Local de refroidissement	1	380V, 3ph, N + T	3,94	---	3,94		3,94		3,94		3,94		3,94		
Etuve E	1	380V, 3ph, N + T	144,79	---	144,79		144,79		144,79		144,79		144,79		
Etuve C	1	380V, 3ph, N + T	47,38	---	47,38		47,38		47,38		47,38		47,38		
Local Etuvage o2	1	220V, 3ph, N + T	9,52	---	9,52		9,52		9,52		9,52		9,52		
Container froid	1	Zone cartons	Centre logistique	380V, 3ph, N + T	18,56	1	18,56	0,9	19,719	0,8	29,2312	0,7	256,5396		
Chambre froide B	1			380V, 3ph, N + T	3,35	1	3,35								
Chambre froide C	1			380V, 3ph, N + T	3,35	---	3,35								
Générateur d'air chaud	1			380V, 3ph, N + T	8,55	1	8,55								
Eclairage 13			220v , 1ph , N	4,92	1	4,92		4,92		4,92		4,92		4,92	
Compresseur 40bar	2		380V, 3ph, N + T	179,02	0,8	143,216		143,216		143,216		143,216		143,216	
					1506,019		1407,601		1400,887		1393,579		1202,099		961,6791

Tableau 3 : Bilan de puissance de transformateur 1000 KVA

### 5.3.1. Interprétations des résultats

➤ **Résultat**

D'après le tableau 3 qui représente le bilan de puissance du transformateur 1000 KVA, la puissance qui alimente l'installation est de  $S=869,59$  KVA, sachant que le transformateur est une puissance nominale de 1000KVA, en appliquant une marge de sécurité de 20%, la puissance à souscrire sera  $S = 800$ KVA.

➤ **Remarque**

Le transformateur subit un appel de courant important de la part des consommateurs ( $869,59$  KVA >  $800$ KVA) ce qui justifie le calcul de puissance cependant, il est nécessaire de faire une intervention de la part d'équipe responsable sur tous ce qui est technique pour soulager le transformateur et éloigner toutes risques de dégradation des circuits de l'installation.

➤ **Vérification du Choix du transformateur:**

Pour obtenir la puissance de la source d'alimentation, on multiplie la puissance fournie par le réseau par le coefficient d'extension qui doit être compris entre 1.1 et 1.2. On prend  $K_e=1.2$ , donc la puissance de transformateur est :  $870 \times 1.2 = 1044$ kVA. Cependant le choix doit être fait parmi les transformateurs à puissances normalisées, listés dans le tableau 4. Dans notre cas on choisira le transformateur de puissance égale à 1250 kVA.

Transformateur HTA/BT puissance assignée (kVA)								
160	250	400	630	800	1000	1250	1600	2000

Tableau 4: Puissances normalisées d'un Transformateur HTA/BT

➤ **Conclusion**

On peut conclure que la charge actuelle du transformateur dépasse la marge de sécurité qui est 800 KVA. Le choix du transformateur le prouve car il fallait un transformateur de 1250 KVA et non pas de 1000 KVA, donc si on arrivait à minimiser la consommation actuelle de 20%, le transformateur fonctionnera dans son bon domaine de fonctionnement, c'est-à-dire enlever **174 KVA** du TGBT du transformateur de 1000 KVA. Des armoires, Des tableaux divisionnaires ou coffrets terminaux peuvent être éliminés.

puissance avant		puissance après
869,59 KVA	20% de reduction	700 KVA

Figure 17 : Puissance à soustraire du Transformateur 1000 KVA

### 5.4. Tableau des résultats du transfo 630 KVA

Le tableau 7 ci-dessous donne les résultats de calcul.

Bilan de puissance du transfo 630 KVA

Equipement	Quantité	Armoire		Alimentation	Courant nominal par équipement (A)	Puissance totale (KVA)	Facteur d'utilisation max	P d'utilisation max (KVA)	Facteur de simultanéité	Puissance d'utilisation (KVA)						
Compresseur FF37+	2			380V, 3ph, N + T	66	86,86	0,8	69,488		69,488		69,488		69,488		
Eclairage Admin	—	Admin		220v, 1ph, N		15,52	1	15,52		15,52		15,52	1	15,52		
ROOFTOPs	4			380V, 3ph, N + T	55	144,79	1	144,79		144,79		144,79		144,79		
Climatisation pour administration	19	Climatisation pour l'administration		220v, 1ph, N		135,93	1	135,93		135,93		135,93	0,6	168,432		
Eclairage Batiment de peint	—			220v, 1ph, N		14,16	1	14,16		14,16		14,16		14,16		
Cabine peinture o3	1			380V, 3ph, N + T	23	15,13	0,8	12,104		12,104		12,104		12,104		
Cabine peinture o4	1			380V, 3ph, N + T	44	28,95	0,8	23,16		23,16		23,16		23,16		
Cabine peinture o5	1			380V, 3ph, N + T	46	30,27	0,8	24,216		24,216		24,216		24,216		
Cabine peinture o6	1			380V, 3ph, N + T	16,4	10,79	0,8	8,632		8,632		8,632		8,632		
Cabines peinture termomecanica	3			380V, 3ph, N + T	14,8	58,44	0,8	46,752		46,752		46,752		46,752		
Tables de ponçage (petite)	4			380V, 3ph, N + T	8,5	22,37	—	22,37		22,37		22,37		22,37		
Tables de ponçage (grande)	4			380V, 3ph, N + T	10	26,32	—	26,32		26,32		26,32		26,32		
Eclairage Hangar	—			220v, 1ph, N		42,5	1	42,5		42,5	1	42,5		42,5		
Thermogaineuse	2			380V, 3ph, N + T	40	52,64	0,9	47,376		47,376		47,376		47,376		
Clim Gainable o6	2	Armoire gainables		220V, 1ph,	30	13,2	1	13,2		13,2		13,2		13,2		
Clim Gainable o8	1			220V, 1ph	8	3,04	1	3,04		3,04	1	22,84		22,84		
Clim Gainable o9	1			220V, 1ph,	30	6,6	1	6,6		6,6		6,6		6,6		
Générateur d'air chaud	1			380V, 3ph, N + T	13	8,55	1	8,55		8,55		8,55		8,55		
Pompe d'eau	1			380V, 3ph, N + T	46,2	30,4	0,8	24,32		24,32		24,32		24,32		
Machine 5 axes	1			380v, 3ph, N + T	65	42,78	0,8	34,224		34,224		34,224		34,224		
ROOFTOP Restaurant	1			380V, 3ph, N + T	22,4	14,74	1	14,74		14,74	1	15,75		15,75		
Eclairage Vestiaries	—	Vestiaire hommes		220v, 1ph, N		1,01	1	1,01		1,01		1,01		1,01		
Climatisation plateau technique	5	Salle kaizen + bureaux		220v, 1ph, N		21,32	1	21,32		21,32	1	21,32		21,32		
Cabine peinture o1	1			380V, 3ph, N + T	21,2	13,95	0,8	11,16		11,16		11,16		11,16		
Cabine peinture o2	1			380V, 3ph, N + T	14,6	9,6	0,8	7,68		7,68	0,9	19,773		19,773		
Eclairage Magasin Inter	—	Magasin intermédiaire		220v, 1ph, N		3,13	1	3,13		3,13		3,13		3,13		
Toupie	1			380V, 3ph, N + T	5	3,29	—	3,29		3,29		3,29		3,29		
Ventilo d'Extraction	1	Ponçage Usinage		380V, 3ph, N + T	10	6,58	—	6,58	0,9	32,571	0,9	59,7339		59,7339		
Tables de ponçage	8	Usinage		380V, 3ph, N + T	5	26,32	—	26,32		26,32		26,32		26,32		
Eclairage Usinage	—			220v, 1ph, N		33,8	1	33,8	1	33,8		33,8		33,8		

Tableau 5 : Bilan de puissance de Transformateur 630 KVA

Climatisation Mezzanine Drappage	4	Mezzanine drappage	Armoire X	En face à l'armoire MG	220v , 1ph , N	16,45	1	16,45	1	16,45	0,8	88,4936	0,6	182,44938	
Extracteur	1	Sous Mezzanine			380V, 3ph, N + T	5	3,26		3,26	1					6,52
Air neuf	1				380V, 3ph, N + T	5	3,26		3,26						
Chambre froide A	1				380V, 3ph, N + T	5,12	3,36	1	3,36						3,36
Clims Gainable	4	Nouvelle salle drappage			380V, 3ph, N + T	10,5	27,64	1	27,64	0,7					84,287
Clims Gainable	9				380V, 3ph, N + T	12,6	74,61	1	74,61						
Extracteurs	4				380V, 3ph, N + T	5	13,16	0,8	10,528						
Caisson d'Air neuf	2				380V, 3ph, N + T	5	6,58	0,8	5,264						
Pompe à vide o5	1				380V, 3ph,N	4,5	2,96	0,8	2,368						
Eclairage Collage tab	—				Collage tablette	220v , 1ph , N		2,12	1						
Eclairage Aménagement	—	Aménagement cabine	220v , 1ph , N		3,13	1	3,13		3,13						
Machine de menuiserie	1	Moyens généraux	380V, 3ph ,N	10	6,58	0,8	5,264		5,264						
Scie électrique	1		220v , 1ph , N	5,5	1,21	0,8	0,968		0,968						
Eclairage MGX	—		220v , 1ph , N		1,61	1	1,61		1,61						
Eclairage usinage num		Ecl UN	Usinage numérique	220v , 1ph , N	3,13	1	3,13	1	3,13	1	19,61				
Clim gainable	2		380V, 3ph, N + T	12,6	16,48		16,48		16,48						
Restaurant		Restau			112,35		112,35		112,35		112,35		112,35		
					1220,87		1012,114				940,6303		643,96218	605,049744	

Tableau 6 : Bilan de puissance de Transformateur 630 KVA (suite)

### 5.4.1. Interprétation des résultats

➤ **Résultat**

D'après le tableau 5 qui représente le bilan de puissance du transformateur 630 KVA, la puissance qui alimente l'installation est de  $S=605,04$  KVA, sachant que le transformateur est de puissance nominale de 630KVA, en appliquant une marge de sécurité de 20%, la puissance à souscrire sera  $S = 504$ KVA.

➤ **Remarque**

Même remarque pour ce transformateur.

➤ **Vérification du Choix du transformateur:**

Pour obtenir la puissance de la source d'alimentation, on multiplie la puissance fournie par le réseau par le coefficient d'extension qui doit être compris entre 1.1 et 1.2. On prend  $K_e=1.2$ , donc la puissance de transformateur est :  $605,04 \times 1.2 = 726,04$ kVA. Cependant le choix doit être fait parmi les transformateurs à puissances normalisées, listés dans le tableau 4. Dans notre cas on choisira le transformateur de puissance égale à 800 KVA.

➤ **Conclusion**

On peut conclure que la charge actuelle du transformateur dépasse la marge de sécurité qui est 504 KVA, Le choix du transformateur le prouve car il fallait un transformateur de 800 KVA et non pas de 630 KVA, donc si on arrivait à minimiser la consommation actuelle de 20%, le transformateur fonctionnera dans son bon domaine de fonctionnement, c'est-à-dire enlever **121 KVA** du TGBT du transformateur de 630 KVA, des armoires, tableaux divisionnaires ou coffrets terminaux.

puissance avant		puissance après
605,04 KVA	20% de reduction	484,03KVA

**Figure 18 : Puissance à soustraire du transformateur 630 KVA**

➤ **Nota**

Le bilan de puissance d'éclairage totale de la société est détaillé sur le tableau 6 à savoir que l'éclairage est inclus sur les deux tableaux 3,5 et 6.

Equipement	Service		Caractéristiques	Pt (KVA)	
Eclairage 1	Nouvelle salle de peint	Nouvelle salle de peint	220v , 1ph , N	280 tubes de 36w	10,83
Eclairage 2	ancienne salle de peint	ancienne salle de peint	220v , 1ph , N	90 tubes de 36w + 13 projecteurs de 400w	14,21
Eclairage 3	Magasin intermédiaire	Magasin intermédiaire	220v , 1ph , N	62 tubes de 36w : 0,28A	3,81
Eclairage 4	usinage et ponçage	usinage et ponçage	220v , 1ph , N	730 tubes de 36w	44,96
Eclairage 5	Collage tablette	Collage tablette	220v , 1ph , N	42 tubes de 36w	2,58
Eclairage 6	Amenagement cabine	Amenagement	220v , 1ph , N	62 tubes de 36w	3,81
Eclairage 7	Vestiaires	Vestiaires	220v , 1ph , N	20 tubes de 36w	1,23
Eclairage 8	MGX	MGX	220v , 1ph , N	32 tubes de 36w	1,97
Eclairage 9	Drapage composites	Drapage composites	220v , 1ph , N	588 tubes de 36w	36,22
Eclairage 10	Hangar C130	Hangar C130	220v , 1ph , N	840 tubes de 36w	51,74
Eclairage 11	Administration	Administration	220v , 1ph , N	504 tubes de 18w	31,04
Eclairage 12	Moyens chauds	Moyens chauds	220v , 1ph , N	122 tubes de 36w + 4 projecteurs de 400w	10,18
Eclairage 13	Centre logistique	Centre logistique	220v , 1ph , N	80 tubes	4,92

Tableau 7 : Bilan de puissance d'éclairages

### ➤ Commentaire

Le calcul de la puissance apparente de chaque éclairage par zone est basé sur la connaissance de la valeur du courant absorbé retiré du tableau 2 qui un extrait de la Normes internationales CEI et nationales françaises NF.

### ✚ Résumé

On a mentionné dans le premier chapitre que la société va se lancer dans un nouveau marché qui est celui de la fabrication des coques et trappes d'avion et cela nécessite de nouvelles charges installées.

Cependant un nouveau transformateur est indispensable, pour cela les puissances à soustraire du transformateur 1000KVA et celui de 630 KVA doivent être prise en considération et l'additionner avec la puissance du besoin futur de la société pour satisfaire toute l'installation de l'usine.

	Puissance en KVA
Les nouveaux équipements	1039,72
Puissance de réserve pour transfo 1000 KVA	174
Puissance de réserve pour transfo 630 KVA	121
<b>Somme</b>	<b>1334,72</b>

Tableau 8 : Puissance totale

### ➤ Remarque

Le tableau 7 présente la puissance totale du besoin futur de la société et les deux puissances à soustraire des deux transformateurs que possède actuellement la société pour dimensionner un nouveau transformateur et qui couvrira cette insuffisance en terme d'énergie.

## 6. Dimensionnement du nouveau transformateur

### 6.1. Choix de transformateur

Pour obtenir la puissance de la source d'alimentation, on multiplie la puissance fournie par le réseau par le coefficient d'extension qui doit être compris entre 1.1 et 1.2. On prend  $K_e=1.2$ , donc la puissance de transformateur est :  $1334,72 \times 1.2 = 1602 \text{ KVA}$ . Cependant le choix doit être choisi parmi les transformateurs à puissances normalisées, listés dans le tableau 4. Dans notre cas on choisira le transformateur triphasé de puissance apparente égale à **1600 KVA**.

-D'après le tableau 11 de annexe 1, On remarque que les transformateurs (transformateurs à huile minérale) présentant le moins de pertes sont aussi les moins onéreux. Au niveau de l'efficacité énergétique, on a donc tout intérêt à choisir ces derniers. Par exemple, pour le transformateur de 400 kVA chargé à 37 %, on réalise une économie de 4 415 kWh/an sans encore avoir touché aux consommateurs internes du bâtiment.

-Cependant, les transformateurs secs sont de plus en plus préconisés par les bureaux d'études qui négligent les économies d'énergie en mettant en évidence les inconvénients des transformateurs à huile (risques de pollution, nécessité de prévoir un système de rétention de l'huile, risques d'incendie, ...).

D'après Nexans qui est la gamme la plus large de transformateurs au Maghreb et en Afrique.

La gamme NOVARE Développée pour répondre aux différents besoins et contraintes techniques. Elle adapte à tous les standards internationaux (CEI, NF, BS, EN...) lui permettant un positionnement dans plus de 20 pays africains, donc on choisira le transformateur triphasé immergé dans l'huile présenter sur la figure 34 de l'annexe 1 et de caractéristique décrite sur la figure 35, 36 de l'annexe 1 et qui se résume les points suivants :

-Puissance nominale : 1600 KVA.

-Tension primaire : 22 KV.

-Tension secondaire : 400 V.

-Régleur de tension manuel de 3 position (+/- 5% hors tension).

-Equipé de DGPT2 (assurent l'interface entre le fournisseur d'électricité et le consommateur qui est généralement un industriel).

-Type de refroidissement : ONAN (Circulation naturelle de l'air et de l'huile).

-Courant de secondaire assigné : 2309,4 A.

-Tension du court-circuit en pourcentage % : 6.

- Puissance acoustique : 71 Bb(A)

-Perte en charge : 20000 W.

-Perte à vide : 2600 W.

## **6.2.Détermination des calibres In de disjoncteur principale**

Chaque circuit doit être protégé par un disjoncteur calculé à partir du courant de service  $I_b$ , On calcule d'abord le courant sortant du secondaire du transformateur 100 A, ensuite on peut déterminer les calibres des disjoncteurs  $I_n$ , il suffit de vérifier la relation  $I_n > I_b$  et voire les calibres normalisés.

On commence donc à calculer les courants  $I_b$  traversant La source :

Au niveau de la source on prend  $I_b = I_n$  du transformateur ainsi le courant traversant le TGBT est :

$S = \sqrt{3} \times U \times I$  avec  $S = 1600 \text{ kVA}$  et  $U = 380 \text{ V}$ .

$$I_b = \frac{S}{\sqrt{3} \times U} = \frac{1600 * 10^3}{\sqrt{3} \times 380} = 2430,94 \text{ A}$$

Donc d'après les calibres normalisés des disjoncteurs, le disjoncteur doit être de calibre **2500 A**

### 6.3. Dimensionnement de câble

Les câbles électriques sont considérés comme les piliers d'une installation électrique, en outre un surdimensionnement engendre des surcoûts dans la réalisation du projet, par contre un sous dimensionnement peut engendrer des échauffements et causer la dégradation des équipements alimentés d'où la nécessité d'un dimensionnement optimal.

Le choix des sections des câbles doit satisfaire plusieurs conditions importantes pour assurer la sûreté de l'installation.

#### 6.3.1. Logigramme de détermination de la section minimale:

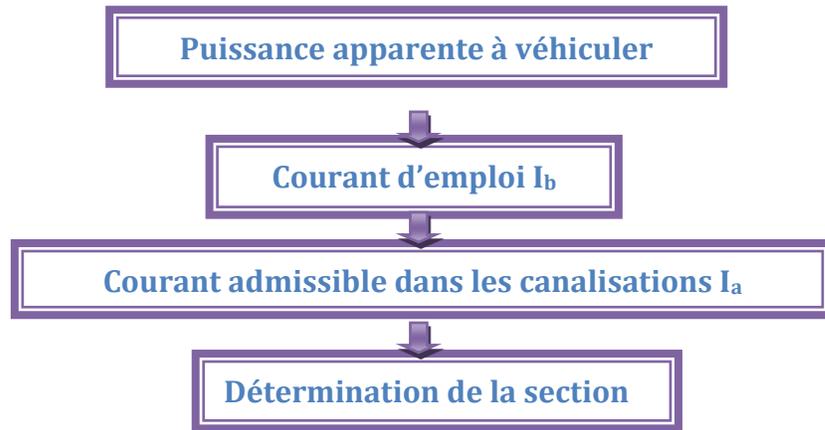


Figure 19 : Logigramme de choix de la section

Après le calcul de la section minimale du câble, une vérification de la chute de tension et de des contraintes thermiques est recommandée pour s'assurer qu'elle est conforme aux normes. Elle doit être vérifiée entre l'origine de l'installation et l'utilisation.

Si la chute de tension est acceptable, la section normalisée choisie est la section minimale déjà calculée, sinon, la section minimale doit être augmentée avec vérification de la chute de tension jusqu'à l'obtention d'une chute de tension conforme.



Figure 20 : Logigramme de confirmation de section de câble

### **6.3.2. Détermination du courant maximal d'emploi $I_b$ et du courant admissible dans les canalisations $I_a$ :**

#### **6.3.2.1. Courant maximal d'emploi $I_b$**

Le courant maximal d'emploi  $I_b$  est défini selon la nature de l'installation alimentée par la canalisation.

Dans le cas de l'alimentation individuelle d'un appareil, le courant  $I_b$  sera égal au courant assigné de l'appareil alimenté. Par contre, si la canalisation alimente plusieurs appareils, le courant  $I_b$  sera égal à la somme des courants absorbés, en tenant compte des facteurs d'utilisation et de simultanéité de l'installation.

$$\text{En monophasé} \quad I = \frac{S}{U} \qquad \text{En triphasé} \quad I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U}$$

S : Puissance apparente absorbée (VA).

U : Tension entre les deux conducteurs pour une alimentation monophasée tension entre phases pour une alimentation triphasée.

#### **6.3.2.2. Courant admissible dans les canalisations $I_a$**

C'est le courant maximal que la canalisation peut véhiculer en permanence sans préjudice pour sa durée de vie.

$$\text{Avec : } k = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \qquad I_a = \frac{I_b}{K}$$

K1: facteur de correction correspondant au mode de pose : [annexe 2](#)

K2: facteur de correction pour groupement de plusieurs câbles multiconducteurs ou groupe de câbles mono-conducteurs : **annexe 2**

K3 : facteur de correction correspondant à la température ambiante : **annexe 2**

### 6.3.2.3. Détermination de la section

On détermine la section du câble à partir de calcul détaillé dans **(annexe 2 : choix de section des canalisations)**

### 6.3.2.4. Vérification de chute de tension

#### *Méthodologie de calcul :*

La chute de tension sur une canalisation est calculée par la formule :

En triphasé: 
$$\Delta U = \sqrt{3} * I_b * L * \left[ \frac{\rho}{S} * \cos \varphi + \lambda \sin \varphi \right] * \frac{100}{U}$$

En monophasé : 
$$\Delta V = 2 * I_b * L * \left[ \frac{\rho}{S} * \cos \varphi + \lambda \sin \varphi \right] * \frac{100}{V}$$

L : La longueur du conducteur en km ;

I<sub>b</sub> : Courant d'emploi en A ;

ρ : La résistivité du conducteur en Ω.mm<sup>2</sup>/km (23 Ω.mm<sup>2</sup>/km pour le cuivre) ;

S : La section du conducteur en mm<sup>2</sup> ;

λ : La réactance linéique du conducteur en Ω/km, elle vaut 0.08 Ω/km pour les câbles ;

U : La tension nominale entre phases ;

V : La tension nominale entre phase et neutre.

La chute de tension entre l'origine d'une installation et tout point d'utilisation ne doit pas être supérieure aux valeurs suivantes :

- Pour une installation alimentée directement par un branchement à basse tension, à partir d'un tableau de distribution public à basse tension.

3% pour l'éclairage.

5% pour autres usages.

- Pour une installation alimentée par un poste de livraison ou par un poste transformateur à partir d'une installation haute tension.

6% pour l'éclairage.

8% pour autres usages.

### 6.3.2.5. Vérification des contraintes thermiques des câbles

Lors du passage d'un courant de court-circuit dans les conducteurs d'une canalisation pendant un temps très court (jusqu'à cinq secondes), l'échauffement est considéré adiabatique; cela signifie que l'énergie emmagasinée reste au niveau du métal de l'âme et n'est pas transmise à l'isolant. Il faut donc vérifier que la contrainte thermique du court-circuit est inférieure à la contrainte thermique admissible du conducteur.

#### Méthodologie de calcul

La relation utilisée dans le calcul de la contrainte thermique est la suivante :

$$t_c * I_{cc}^2 \leq k^2 * S^2$$

Donc la section du conducteur doit satisfaire la condition :

$$S \geq \sqrt{\frac{t_c * I_{cc}^2}{k^2}}$$

Avec :

$t_c$  : temps de coupure du dispositif de protection en seconde

$S$  : section des conducteurs en  $\text{mm}^2$

$I_{cc}$  : courant de court-circuit en A

$K$  : coefficient dépendant du matériau de l'âme et de la nature de l'isolant :

	PVC	PR
CU	115	135
ALU	74	87

**Tableau 9 : Les valeurs de K selon le type de l'âme et la nature de l'isolant**

### 6.3.2.6. Calcul de courant de court-circuit

On s'intéressera au calcul du courant de court-circuit maximal, ce courant sera évalué par la méthode des impédances, puisque toutes les caractéristiques de la boucle de défauts sont connues, y compris celles de la source d'alimentation.

Cette méthode est applicable à des calculs manuels et elle conduit à des résultats suffisamment précis pour la plupart des applications.

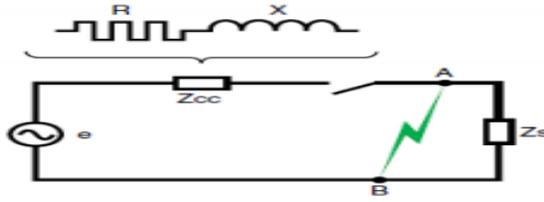


Figure 21 : Schéma simplifié d'un réseau

$Z_{cc}$  : impédance de court-circuit ;

$R$  : résistance de court-circuit ;

$X$  : réactance de court-circuit ;

$Z_s$  : impédance de la charge ;

$E$  : tension d'alimentation.

En effet, un réseau simplifié se réduit à une source de tension alternative constante, un interrupteur et une impédance  $Z_{cc}$  représentant toutes les impédances situées en amont de l'interrupteur et une impédance de charge  $Z_s$ .

Sur le schéma précédant l'interrupteur étant fermé, Un défaut d'impédance négligeable apparaissant entre les points A et B donne naissance à une intensité de court-circuit très élevée  $I_{cc}$ , limitée uniquement par l'impédance  $Z_{cc}$ .

La méthode d'impédance consiste à totaliser séparément les différentes résistances et réactances de la boucle de défaut, depuis et y compris la source, jusqu'au point considéré ; puis à calculer l'impédance correspondante.

Le courant  $I_{ccmax}$  est enfin obtenu par l'application de la relation suivante :

Défaut triphasé	Défaut biphasé	Défaut monophasé
$I_{cc3} = \frac{U/\sqrt{3}}{Z_{cc}}$	$I_{cc2} = \frac{U}{2 * Z_{cc}}$	$I_{cc1} = \frac{U}{\sqrt{3} * (Z_{cc} + Z_{ln})}$

Tableau 10 : Formules de calcul du courant de court-circuit

U : tension composée entre phases correspondante à la tension à vide du transformateur (V)

Z<sub>cc</sub> : impédance de court-circuit ( $\Omega$ )

Z<sub>ln</sub> : impédance de ligne neutre ( $\Omega$ )

Notons qu'en basse tension, la norme NFC 15-100 applique un coefficient 1,05 à la tension nominale pour le calcul du courant de court-circuit maximal.

Le calcul de l'intensité de court-circuit se résume alors au calcul de l'impédance Z<sub>cc</sub>, équivalente à toutes les impédances parcourues par I<sub>cc</sub> du générateur jusqu'au point de défaut.

L'impédance équivalente est:

$$Z_{cc} = \sqrt{(\sum R)^2 + (\sum X)^2}$$

Avec :

$\sum R$  Somme des résistances en série ;

$\sum X$  Somme des réactances en série ;

### **6.3.2.7. Détermination des diverses impédances de court-circuit**

Annexe 3 : calcul de l'impédance de court-circuit

### **6.3.2.8. Application au cas d'étude**

Voir annexe 3.

## Chapitre 3: Repérage, élaboration des schémas unifilaires de l'installation électrique et répartition d'énergie

Dans ce chapitre on va établir les différents schémas et dessins nécessaires de l'installation électrique en faisant un repérage total des armoires ainsi que les départs terminaux de chaque un des consommateurs existant que ce soit un disjoncteur différentielle ou générale, sectionneur, relais thermique, fusible...

## I. Schématisation de la société à l'aide de logiciel Visio

### ✓ Implantation générale :

L'implantation de la figure 8 représente le plan qui comprend les différentes zones de la société et qui seront après notre départ du repérage de toute l'installation électrique.

Le plan est dessiné par Microsoft Visio qui est un logiciel permettant - entre autres - de créer des schémas explicatifs des diagrammes de Gantt, des réseaux de PERT ou encore des diagrammes IDEFO et qui facilite l'étude et donne une vision plus proche sur une telle étude.

## II. Repérage des armoires électrique

Le fait d'étiqueter le tableau électrique est indispensable, mais très difficile d'intervenir sur un tableau électrique dont les circuits électriques n'ont pas été repérés: C'est une perte de temps et cela peut être très embarrassant dans le cas où certains circuits ne peuvent être coupés (c'est le cas dans les zones de production, les magasins ou encore les bureaux informatiques).

### 1. Appareillage

- ❖ **Tableau de répartition** ensemble comportant différents types d'appareillage associés à un ou plusieurs circuits électriques de départ alimentés par un ou plusieurs circuits électriques d'arrivée, ainsi que des bornes pour les conducteurs neutres et de protection.
- ❖ Ce regroupement, suivant l'importance de l'installation, peut être un simple coffret (appartement, villa), une armoire ou tout un local avec divers armoires et coffrets que l'on appelle généralement **tableau général basse tension (TGBT)**. On parle aussi de **tableau de protection et de répartition**.
- ❖ Dans les très grandes installations, des tableaux divisionnaires regroupent les commandes des circuits environnants au plus près des utilisateurs.

Voici deux extraits de **la norme NF C 15-100** parlant des étiquettes et du repérage au niveau du tableau électrique: *“Chacun des circuits (du tableau électrique) doit être repéré par une indication appropriée, correspondant aux besoins de l'utilisateur et du professionnel. Ce repérage doit préciser les*

*locaux desservis et la fonction (par exemple au moyen de pictogrammes ou autres indications appropriées).*

1. *“Les étiquettes et plaques signalétiques doivent être fixées de manière efficace et durable et correspondre aux désignations dans les documents d'accompagnement (tels que schémas, liste de pièces détachées, liste des canalisations) qui doivent être joints. “*

- Le premier extrait indique clairement que chaque disjoncteur doit être étiqueté avec **la fonction du circuit et la localisation**: Par exemple “Prise électrique Garage”
- Le deuxième extrait est plus en relation avec les tableaux électriques dans le tertiaire mais peut être appliqué pour l'installation électrique domestique puisqu'il est dit que l'étiquetage du tableau électrique doit correspondre entre autre au **schéma électrique unifilaire** qui est obligatoire .

## **2. Mythologie suivie pour le repérage**

Le but de cette étape est d'essayer de trouver les départs et les arrivées de chaque armoire existant dans la société pour élaborer un schéma unifilaire qui va être coller sur la face intérieure de chaque armoire, ce schéma va nous donner le pouvoir à privilégier une compréhension simple et suivre facilement le tracé du circuit électrique, à savoir qu'un trait représente l'ensemble des conducteurs présents dans une même canalisation, sans tenir compte du nombre de conducteurs réellement utilisés. il faut une étiquette fond jaune ou blanc avec écriture noire sur chaque appareil pour le repérage des équipements (les arrivées de chaque circuit), et doit être lisible, de qualité durable et correctement fixé sans oublier qu'elle doit rester visible et compréhensible.

Pour faire ce travail on suivra les étapes suivantes :

- Faire une schématisation de la société et faire apparaître les différents services de la société sur un plan.
- Localiser les armoires électriques sur le plan dessiné.
- Référencer les différences armoires en fonction de Service /Usage.
- Elaborer un sorte d'organigramme simplifier de chaque transformateur en commençant par la source et arrivant au consommateurs.
- Faire les schémas unifilaires de chaque armoire électrique qui constituent les arrivées des circuits ou les consommateurs.

-Repérer les différentes armoires et ces principaux constituants d'armoire (Disjoncteur, Sectionneur, Fusible, contacteur, Prise de courant ...)

## 2.1. Implantation de la société avec localisation des armoires électrique

La figure 22 présente le plan de la société avec la localisation de chaque armoire.

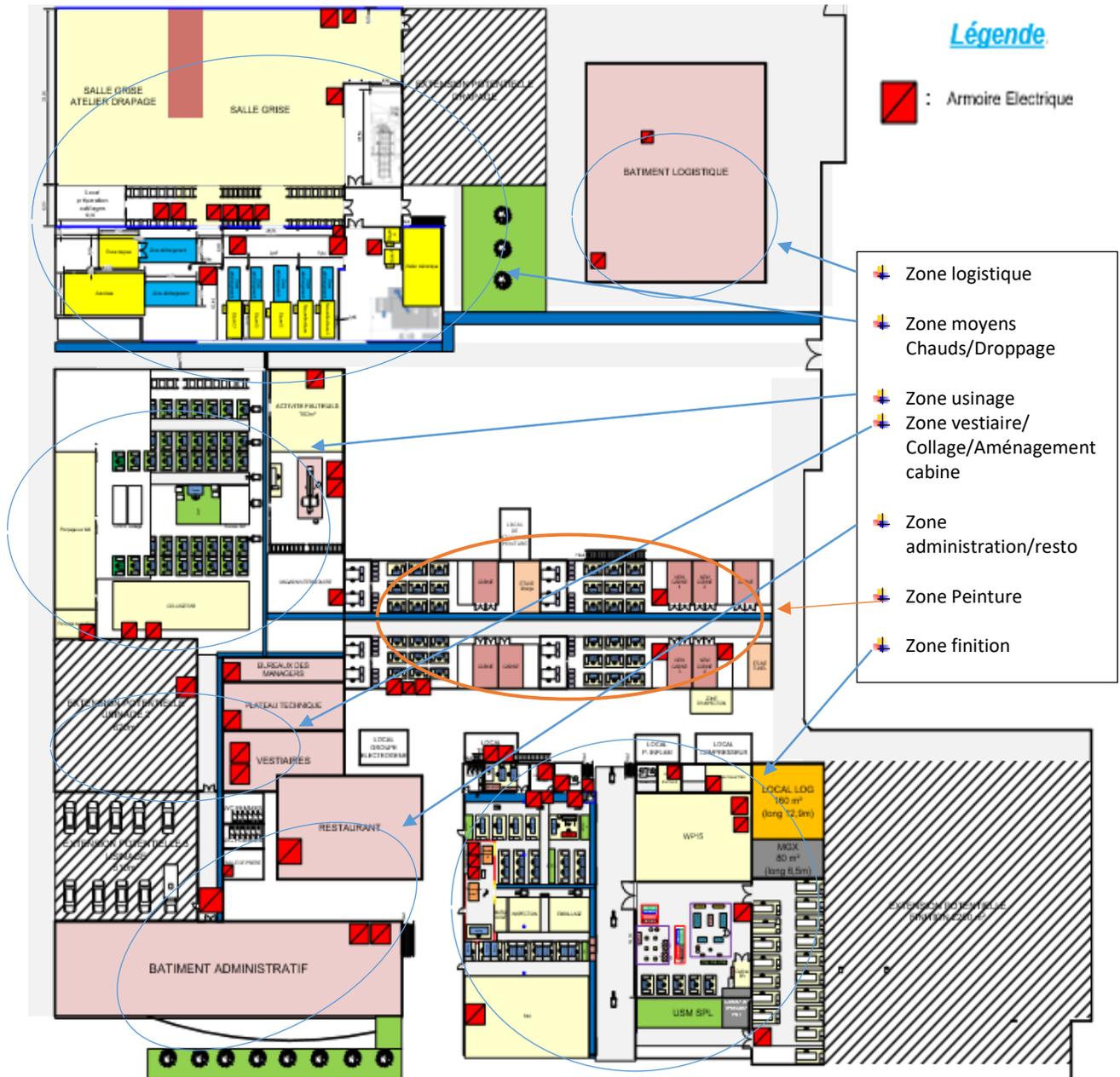


Figure 22 : Implantation de STELIA MAROC avec localisation des armoires

### ➤ Remarque

La figure 22 présente l'implantation de la société avec localisation des armoires ce qui facilite le travail de repérage.

### 2.2. Référence des armoires existant dans la société.

Le tableau 11 présente la référence de chaque armoire électrique.

<b>Zone</b>	<b>Désignation Armoire</b>
<b>zone Logistique</b>	Pres de bureau chef logistique
	Pres de machine emballage
<b>Zone moyens Chauds</b>	armoire Composite 1
	armoire Composite 2
	armoire Composite 3
<b>Zone Drappage</b>	armoire salle grise 1
	armoire salle grise 2
<b>Zone usinage</b>	armoire Usinage/ponçage
	armoire Usinage/ATR 1
	armoire Usinage/ATR 2
<b>Zone vestiaire/Collage/Aménagement cabine</b>	armoire vestiaire Homme
	armoire vestiaire Femme
	armoire aménagement cabine
	armoire Achat
	armoire approvisionnement
	armoire collage
<b>Zone administration/resto</b>	armoire 1ere etage
	armoire 2eme etage
	armoire resto
<b>Zone Peinture</b>	grand armoire zone peinture
	2 petit armoire zone peinture
<b>Zone finition</b>	armoire pres (MT)
	armoire jonai di
	armoire pres c-scan
	armoire pre etuve PR
	armoire pres porte hangar

**Tableau 11: Référence des armoires**

### ➤ Remarque

Le tableau 11 présente la référence de chaque armoire qui servira pour la communication d'information concernant l'installation entre personnes de société et surtout l'équipe responsable des Moyen technique (responsable et techniciens) ainsi l'analyse et la lecture des documents d'accompagnement (tels que schémas, liste de pièces détachées, liste des canalisations). Comme titre d'exemple, un remplissage d'une fiche d'intervention des pannes et en intégrant la localisation du panne en ajoutant la référence qui fait appel à une telle zone (finition, peinture...) rend le travail plus lisible et structuré.

### 2.3. Organigramme du transformateur de 1000 KVA

L'organigrammes de la figure 23 présente les différents départs commençant par le TGBT (tableau générale Moyen tension) et passant par des armoires et arrivant aux charges.

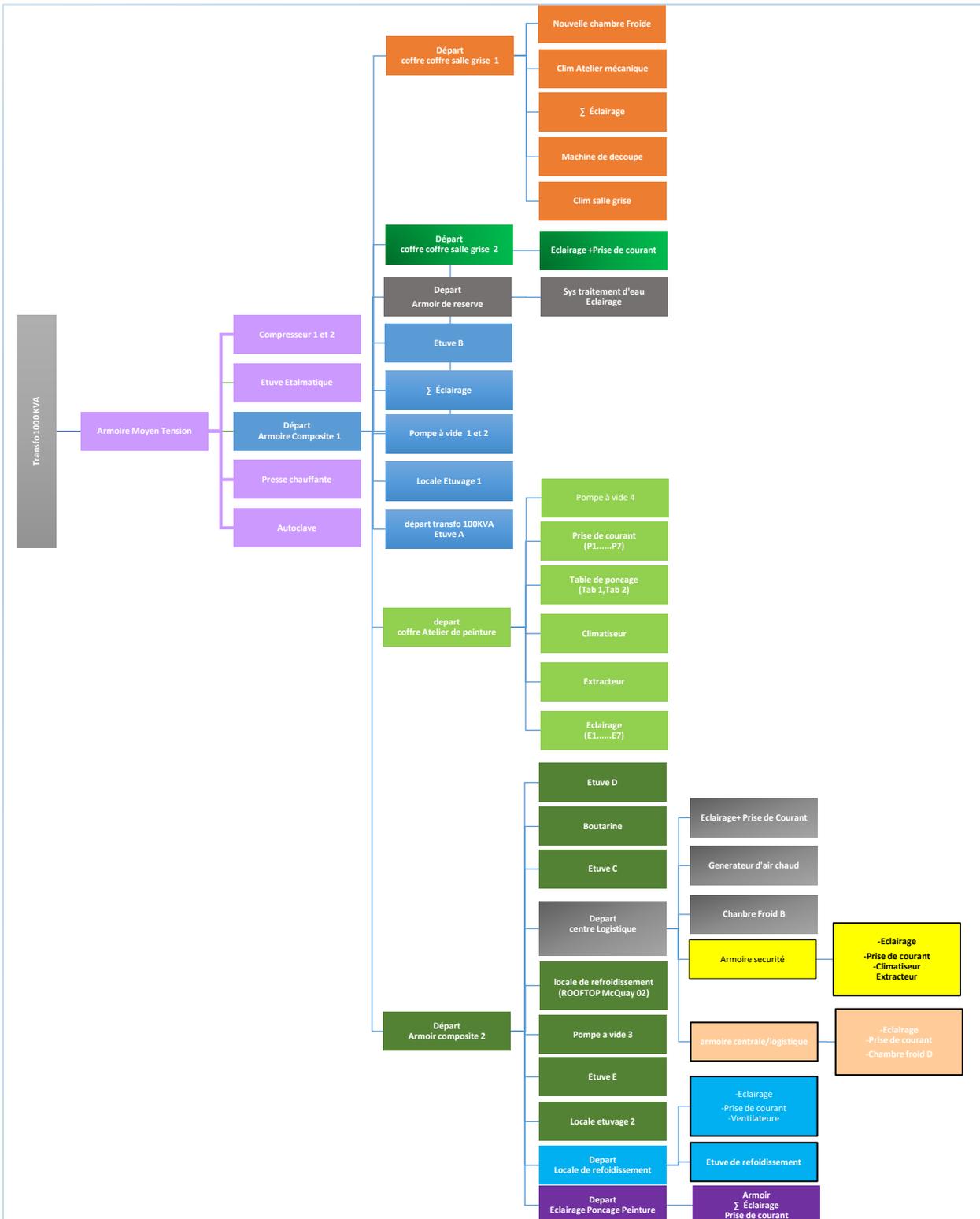


Figure 23 : Organigramme du transformateur de 1000 KVA

## 2.4. Organigramme du transformateur de 630 KVA

L'organigramme de la figure 23 présente les différents départs commençant par le TGBT (tableau générale Moyen tension) et passant par des armoires et arrivant aux charges

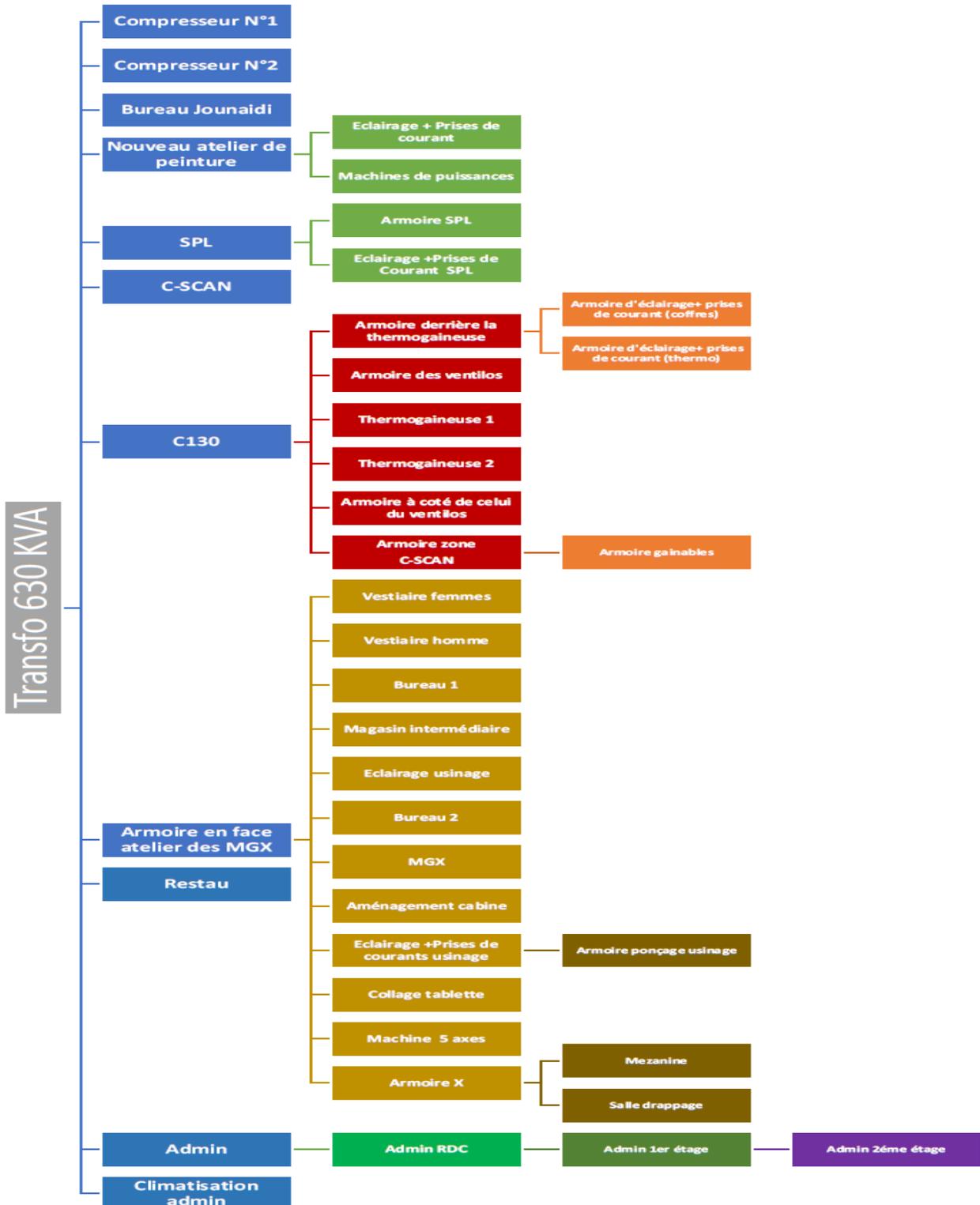


Figure 24 : Organigramme du transformateur de 630 KVA

### 3. Schéma unifilaire

#### 3.1. Généralité

Lors d'un contrôle, On demande de fournir à l'organisme agréé pour effectuer le contrôle de l'installation électrique :

- Un schéma unifilaire : composé de différents symboles qui décrivent la composition des différents circuits et ses interconnexions.
- Un schéma de position : Un plan reprenant le positionnement des éléments de l'installation électrique décrits dans le schéma unifilaire, tels que : la position des tableaux, des boîtes de connexion, des boîtes de dérivation, les prises de courant, les points lumineux, les interrupteurs et les appareils

Le schéma électrique unifilaire peut être vu comme l'association du plan architectural électrique et du plan du tableau électrique. Il représente l'installation électrique dans son ensemble. Sur ce schéma, les dispositifs de protection en partant du disjoncteur de branchement de l'installation sont reliés aux applications (prises éclairages, circuits spéciaux...) à l'aide d'un fil (d'où le nom unifilaire). En prenant chaque « branche du schéma unifilaire » toute personne qui ne connaît pas l'installation, peut l'analyser et la comprendre.

L'ensemble de l'installation électrique de l'entreprise comprend différents conduits ou canalisations, câbles, éléments et appareils, reliés entre eux ou non.

Pour représenter de manière claire et synoptique cet ensemble, on élabore sur le logiciel Microsoft Visio le schéma unifilaire qui permet de présenter schématiquement l'organisation des canalisations, câbles et appareils par une série de symboles.

- Le schéma unifilaire ne tient pas compte de l'emplacement effectif des différents éléments de l'installation dans votre habitation. Ces emplacements sont représentés sur le **schéma de position**.
- Pour pouvoir dessiner et lire un schéma électrique, il est évidemment utile de connaître les **symboles**, voire tableau ci-dessous. Conformément aux directives du RGIE (Règlement général pour les installations électriques).

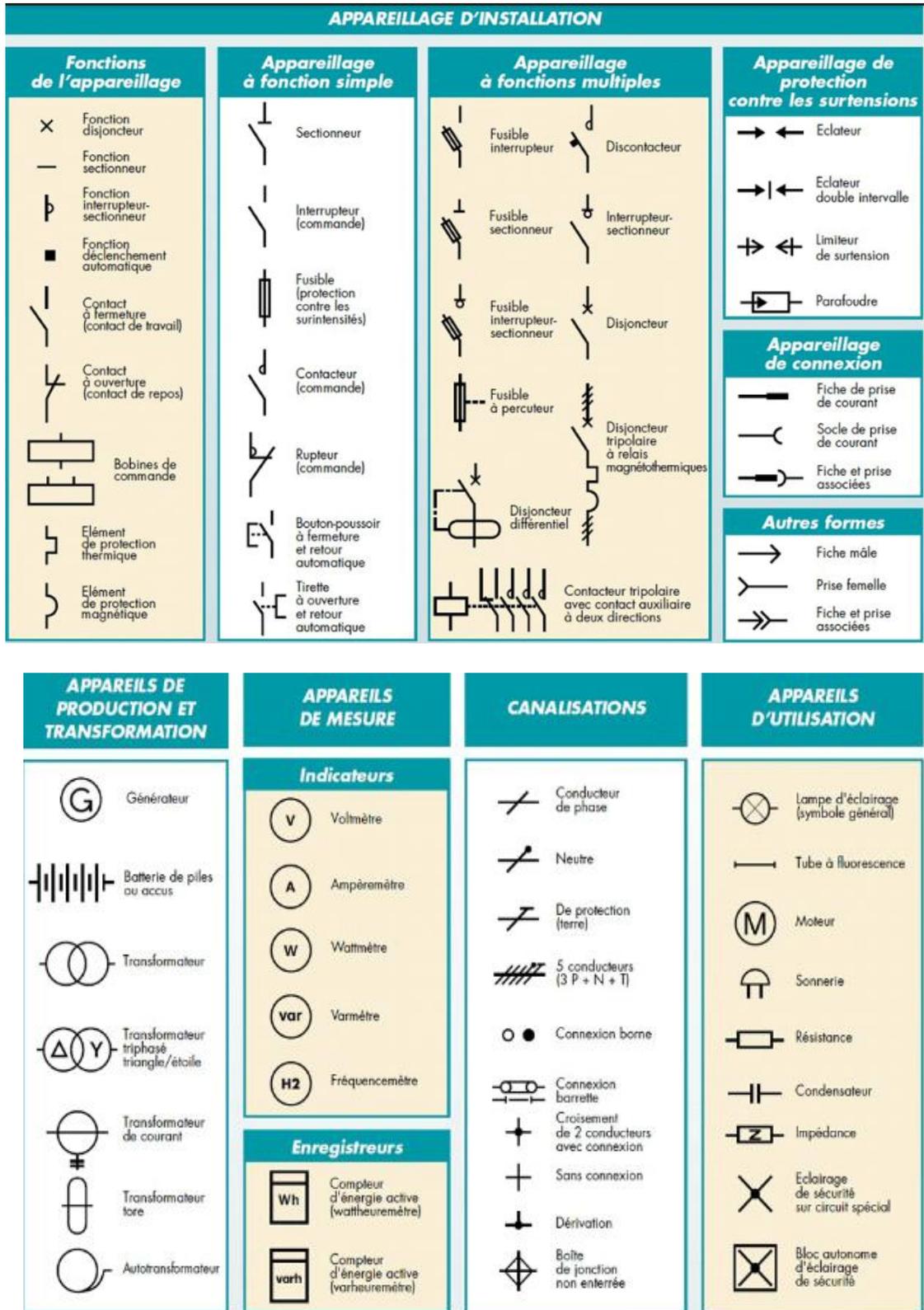


Figure 25 : Symbole d'Appareillage d'installation

➤ **Remarque**

Un schéma électrique représente, à l'aide de symboles graphiques, les différentes parties d'un réseau, d'une installation ou d'un équipement qui sont reliées et connectées fonctionnellement. Un schéma électrique a pour but :

- d'expliquer le fonctionnement de l'équipement (il peut être accompagné de tableaux et de diagramme) ;
- de fournir les bases d'établissement des schémas de réalisation ;
- de faciliter les essais et la maintenance

➤ **Procédure de la réalisation du schéma unifilaire**

Après un inventaire des différents équipements électriques figure 15 dans le deuxième chapitre est qui nous a servie de faire le bilan de puissance des deux transformateurs triphasé, on a pu avoir une vision globale de l'installation et tous ces moyens qui consomment de l'énergie électrique. On sera amené à savoir les départs et les arrivées avec les calibre des moyens de protection (disjoncteur, sectionneur...) de chaque armoire en commençant par les sources (Transformateur 630KVA Transformateur 1000KVA) et arrivant au consommateurs.

Dans ce travaille on a fait une recherche sur les applications qui serve à élaborer des schémas unifilaires et on a choisi Microsoft Visio et AutoCAD 2018.

- ✓ Pour Microsoft office Visio on trouve que c'est intéressant de faire ce schéma sur support informatique facile à manipuler.
- ✓ En plus cela ne prend pas beaucoup de temps pour effectuer des modifications, car les mises à jour d'installation sont indispensables, par conséquent il y aura la possibilité de modifier le schéma au fur et à mesure.

A l'aide de logiciel de conception AutoCAD 2018, on a élaboré le schéma unifilaire de circuit électrique de chaque transformateur.

Pour faire ces schémas il faut chercher l'information auprès des techniciens, de chef d'équipe et aussi du responsable de Moyen technique et la validé par les trois.

**Exemple de schéma unifilaire de transformateur 1000 KVA**

La figure 26 ci-dessous présente un schéma unifilaire de l'armoire composite 1 qui comporte l'arrivée de chaque départ avec le calibre en Ampère et le nombre de pôle de chaque éléments de protections (disjoncteur, sectionneur, fusible etc.).

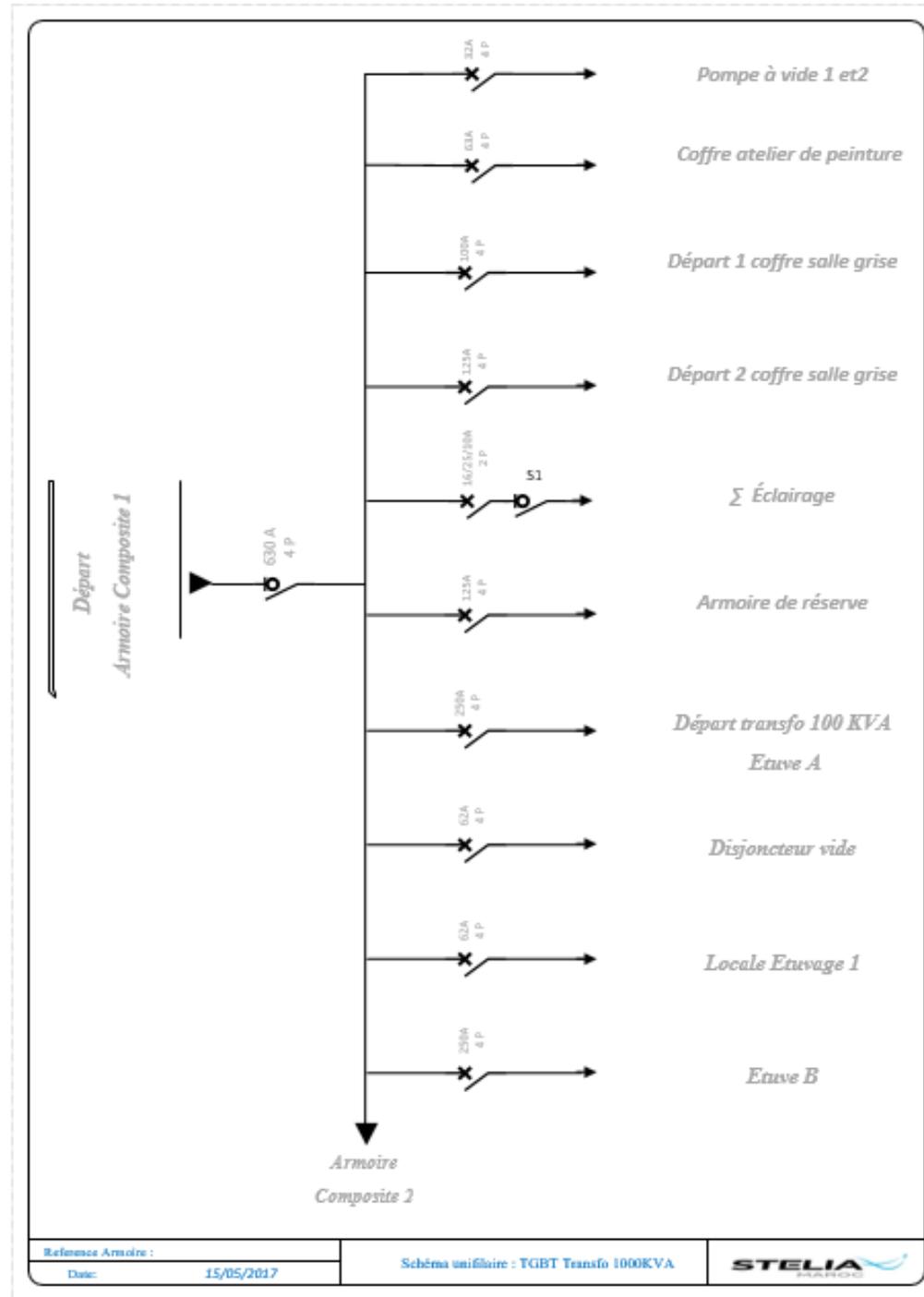


Figure 26 : Schémas unifilaire d'une armoire électrique

➤ **Remarque**

La figure 26 présente le schéma unifilaire d'une armoire dessiné par Microsoft office Visio qui est alimenté par le transformateur 1000KVA en passant par le départ (disjoncteur) situé dans le locale moyenne tension et traversant une armoire et arrivant au départ de notre schéma.

✚ **Contrainte rencontrée**

Il arrive parfois de ne pas savoir le cheminement d'un tel circuit électrique, par conséquent l'avancement du travail devient complexe, dans ce cas il faut faire des tests en identifiant le circuit ou l'équipement à mettre hors tension pour savoir si l'ouverture de disjoncteur de protection va entraîner un arrêt d'un tel équipement pour éviter de problèmes sur l'avancement du processus de fabrication, c'est pour cela qu'il faut coordonnées avec le responsable de service concerné par le test.

➤ **Méthode de création d'un schéma unifilaire simplement sur autoCAD**

1. Une interface claire, avec simplement les boutons dont vous avez besoin.
2. Une librairie complète de symboles électriques, groupés par catégories.
3. Zoomez et naviguez rapidement à l'aide de votre souris.
4. Une petite erreur? Revenez en arrière en un rien de temps...
5. Ajoutez circuits et symboles par simple clic.
6. Créez votre propre liste de symboles favoris.
7. Connecter vos symboles avec des lignes de connexion.

### 3.2. Schéma unifilaire de transformateur 1000 KVA avec le logiciel AutoCAD

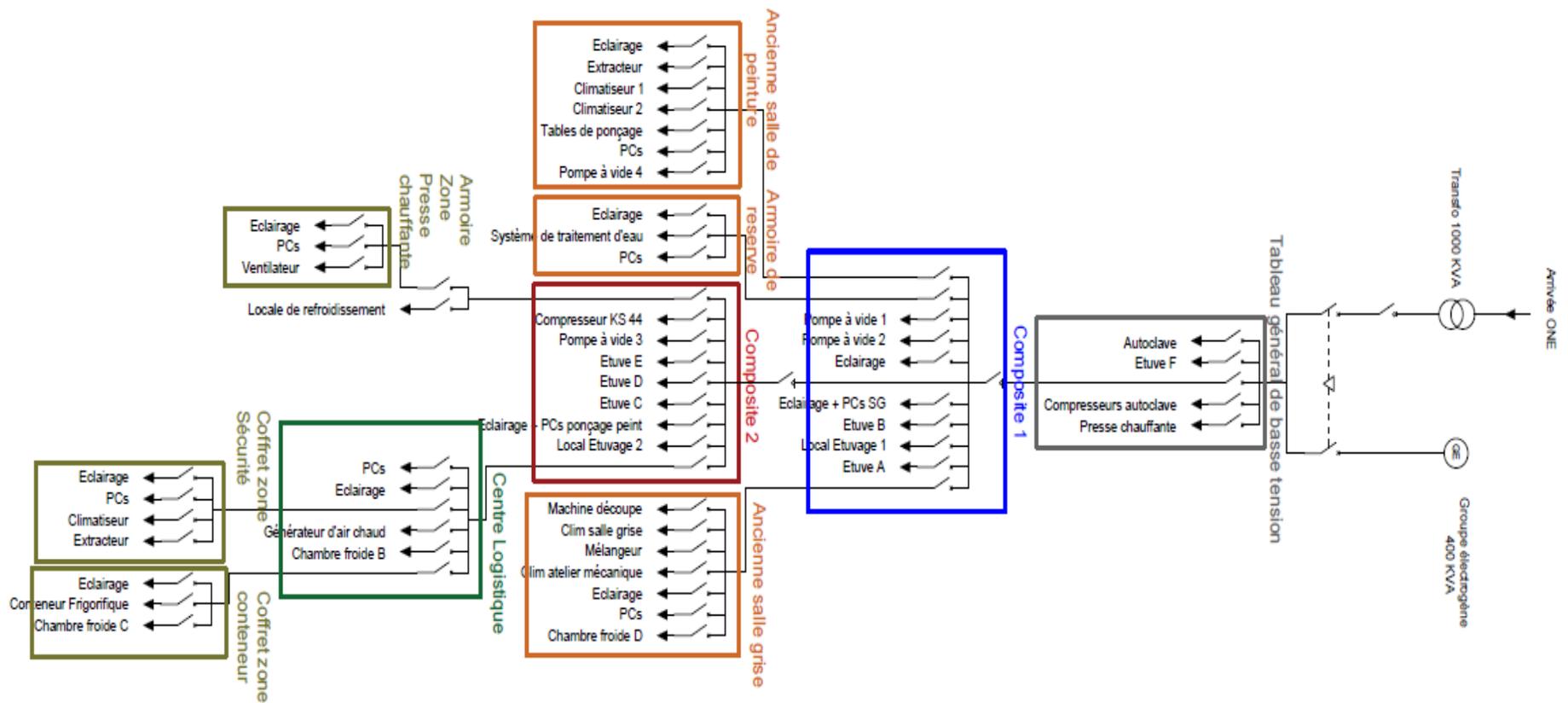


Figure 27 : Schéma unifilaire de transformateur 1000 KVA

➤ Nota

Le schéma unifilaire contient chaque détail de notre installation. Ce schéma n'est pas généré, vous le dessinez. Dans de nombreux cas (domotiques, télérupteurs, extra disjoncteurs différentiels, ...) c'est presque impossible de générer le schéma exactement comme vous le désirez. Mais on garde le schéma unifilaire et de position constamment synchronisés, même si on change un symbole par la suite ou si on renomme les circuits.

➤ Remarque

La figure 27 présente un schéma unifilaire de transformateur triphasé 1000 KVA qui alimente le service logistique, moyens chauds et la salle de drapage (voire chapitre 2). Ce transformateur subit une demande de puissance apparente importante, cependant ce schéma va nous approcher de plus près sur l'idée du circuit de l'installation électrique en gros, ainsi qu'il va nous servir pour choisir l'élément qu'on doit éliminer pour soulager les deux transformateurs qui sont en plein charge et le connecter avec le nouveau transformateur tout en assurant un meilleur rendement des trois transformateurs.

### 3.3. Schéma unifilaire de transfo 630 KVA avec le logiciel AutoCAD

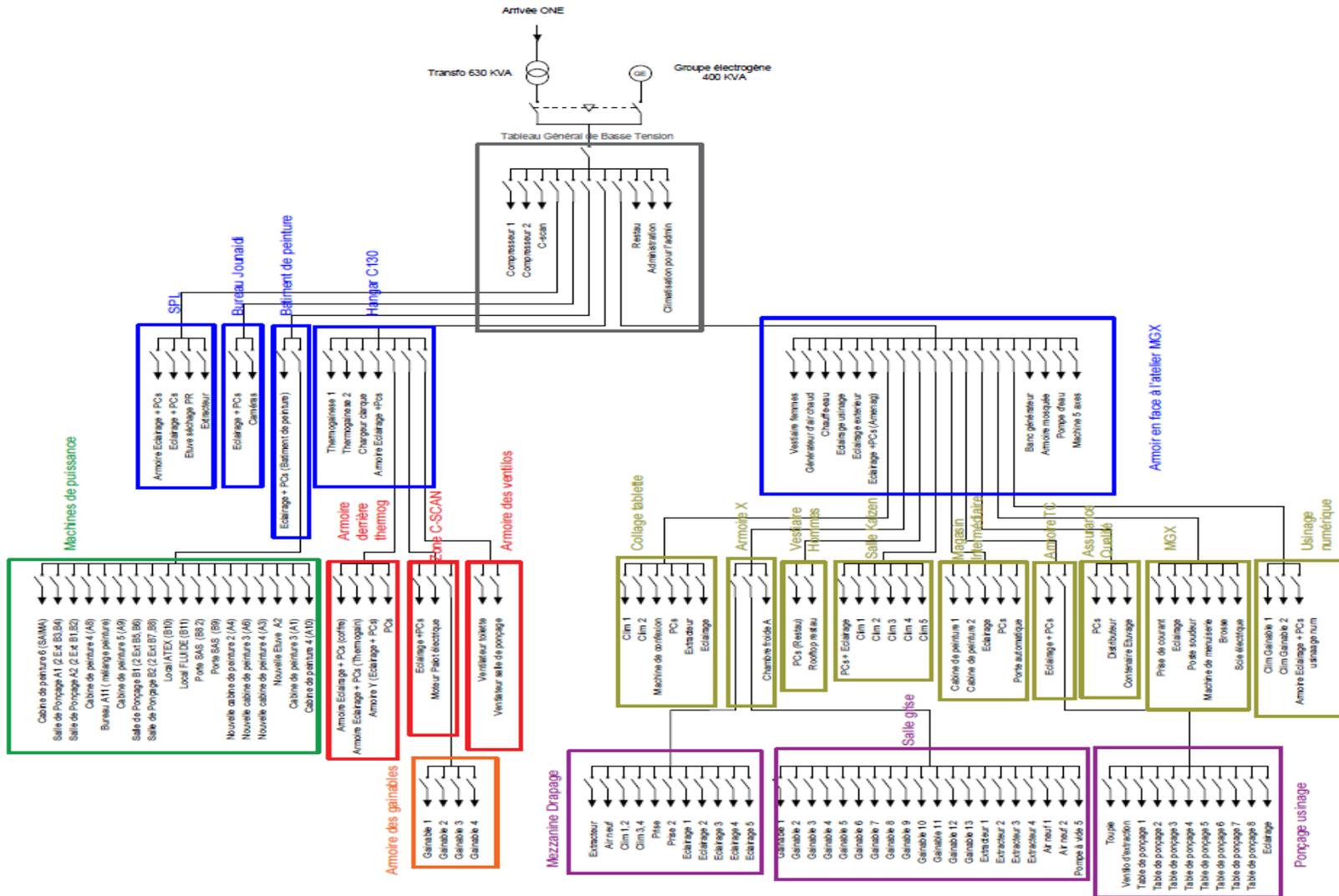


Figure 28 : Schéma unifilaire de transformateur 1000 KVA

#### 4. Repérage des composants des armoires électriques

Le fait d'étiqueter le tableau électrique est indispensable.

Il y a beaucoup des méthodes de repérage parmi lesquelles on trouve :

✓ L'étiqueteuse / La Dymo

La solution la plus pratique reste sans doute (Dymo du nom de la marque). Elle permet d'être opérationnelle directement sur chantier pour un résultat très propre, avec réglage de la taille de la police où les étiquettes de repérage sont autocollantes.



Figure 29 : La Dymo pour étiqueter le tableau électrique

✓ La solution informatique

Avec un traitement de texte ;

*C'est la solution pour étiqueter le tableau électrique qui est la moins couteuse et qui reste la plus simple. Elle demande de savoir utiliser un logiciel de traitement de texte type Word ou Open Office.*

Il faut utiliser le logiciel pour réaliser des carrés de 18mm<sup>2</sup> et les mettre côte à côte (cette dimension correspond à la largeur d'un module de tableau électrique).

Il suffit alors d'insérer un texte à l'intérieur de ce carré correspondant au circuit protégé par le disjoncteur.

**L'avantage :** résultat très propre avec possibilité d'adapter la taille du texte dans les carrés.

**L'inconvénient :** A faire en dehors du chantier et nécessite donc d'avoir pris les informations au brouillon.

➤ Remarque

On a pu suivre la deuxième méthode qui est plus simple car le travail fait précédemment nous a faciliter ce travail de repère, on connaît bien l'installation électrique et par conséquent les noms de chaque départ seront facilement exploités, et seront coller sur chaque composant de l'armoire.

**4.1. Exemple d'une armoire repérée à STELIA Maroc**



Figure 30 : Armoires repérées à STELIA Maroc

➤ Remarque

La figure 30 présente une armoire d'atelier de peinture qui est repérée et qui donne plus visibilité par rapport à l'ancien état.

## 5. Répartition approprié des trois transformateurs

Après l'étude faite sur les deux transformateurs en élaborant les bilans de puissance globale en évaluant la consommation de chaque armoire, par conséquent la répartition va être facile.

### + Récapitulation des résultats

Pour le transformateur de 1000 KVA et d'après la figure 17, on peut soustraire une puissance de sécurité de 20% de la puissance demandé réelle du consommateur et qui égale à **175 KVA**. Pour que le transformateur soit dans son bon domaine de fonctionnement, même démarche pour le transformateur de 630 KVA, par conséquent la puissance à éliminer est de **120 KVA**, Quelle sera la solution à mettre en œuvre ?

### 5.1. Analyse de l'existant

La figure 29 est un extraire du plan de société pour éclaircir l'idée de la répartition.

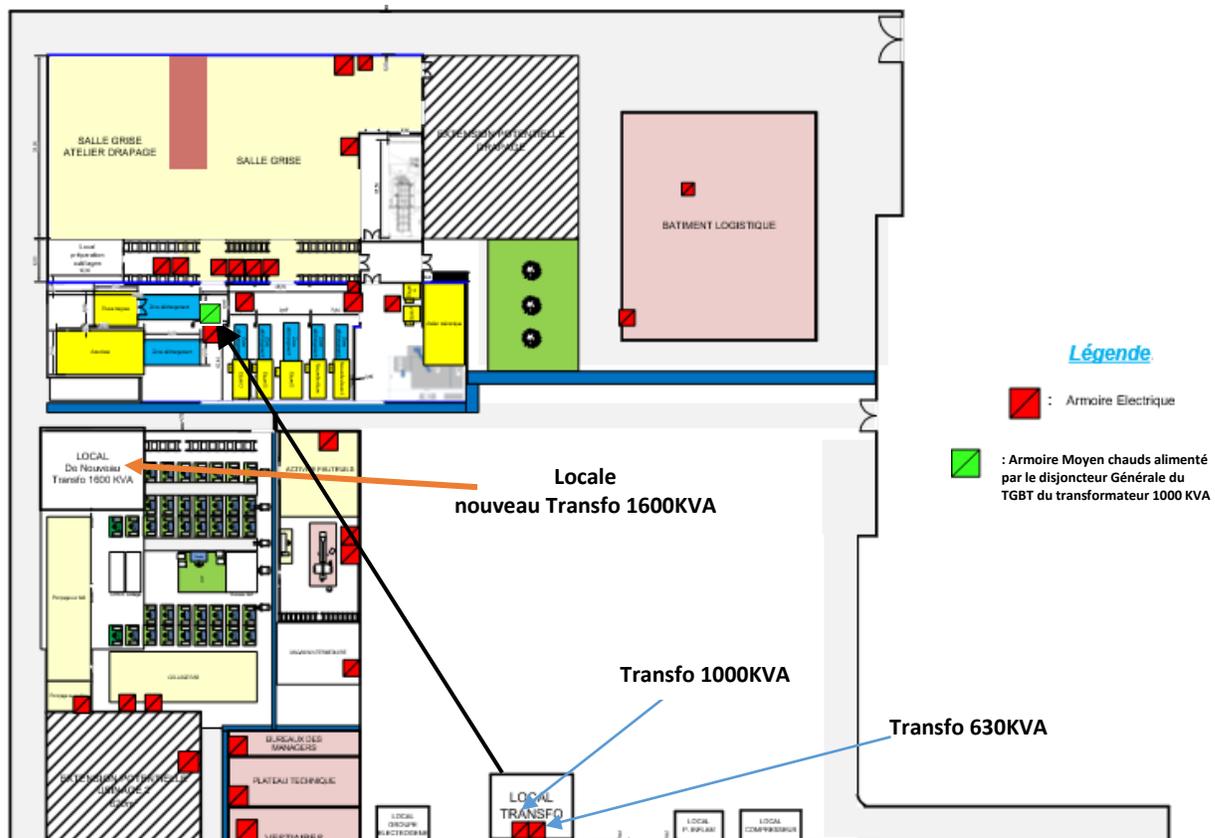


Figure 31 : Localisation des Trois transformateurs triphasés

➤ **Remarque**

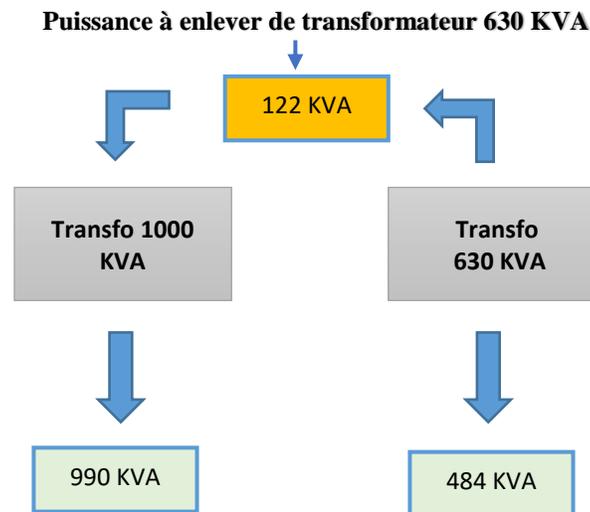
Dans le TGBT du transformateur de 630 KVA, on trouve deux départ qui consomme une puissance de **126 KVA** ([départ Eclairage administration](#) et [départ bâtiment de peinture](#)).

Comme il indique le tableau 11 de l'annexe 4 la somme de ces deux départ égal au marge de puissance à enlever du transformateur 630 KVA et par conséquent on déplacera les disjoncteurs du TGBT du transformateur 630 KVA à celui 1000 KVA, pour faire cela a deux solution :

- Déplacer les deux disjoncteurs du TGBT du transformateur 630 KVA au TGBT de transformateur 1000 KVA dans le cas où la longueur des câbles (3 phase+Neutre) de sortie est suffisante pour pouvoir les intégrer dans TGBT du transformateur 1000 KVA.

-Laisser les deux disjoncteurs à leur place et pour l'alimentations, on utilise un nouveau câble mais qui arrive du jeu de barre du transformateur 1000 KVA.

➤ **Résultat**



**Figure 32 : Le déplacement des deux départs vers le transformateur 1000 KVA**

Après l'alimentation des deux départs du TGBT de 1000 KVA en utilisant la deuxième solution, on voit que ce dernier devient trop chargé, par conséquent on devra débrancher quelques départs (Tableau 12) plus l'autre partie, donc il faut libérer 122 KVA+175 KVA qui égal à 297 KVA. A savoir que la sortie du disjoncteur de TGBT de 1000 KVA alimente les jeux de barre d'une armoire située dans la zone des Moyens chauds comme l'indique la figure 31.

➤ **Solution**

D'après la tableau 12 dans l'annexe 4 on voit qu'on peut libérer de l'armoire déjà indiqué précédemment deux départ ([deux Compresseur 40 bar et Etuve étalmatique 1](#)) pour respecter le cahier de charge qui exige d'optimiser la demande d'énergie da la part des consommateurs, par conséquent, il faut libérer 120 KVA+197 KVA qui égal à 317 KVA.

➤ **Résultat**

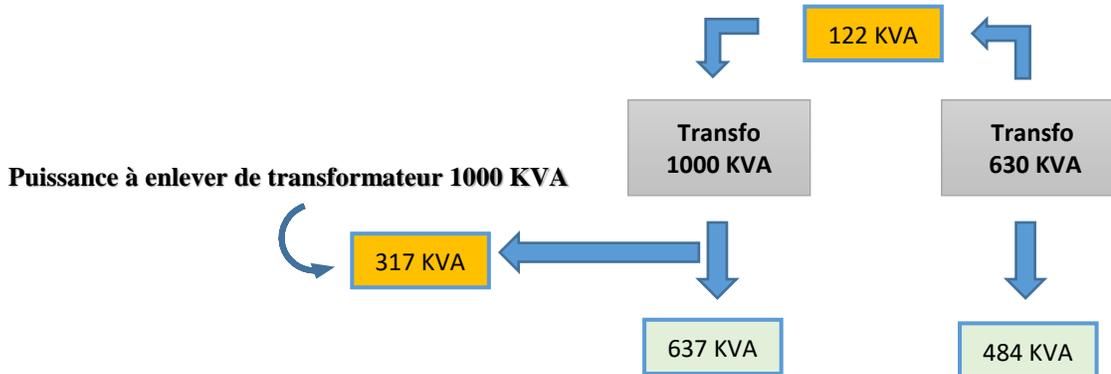


Figure 33 : Enlèvement de trois départs du circuit du transformateur 1000 KVA

D'après la figue 33 On a pu faire fonctionner les deux transformateurs 1000 KVA et 630 KVA avec les puissances apparentes de 484 pour le Transformateur 630 KVA et 637 KVA pour le transformateur 1000 KVA mais il reste à alimenter les trois départs de la tableau 14 avec le nouveau transformateur 1600 KVA.

En plus du fonctionnement optimal des deux transformateurs on a optimisé les longueurs des câbles.

## Conclusion

---

---

Notre projet de fin d'études, effectué au sein de STELIA MAROC, avait comme objectif de réaliser une Etude Technique et repérage d'installation électrique de la société & Dimensionnement d'un transformateur avec une nouvelle répartition de l'énergie.

Dans ce travail, nous avons respecté le cahier des charges qui nous a été proposé tout en intégrant à chaque fois, les orientations et les priorités de l'entreprise, ainsi que les remarques des professionnels du domaine électrique.

Durant la réalisation de ce projet, notre travail s'est résumé dans les phases suivantes :

- Analyse de l'existant
- Faire le bilan de puissance de la société.
- Analyse du choix du transformateur.
- Dimensionnement du transformateur.
- Dimensionnement des câbles.
- Repérage des armoires électrique et élaboration des schémas unifilaires.
- Repartions d'énergie sur les trois transformateurs.

Il est nécessaire de citer que la contrainte du temps pesait lourd : les quatre mois du stage n'ont pas été assez suffisants pour terminer notre projet. C'est pour cette raison que nous avons opté à un rythme de travail accéléré dès le début.

Cependant, ce Projet de Fin d'Etudes fut une opportunité d'enrichir nos compétences techniques, managériales et relationnelles. En effet, ce travail nous a permis de participer à la phase étude et ingénierie d'un projet qui représente un supplément de formation si riche dont nous avons eu la chance de bénéficier.

Ce projet nous a permis également de découvrir et maîtriser la technologie de Microsoft Visio et le logiciel de conception autoCAD, qui nous a donné l'occasion de raffiner nos capacités de conception et de réalisation des outils informatiques utilisés dans le domaine électrique.

## Perspective

---

---

- ✚ Dimensionnement des batteries de compensation de l'énergie réactif des 3 transformateurs.
- ✚ Dimensionner la protection des transformateurs de postes MT/BT.
- ✚ Faire une étude profonde de la répartition d'énergie appropriée consternant les trois transformateurs.
- ✚ Estimé le coût total de l'implantation de transformateur 1600 KVA.

# Bibliographie

---

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Poste\\_%C3%A9lectrique](https://fr.wikipedia.org/wiki/Poste_%C3%A9lectrique)

[http://www.bourse-elec.com/?attachment\\_id=988](http://www.bourse-elec.com/?attachment_id=988)

[http://www.schneider-electric.ma/documents/panelbuilders/en/shared/technical-ressources/Guide\\_installation\\_elec\\_2010.pdf](http://www.schneider-electric.ma/documents/panelbuilders/en/shared/technical-ressources/Guide_installation_elec_2010.pdf)

<https://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=11479>

<https://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=11479#c4355+c4353>

[https://www.nexans.ma/Morocco/2014/Catalogue%20Transformateurs%20NOVARE\\_7.pdf](https://www.nexans.ma/Morocco/2014/Catalogue%20Transformateurs%20NOVARE_7.pdf)

[http://blog.formatis.pro/wp-content/uploads/2014/07/chemins\\_07.png](http://blog.formatis.pro/wp-content/uploads/2014/07/chemins_07.png)

<http://fr.electrical->

[installation.org/frwiki/Dimensionnement des conducteurs et protection : méthodologie et définitions](http://fr.electrical-installation.org/frwiki/Dimensionnement_des_conducteurs_et_protection:_m%C3%A9thodologie_et_d%C3%A9finitions)

[http://lycees.acrouen.fr/maupassant/Melec/co/Reseau\\_HTABT/Dim\\_Cable/web/co/Dim\\_cab\\_tat\\_B2\\_1f.html](http://lycees.acrouen.fr/maupassant/Melec/co/Reseau_HTABT/Dim_Cable/web/co/Dim_cab_tat_B2_1f.html)

[http://www.cjoint.com/14jv/DAqrZG4J7ac\\_commentaires\\_bilan\\_de\\_puissance-forum.pdf](http://www.cjoint.com/14jv/DAqrZG4J7ac_commentaires_bilan_de_puissance-forum.pdf)

<https://www.installation-renovation-electrique.com/etiqueter-le-tableau-electrique-solutions-de-reperage/>

## Annexe 1

Type de transfo	Puissance nominale [kVA]	Coût des pertes à vide [€/an]	Coût des pertes en charge [€/an]	Coût des pertes totales [€/an]
<i>Hypothèses : fonctionnement = 8 760 h/an, charge moyenne du transfo sur l'année = 37 %, prix du kWh =6,5 c€</i>				
400	Transfo sec - pertes réduites	552	383	934*
	Transfo huile minérale	347	301	648
630	Transfo sec - pertes réduites	723	539	1262
	Transfo huile minérale	490	422	1586
800	Transfo sec - pertes réduites	797	734	1531
	Transfo huile minérale	541	574	1115

Tableau 12 : Comparaison des pertes des transformateurs sec et émergé

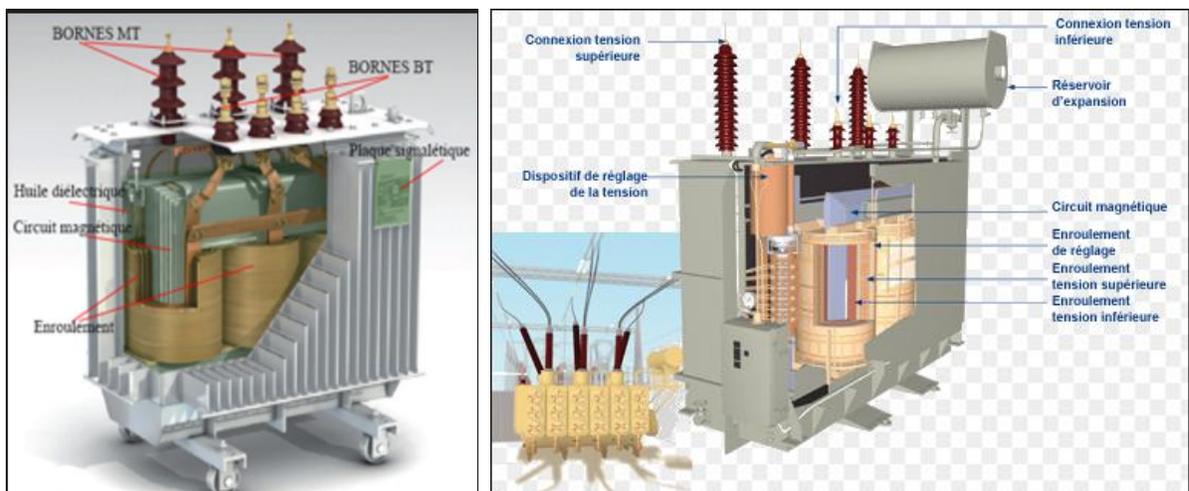


Figure 34 : Transformateur immergé dans l'huile

Tension la plus élevée du réseau ≤ 24KV / Tension secondaire à vide 400V

Puissance KVA	Pertes à vide W	Pertes en charge W	Tension de court- circuit	Courant secondaire assigné	Courant à vide	Chutes de tension à pleine charge		Rendement en %						Puissance accoustique
			Ucc	In	Io	cos φ = 1	cos φ = 0,85	cos φ = 1			cos φ = 0,85			LWA
			%	A	%	%	%	Charge						dB(A)
								50 %	75 %	100 %	50 %	75 %	100 %	
800	1400	10500	6	1154,7	1,8	1,22	4,10	99,19	99,03	98,82	99,05	98,86	98,62	67
1000	1700	13000	6	1443,4	1,7	1,22	4,10	99,20	99,04	98,82	99,06	98,87	98,62	68
1250	2100	18000	6	1804,2	1,4	1,45	4,26	99,08	98,86	98,60	98,92	98,66	98,35	70
1600	2600	20000	6	2309,4	1,6	1,42	4,24	96,27	96,99	97,21	95,64	96,48	96,73	71
2000	3100	26000	6	2886,8	1,8	1,47	4,28	99,05	98,83	98,57	98,88	98,63	98,32	74
2500	3500	32000	6	3608,4	1,9	1,45	4,26	99,09	98,87	98,60	98,93	98,67	98,36	76
3150	4500	34000	6	4546,6	2	1,25	4,12	99,18	99,01	98,79	99,04	98,84	98,58	76

Figure 35 : Caractéristiques électriques de Gamme des transformateur

P KVA	Dimensions					Galets		Traversées		Masse	
	L	I	A	Hauteur		Ø	EA	EA BT	EA HTA	Huile	Totale
	Longueur	Largeur	Hauteur cuve	H							
				BE 24KV*	BN 24KV**						
800	1900	1200	1210	1297	1610	160	820	160	300	580	2430
1000	2000	1240	1230	1317	1630	160	820	160	300	600	2950
1250	2100	1250	1440	1527	1840	200	1000	160	300	730	3250
1600	2160	1300	1440	1527	1840	200	1000	160	300	860	4200
2000	2220	1360	1580	1667	1980	200	1000	160	300	1100	4550
2500	2400	1440	1610	1697	2010	200	1000	200	300	1400	4900
3150	2550	1550	1680	1767	2080	200	1000	200	300	1530	6620

\* Bornes HTA Type embrochables

\*\* Bornes HTA Type porcelaines (normales)

Figure 36 : Dimension et masse de Gamme des transformateur Novar

## Annexe 2

### Facteurs de correction

#### Lettre de sélection

type d'éléments conducteurs	mode de pose	lettre de sélection
conducteurs et câbles multiconducteurs	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ sous conduit, profilé ou goulotte, en apparent ou encastré</li> <li>■ sous vide de construction, faux plafond</li> <li>■ sous caniveau, moulures, plinthes, chambranles</li> </ul>	<b>B</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ en apparent contre mur ou plafond</li> <li>■ sur chemin de câbles ou tablettes non perforées</li> </ul>	<b>C</b>
câbles multiconducteurs	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ sur échelles, corbeaux, chemin de câbles perforé</li> <li>■ fixés en apparent, espacés de la paroi</li> <li>■ câbles suspendus</li> </ul>	<b>E</b>
câbles monoconducteurs	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ sur échelles, corbeaux, chemin de câbles perforé</li> <li>■ fixés en apparent, espacés de la paroi</li> <li>■ câbles suspendus</li> </ul>	<b>F</b>

#### Facteur de correction K1

lettre de sélection	cas d'installation	K1
<b>B</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ câbles dans des produits encastrés directement dans des matériaux thermiquement isolants</li> </ul>	<b>0,70</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ conduits encastrés dans des matériaux thermiquement isolants</li> </ul>	<b>0,77</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ câbles multiconducteurs</li> </ul>	<b>0,90</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ vides de construction et caniveaux</li> </ul>	<b>0,95</b>
<b>C</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ pose sous plafond</li> </ul>	<b>0,95</b>
<b>B, C, E, F</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ autres cas</li> </ul>	<b>1</b>

#### Facteur de correction K2

lettre de sélection	disposition des câbles jointifs	facteur de correction K2											
		nombre de circuits ou de câbles multiconducteurs											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20
<b>B, C</b>	encastrés ou noyés dans les parois	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45	0,41	0,38
<b>C</b>	simple couche sur les murs ou les planchers ou tablettes non perforées	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70	0,70		
	simple couche au plafond	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61	0,61		
<b>E, F</b>	simple couche sur des tablettes horizontales perforées ou sur tablettes verticales	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72	0,72		
	simple couche sur des échelles à câbles, corbeaux, etc.	1,00	0,87	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78	0,78		

Lorsque les câbles sont disposés en plusieurs couches, appliquer en plus un facteur de correction de :

- 0,80 pour deux couches
- 0,73 pour trois couches
- 0,70 pour quatre ou cinq couches.

---

## Facteur de correction K3

températures ambiantes (°C)	isolation		
	élastomère (caoutchouc)	polychlorure de vinyle (PVC)	polyéthylène réticulé (PR) butyle, éthylène, propylène (EPR)
10	1,29	1,22	1,15
15	1,22	1,17	1,12
20	1,15	1,12	1,08
25	1,07	1,07	1,04
30	1,00	1,00	1,00
35	0,93	0,93	0,96
40	0,82	0,87	0,91
45	0,71	0,79	0,87
50	0,58	0,71	0,82
55	–	0,61	0,76
60	–	0,50	0,71

---

✚ Tableau des choix de section

	lettre de sélection	isolant et nombre de conducteurs chargés (3 ou 2)								
		caoutchouc ou PVC			butyle ou PR ou éthylène PR					
	B	PVC3	PVC2		PR3		PR2			
	C		PVC3		PVC2	PR3		PR2		
	E			PVC3		PVC2	PR3		PR2	
	F				PVC3		PVC2	PR3		PR2
section cuivre (mm <sup>2</sup> )	1,5	15,5	17,5	18,5	19,5	22	23	24	26	
	2,5	21	24	25	27	30	31	33	36	
	4	28	32	34	36	40	42	45	49	
	6	36	41	43	48	51	54	58	63	
	10	50	57	60	63	70	75	80	86	
	16	68	76	80	85	94	100	107	115	
	25	89	96	101	112	119	127	138	149	161
	35	110	119	126	138	147	158	169	185	200
	50	134	144	153	168	179	192	207	225	242
	70	171	184	196	213	229	246	268	289	310
	95	207	223	238	258	278	298	328	352	377
	120	239	259	276	299	322	346	382	410	437
	150		299	319	344	371	395	441	473	504
	185		341	364	392	424	450	506	542	575
	240		403	430	461	500	538	599	641	679
	300		464	497	530	576	621	693	741	783
400					656	754	825		940	
500					749	868	946		1 083	
630					855	1 005	1 088		1 254	
section aluminium (mm <sup>2</sup> )	2,5	16,5	18,5	19,5	21	23	25	26	28	
	4	22	25	26	28	31	33	35	38	
	6	28	32	33	36	39	43	45	49	
	10	39	44	46	49	54	59	62	67	
	16	53	59	61	66	73	79	84	91	
	25	70	73	78	83	90	98	101	108	121
	35	86	90	96	103	112	122	126	135	150
	50	104	110	117	125	136	149	154	164	184
	70	133	140	150	160	174	192	198	211	237
	95	161	170	183	195	211	235	241	257	289
	120	186	197	212	226	245	273	280	300	337
	150		227	245	261	283	316	324	346	389
	185		259	280	298	323	363	371	397	447
	240		305	330	352	382	430	439	470	530
300		351	381	406	440	497	508	543	613	
400					526	600	663		740	
500					610	694	770		856	
630					711	808	899		996	

## Annexe 3

### calcul de l'impédance de court-circuit

#### **Impédance du réseau amont :**

Dans la plupart des calculs, on ne remonte pas au-delà du point de livraison de l'énergie. La connaissance du réseau amont se limite alors généralement aux indications fournies par le distributeur, à savoir uniquement la puissance de court-circuit  $S_{cc}$  (en MVA).

L'impédance équivalente du réseau amont est

$$Z_{cc} = \frac{U^2}{S_{cc}}$$

U est la tension composée du réseau non chargé.

La résistance et la réactance amont se déduisent à partir de  $R_a / Z_a$  en HT par :

$R_a/Z_a \approx 0,3$  en 6 kV,  $R_a/Z_a \approx 0,2$  en 20 kV,  $R_a/Z_a \approx 0,1$  en 150 kV.

#### **Impédance interne du transformateur :**

L'impédance se calcule à partir de la tension de court-circuit  $U_{cc}$  exprimée en % :

$$Z_{cc} = \frac{U^2}{S_{cc}} * \frac{U_{cc}}{100}$$

U = tension composée à vide du transformateur,

$S_n$  = puissance apparente du transformateur.

$U * \frac{U_{cc}}{100}$  = tension qu'il faut appliquer au primaire du transformateur pour que le secondaire soit parcouru par l'intensité nominale  $I_n$ , les bornes secondaires BT étant court-circuitées.

#### **Impédance des liaisons :**

L'impédance des liaisons  $Z_L$  dépend de leur résistance et réactance linéiques, et de leur longueur.

$$R_L = \frac{\rho L}{S}$$

S = section du conducteur ;

$\rho$  = sa résistivité, mais dont la valeur à adopter n'est pas la même selon le courant de court-circuit calculé, maximum ou minimum.

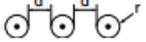
Règle	Résistivité (*)	Valeur de la résistivité ( $\Omega \text{ mm}^2/\text{m}$ )		Conducteurs concernés
		Cuivre	Aluminium	
Courant de court-circuit maximal	$\rho_0$	0,01851	0,02941	PH-N
Courant de court-circuit minimal				
■ avec fusible	$\rho_2 = 1,5 \rho_0$	0,028	0,044	PH-N
■ avec disjoncteur	$\rho_1 = 1,25 \rho_0$	0,023	0,037	PH-N (**)
Courant de défaut dans les schémas TN et IT	$\rho_1 = 1,25 \rho_0$	0,023	0,037	PH-N PE-PEN
Chute de tension	$\rho_1 = 1,25 \rho_0$	0,023	0,037	PH-N
Courant de surintensité pour la vérification des contraintes thermiques des conducteurs de protection	$\rho_1 = 1,25 \rho_0$	0,023	0,037	PH, PE et PEN

(\*)  $\rho_0$  = résistivité des conducteurs à 20 °C : 0,01851  $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$  pour le cuivre et 0,02941  $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$  pour l'aluminium.

(\*\*) N la section du conducteur neutre est inférieure à celle des conducteurs de phase.

*valeurs de la résistivité r des conducteurs à prendre en considération selon le courant de court-circuit calculé, maximum ou minimum (cf. UTE C 15-105).*

### Réactance linéique $X_L$

Mode de pose	Jeu de barres	Câble triphasé	Câbles unipolaires espacés	Câbles unipolaires serrés en triangle	3 câbles en nappe serrée	3 câbles en nappe espacée de «d» d = 2r	d = 4r
Schéma							
Réactance linéique valeurs recommandées dans UTE C 15-105 (en $\text{m}\Omega/\text{m}$ )		0,08	0,13	0,08	0,09	0,13	0,13
Réactance linéique valeurs moyenne (en $\text{m}\Omega/\text{m}$ )	0,15	0,08	0,15	0,085	0,095	0,145	0,19
Réactance linéique valeurs extrêmes (en $\text{m}\Omega/\text{m}$ )	0,12-0,18	0,06-0,1	0,1-0,2	0,08-0,09	0,09-0,1	0,14-0,15	0,18-0,20

- **Application au cas d'étude**

Câble de liaison entre le transformateur HT/MT et le jeu de barre de TGBT (tableau général base tension).

On a:

S= 1600 KVA;

U= 380 V;

$$I_b = \frac{S}{\sqrt{3} * U} = \frac{1600 * 1000}{\sqrt{3} * 380} = 2430,94 \text{ A}$$

- ✓ Le type d'isolant est PVC et la température ambiante 40°C : K3=0,91
- ✓ 4 circuit : K2=0,77
- ✓ Câble Multiconducteur : k1= 1

$$K=K1*K2*K3=0,7$$

$$I_a = \frac{I_b}{K} = \frac{2430,94}{0,7} = 3470 \text{ A}$$

D'après l'annexe 2 S= 3\*630 mm<sup>2</sup>

#### **✚ Vérification de la chute de tension**

$$\Delta U = \sqrt{3} * I_b * L * \left[ \frac{\rho}{S} * \cos \varphi + \lambda \sin \varphi \right] * \frac{100}{U}$$

$$\Delta U = \sqrt{3} * 2430,94 * 0,006 * \left[ \frac{23}{630} * 0,8 + 0,08 * 0,6 \right] * \frac{100}{380}$$

$$\Delta U = 0,51$$

#### **✚ Vérification des contraintes thermiques des câbles**

Calcul de courant de court-circuit

#### **Impédance du transformateur**

$$Z_t = \frac{U^2}{S_n} * \frac{U_{cc}}{100} = \frac{380^2}{1600*1000} * \frac{6}{100} = 0,0054 \Omega ; \quad X_t = Z_t = 0,0054 \Omega ; \quad R = 0,2 * Z_t = 0,00108 \Omega$$

#### **Impédance du câble**

$$X = 0,00008 \Omega \quad R = \frac{\rho L}{S} = 0,000219$$

$$Z_{cc} = \sqrt{(0,0054 + 0,008)^2 + (0,00008 + 0,000219)^2} = 0,00633 \Omega$$

$$I_{cc3} = \frac{U/\sqrt{3}}{Z_{cc}} = \frac{380/\sqrt{3}}{0,00633} = 34633,98 \text{ A}$$

On prendra temps de coupure du dispositif de protection en seconde à 3 S :

$$S = \sqrt{\frac{t_c \cdot I_{cc}^2}{k^2}} = \sqrt{\frac{3 \cdot 34633,98^2}{135^2}} = 444,35 \text{mm}^2 < S = 630 \text{mm}^2$$

**La section choisie est validée**

## Annexe 4

### Bilan de puissance du transto 630 KVA

Equipement	Quantité	Armoire	Alimentation	Courant nominal par équipement (A)	Puissance totale (KVA)	Facteur d'utilisation max	P d'utilisation max (KVA)	Facteur de simultanéité	Puissance d'utilisation (KVA)						
Eclairage Admin	—	Admin	220v, 1ph, N		15,52	1	15,52		15,52		15,52		15,52	1	15,52
ROOFTOPs	4	Climatisation pour l'administration	380V, 3ph, N+T	55	144,79	1	144,79		144,79		144,79		144,79		144,79
Climatisation pour	19		220v, 1ph, N		135,93	1	135,93		135,93		135,93		135,93	0,6	168,432
Eclairage Batiment de peint	—	Batiment de peinture	220v, 1ph, N		14,16	1	14,16		14,16		14,16		14,16		14,16
Cabine peinture 03	1		380V, 3ph, N+T	23	15,13	0,8	12,104		12,104		12,104		12,104		12,104
Cabine peinture 04	1		380V, 3ph, N+T	44	28,95	0,8	23,16		23,16		23,16		23,16		23,16
Cabine peinture 05	1		380V, 3ph, N+T	46	30,27	0,8	24,216		24,216		24,216		24,216		24,216
Cabine peinture 06	1		380V, 3ph, N+T	16,4	10,79	0,8	8,632		8,632		8,632		8,632		8,632
Cabines peinture termomecanica	3		380V, 3ph, N+T	14,8	58,44	0,8	46,752		46,752		46,752		46,752		46,752
Tables de ponçage (p)	4		380V, 3ph, N+T	8,5	22,37	—	22,37		22,37		22,37		22,37		22,37
Tables de ponçage (g)	4		380V, 3ph, N+T	10	26,32	—	26,32		26,32		26,32		26,32		26,32

$$15,52 + 106,6 = 122,8 \text{ KVA}$$

Tableau 13 : Puissance à enlever du transto 630 KVA

### Bilan de puissance du transto 1000 KVA

Equipement	Quantité	Armoire	Alimentation	caracteristique	Puissance totale (KVA)	Facteur d'utilisation max	Puissance d'utilisation max (KVA)	Facteur de simultanéité	Puissance d'utilisation (KVA)						
Compresseur 40bar	2		380V, 3ph, N+T	Puissance installée 75 kVA I=114 A	150	0,8	120		120		120		120		120
Etuve Italm 1	1		380V, 3ph, N+T	I=300 A	197,45	—	197,45		197,45		197,45		197,45		197,45

$$120 + 197 = 317 \text{ KVA}$$

Tableau 14 : Puissance à enlever du transto 1000 KVA