



## AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : [ddoc-memoires-contact@univ-lorraine.fr](mailto:ddoc-memoires-contact@univ-lorraine.fr)

## LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

[http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg\\_droi.php](http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php)

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>

# Université de Lorraine

## Faculté des sciences et technologies

Master Ingénierie Électrique Électronique  
et Informatique Industrielle

Spécialité : Génie électrique

Année universitaire 2013/2014

### **GESTION DE PROJET INDUSTRIEL**

Mémoire présenté par « Hoshina Yoshitaka »

Soutenu le 13/09/2014



**Air Liquide France Industrie**

Centrale de Richemont  
Route Nationale, 57270 Richemont

Tuteur Industriel : Thierry-Christian DURAND

Tuteur Universitaire : Bruno DOUINE

# Remerciements

---

Je remercie tout d'abord Monsieur LEDUC, directeur régional, pour m'avoir accueilli au sein de l'entreprise Air Liquide sur le site Richemont.

Je tiens plus particulièrement à remercier Monsieur Souhel BOUSTA, responsable régional maintenance, de m'avoir accordé sa confiance afin d'intégrer son service et confié des missions valorisantes.

J'exprime ma grande gratitude à mon maître de stage Monsieur Thierry DURAND, responsable électricité et instrumentation, pour avoir mis tous les moyens nécessaires au bon déroulement de mon stage et le temps consacré afin de mener à terme mes objectifs.

Je remercie enfin à l'ensemble du personnel pour mon intégration tout au long de ma venue et qui ont contribué, de près ou de loin, à faire de mon passage au sein du Groupe Air Liquide une expérience très enrichissante.

Un grand merci à tous.

# Avant-propos

---

La Centrale de Richemont possède deux unités de production « Richemont 1 » et « Richemont 2 ». Suite à la décision d'Air Liquide d'investir dans une nouvelle unité sur le site, un certain nombre d'équipements sont reconduits, notamment les équipements de distribution électrique qui datent des années 1977. D'où le projet de pérennisation du réseau électrique qui a vu le jour.

Dans la nouvelle configuration, l'unité Richemont I sera à l'arrêt, l'unité Richemont II sera en backup de la nouvelle unité Richemont III.

Suite à l'étude de pérennité faite, un certain nombre d'équipements seront à remplacer ou à remettre au niveau technique :

- Le transformateur TR03B, possédant un niveau d'acidité élevé
- Le transformateur TR03A présentant des points chauds suite à des analyses d'huile
- Le TGBT (tableau général basse tension) T12 est obsolète
- Transformateur T220 (220kV/63kV, 114 MVA)
- Tableau 6,6kV Richemont II.
- Relais de protections Tableau 6,6kV GEC Richemont II.
- Etc...

Air Liquide s'appuie sur les équipes du site pour assurer les travaux, notamment le service maintenance électrique dont je fais parti. C'est ainsi que m'ont été confiés les sujets suivants :

- Remplacement du transformateur TR03B 1600 kVA
- Remplacement du tableau électrique 400 V T12

# Sommaire

---

<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>5</b>
<b>1. PRESENTATION.....</b>	<b>6</b>
1.1 LE GROUPE AIR LIQUIDE .....	6
1.1.1 <i>Généralités.....</i>	6
1.1.2 <i>Historiques.....</i>	7
1.1.3 <i>Les activités du Groupe:.....</i>	8
1.2 LA CENTRALE DE RICHEMONT .....	9
1.2.1 <i>Généralité .....</i>	9
1.2.2 <i>Organigramme : .....</i>	10
1.2.3 <i>Procédé de séparation des différents constituants de l'air .....</i>	11
<b>2. PHASE ETUDES DU PROJET.....</b>	<b>12</b>
2.1 GESTION DE PROJET .....	12
2.2 ETUDE POUR LA REALISATION DES DOCUMENTS TECHNIQUES .....	13
2.2.1 <i>Localisation des équipements électriques du projet dans l'existant :.....</i>	13
2.2.2 <i>Etudes pour spécifier le nouveau transformateur « TR03B » .....</i>	14
2.2.3 <i>Etudes pour spécifier le nouveau TGBT « T12 » 400V .....</i>	18
2.2.4 <i>Etude pour la mise en lieu et place des nouveaux équipements spécifiés :.....</i>	22
<b>3. LES REALISATIONS DU PROJET :.....</b>	<b>25</b>
3.1 PREPARATION PROJET.....	25
3.2 ACHAT DES EQUIPEMENTS ELECTRIQUES ET PRESTATIONS DE TRAVAUX.....	26
3.2.1 <i>Spécification technique pour l'achat des équipements .....</i>	26
3.2.2 <i>Cahier des charges pour la prestation des travaux sur le site .....</i>	26
3.2.3 <i>Appel d'offre pour l'achat des prestations et des équipements .....</i>	27
3.2.4 <i>Suivi de mon projet .....</i>	28
<b>CONCLUSION.....</b>	<b>29</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>30</b>
<b>ANNEXES.....</b>	<b>31</b>

# Introduction

---

Dans le cadre de mon diplôme Master Ingénierie électrique, électronique et informatique industrielle, il nous est permis de mettre à profit nos connaissances et d'acquérir des expériences dans le monde industriel à travers un stage. J'ai choisi d'effectuer ce stage, d'une durée de 5 mois, au sein du Groupe Air Liquide dans la centrale de production à Richemont. Le choix du Groupe Air Liquide fut évident pour moi. En effet, le Groupe est le Leader mondial. Aussi, effectuer ce stage au sein de ce groupe représente pour ma part une garantie de découvrir le monde industriel dans les meilleures conditions.

Les deux sujets qui m'ont été confiés, m'ont permis de développer les aspects de gestion de projet ainsi que l'aspect technique.

Les dates des travaux ayant été fixés après mon stage, mes tâches à réaliser dans le cadre de ce projet sont :

- Spécification technique des nouveaux équipements (TR03B, TGBT T12)
- Cahier des charges des travaux à réaliser (mise en œuvre sur le site des équipements)
- Procédure d'achats des équipements et des prestations

J'ai été confronté à plusieurs problèmes tels que le temps (durée de stage, indisponibilité des sociétés en période d'été) et la mise à niveau des connaissances nécessaires (gestion de projet, technologies, procédures, etc.) afin de mener ce projet en autonomie.

J'ai pu également participer aux activités du service de la maintenance électrique à travers des opérations de diagnostic, le remontage et mise en service d'un moteur électrique avec son compresseur d'air d'une puissance de 8 MW.

Pour vous présenter de manière fidèle ces 5 mois passés au sein de la Centrale, il est naturel de présenter le Groupe Air Liquide avec la Centrale de Richemont, suivie des études préliminaires pour la réalisation de mon projet et la dernière partie développera mes réalisations de mon projet au sein de la Centrale.

# 1. Présentation

## **1.1 Le Groupe Air Liquide**

### *1.1.1 Généralités*

Air Liquide est un groupe industriel français spécialisé dans la production de gaz industriel, médical et de l'environnement, il est présent dans 80 pays dans le monde avec plus de 50 000 collaborateurs et sert plus de 2 millions de clients et de patients. Oxygène, azote et hydrogène sont au cœur du métier du Groupe depuis sa création en 1902.

Le groupe anticipe les enjeux majeurs de ses marchés, investit à l'échelle locale et mondiale et propose des solutions de haute qualité à ses clients, ses patients, et à la communauté scientifique.



**Figure 1 : Implantation mondiale du Groupe Air Liquide**

⊕ **Répartition dans le monde :**

- Europe : 51%
- Asie-Pacifique : 23%
- Amérique : 23%
- MO & Afrique : 3%

⊕ **Répartition des branches d'activités :**

- Industrie Marchand : 37%
- Grande industrie : 36%
- Santé : 19%
- Electronique : 8%

## Performance du Groupe : (en Million d'€)

	Chiffre d'affaire	Résultat net
2013	15 225	1 640
2012	15 326	1 609

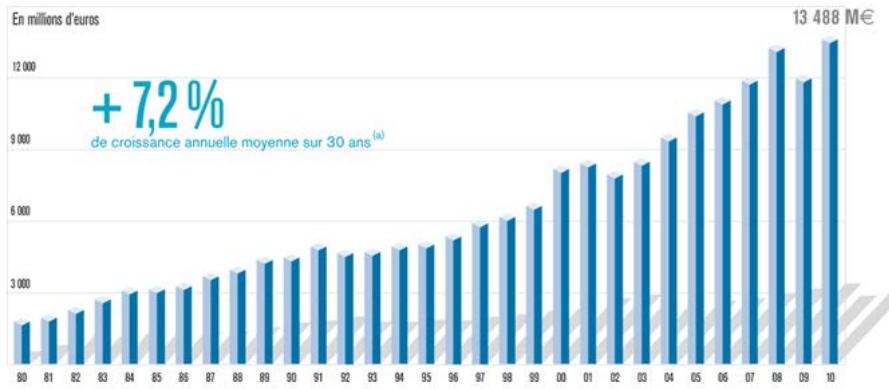


Figure 2: Chiffres d'affaires sur 30 ans

### 1.1.2 Historiques

#### Le 8 novembre 1902, la naissance d'Air liquide

Après 3 années de recherche de **Georges Claude** sur un projet de liquéfaction de l'air afin de séparer ses constituants : oxygène, azote, argon. Il abouti, le **25 mai 1902**, à un nouveau procédé de liquéfaction.

Le 8 novembre 1902, **Paul Delorme** réunit 24 actionnaires, principalement des ingénieurs, pour soutenir financièrement le projet. Paul Delorme est le premier président de **L'Air liquide, Société pour l'Exploitation des Procédés Georges Claude**. La société est alors dotée d'un capital de 100 000 francs.

#### A partir de 1906, Un développement fulgurant

S'appuyant sur un grand nombre de brevets, Air Liquide entame son développement en commençant par l'Europe avec la **Belgique, Italie, la Grèce et l'Espagne**, mais aussi sur d'autres continents comme le **Japon et le Canada...** Le fer de lance de la société est notamment une forte demande en oxygène pour le **soudage des métaux**.

En 1913, les techniques nouvelles d'**oxycoupage** et les innovations du **soudage électrique** à l'arc sont révolutionnaires pour les chantiers navals et l'industrie ferroviaire.

En 1952, le conditionnement en **réservoirs cryogénique** est développé qui est un **gain incontestable** et change la dimension de l'entreprise.

En 1960, Air Liquide inaugure son premier réseau de canalisations relié à l'unité de production de Richemont. Elle produit **150 tonnes par jour d'oxygène** qui alimentent les usines sidérurgiques du bassin. Aujourd'hui, Air Liquide possède dans le monde **8500 kilomètres** de canalisations pour distribuer azote, oxygène, hydrogène...

### ***1.1.3 Les activités du Groupe:***

- **Gaz industriels**

1. **Grande industrie**

Elle produit de l'oxygène, de l'azote, de l'argon, de l'hydrogène, du monoxyde de carbone et de la vapeur d'eau à divers secteurs (métallurgie, chimie, énergie, pétrole, gaz) grâce à un réseau d'usines et de canalisations.

2. **Industriel Marchand**

L'activité Industriel Marchand fournit à ses clients, issus d'un large éventail de secteurs, des gaz et des services fiables, de qualité et innovants, adaptés à leur secteur d'activités, leur permettant d'améliorer leurs produits et leurs procédés. Ces gaz sont livrés sur le site du client sous forme liquide par des camions citernes et sous forme gazeuse dans des bouteilles haute pression.

- **La santé**

1. **Gaz médicaux**

Les gaz médicaux permettent de soigner, de soulager la douleur, d'anesthésier et d'améliorer les fonctions respiratoires.

2. **Santé à domicile**

Air Liquide Healthcare prend en charge à leur domicile plus d'1 million de patients atteints de maladies chroniques, dont le traitement nécessite un équipement médical d'assistance respiratoire, de perfusion ou d'assistance nutritionnelle.

3. **Hygiène**

Air Liquide Healthcare, leader européen de la désinfection hospitalière contribue à combattre les infections et les pandémies grâce à une large gamme de désinfectants.

4. **Ingrédients de spécialités**

SEPPIC, filiale du groupe Air Liquide depuis 1986, conçoit et développe des ingrédients de spécialité - excipients et actifs - dédiés aux marchés de la cosmétique, de la pharmacie et des vaccins.

- **L'électronique**

Air Liquide est le premier fournisseur de gaz et de services associés aux principaux fabricants d'électronique mondiaux. Gaz vecteurs ultra-purs, gaz spéciaux et précurseurs avancés destinés à la fabrication de semi-conducteurs, d'écrans plats et de cellules photovoltaïques forment une offre intégrée qui couvre aussi l'installation «clés en main» des équipements de distribution de ces molécules, ainsi que les services de contrôle qualité sur site et de gestion de fluides.

- **Global E&C Solutions**

Air Liquide Global E&C Solutions (Global engineering and construction Solutions), Business Unit du Groupe Air Liquide, est un partenaire de choix pour le design, l'ingénierie et la construction d'unités de production à la pointe de la technologie. Grâce à nos collaborateurs et à leur capacité d'innovation constante, nous permettons à nos clients d'optimiser l'utilisation des ressources naturelles pour fournir une énergie propre et durable. Notre portefeuille de technologies Cryogenics, Lurgi et Zimmer nous permet de contribuer à la transformation du secteur de l'énergie ainsi qu'à la préservation et à la protection de l'atmosphère.

## 1.2 La centrale de Richemont



Figure 3 : centrale de Richemont

### 1.2.1 Généralités

La centrale Air Liquide de Richemont, dont la superficie du site est de 75 000 m<sup>2</sup>, se trouve en bordure de l'autoroute A31 entre Metz et Thionville. Elle est proche des frontières de l'Allemagne et du Luxembourg.

Des axes de communication permettent à Air Liquide de desservir rapidement ses différents clients :

- Autoroute A31
- Le réseau de canalisations (663 km).

Le rôle de la centrale de Richemont est de produire les différents constituants de l'air, l'Oxygène, l'Azote, l'Argon, le Krypton et le Xénon sous forme liquide et gazeux. La centrale possède plusieurs unités de production Richemont 1, Richemont 2. Une unité de production correspond à un Oxytonne capable de produire 1680 tonnes / jour d'oxygène pour Richemont 1 et de 1950 tonnes / jours d'oxygène pour Richemont 2.

### Canalisations d'oxygène, d'azote et d'hydrogène Réseaux EST

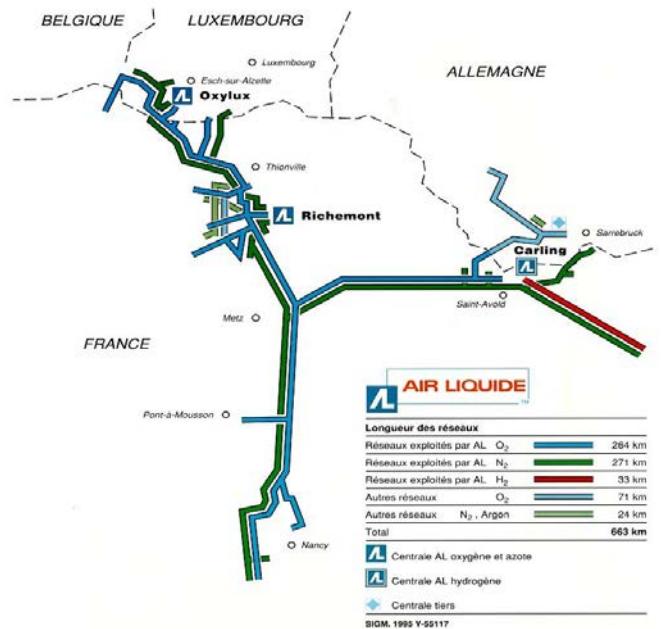


Figure 4 : Réseau de canalisation EST

Oxygène et azote gazeux acheminés par le réseau de canalisations

Pour les clients de :

- *La sidérurgie* (ArcelorMittal, Ascometal...)
- *La chimie - Pétrochimie* (Arkema, Ineos...)
- *La verrerie* (Luxguard...)

Oxygène, azote, argon liquides livrés par camions

Pour les clients de :

- *Les hôpitaux et cliniques*
- *La sidérurgie*
- *La chimie*

### 1.2.2 Organigramme :

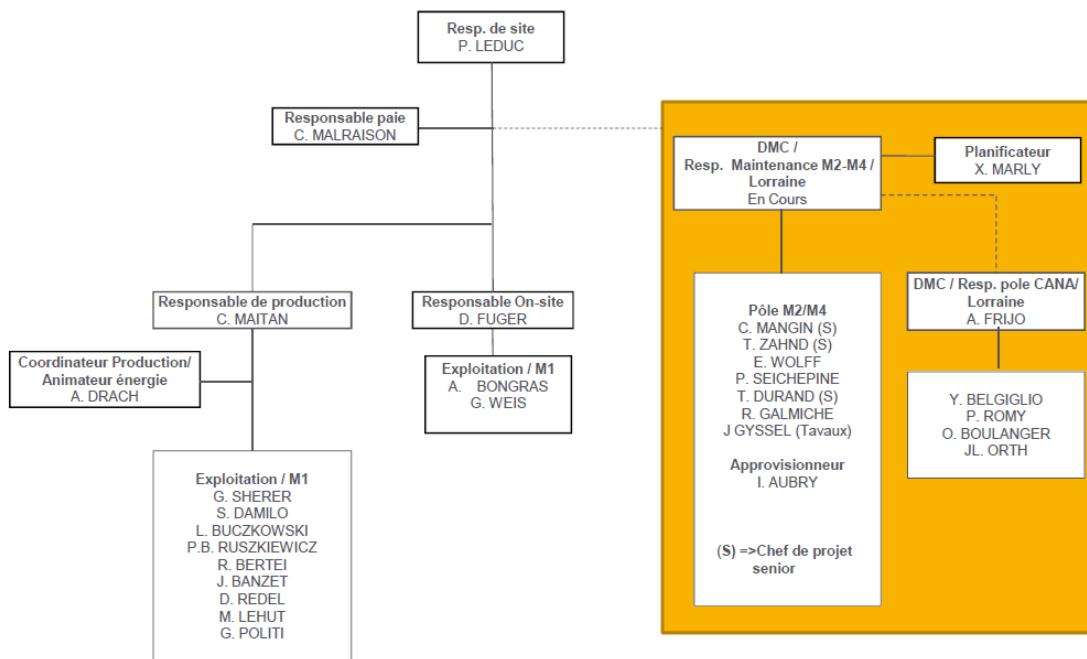


Figure 4: Organigramme

### 1.2.3 Procédé de séparation des différents constituants de l'air

Il s'agit de la distillation Azote, Oxygène, Argon appelé Air. A la pression atmosphérique, la température du point d'ébullition de l'oxygène est de  $-183^{\circ}\text{C}$  tandis que celle de l'azote est de  $-196^{\circ}\text{C}$ . Il faut donc descendre très bas en température pour séparer ces deux gaz.

#### ➤ Compression :

Tout d'abord, l'air, débarrassé de ses poussières, est comprimé à une pression de 5 Bar grâce au **compresseur d'air 24 MW**.

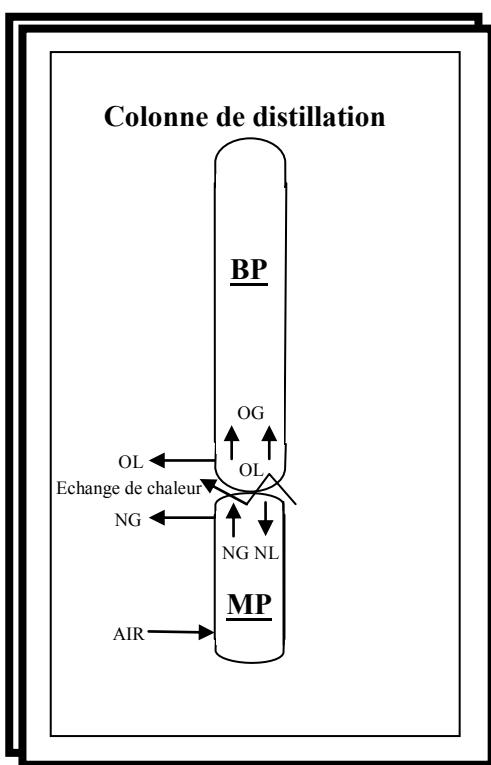
A la sortie du compresseur, la température de l'air dépasse  $70^{\circ}\text{C}$ . Cet air chaud va être refroidi à l'aide d'aéro-réfrigérants pour atteindre une température proche des  $20^{\circ}\text{C}$ .

#### ➤ Suppression de l'eau et du dioxyde de Carbone (CO<sub>2</sub>) et refroidissement de l'air :

Lorsque l'air est comprimé et refroidi, il faut supprimer l'eau et le CO<sub>2</sub> encore présent. En effet, ces substances risquent de boucher toutes les conduites lors du refroidissement de l'air.

#### ➤ Distillation de l'air :

Les composants de l'air, ayant des points de vaporisation différents pour une pression donnée, peuvent être séparés par distillation.



La colonne de distillation est composée de deux parties complémentaires :

- Partie **M.P.** (Moyenne Pression)
- Partie **B.P.** (Basse Pression)

L'air, après avoir été refroidi et épuré, est injecté dans la partie Basse Pression de la colonne.

A l'intérieur de la colonne, l'air va être distillé grâce à des plateaux de distillation. Ces plateaux permettent de favoriser le contact entre le gaz montant et le liquide descendant, enrichissant le liquide en produit moins volatile et le gaz en produit plus volatile.

Grâce à celui-ci, on pourra séparer les différents constituants de l'air et les récupérer sous forme gazeuse ou liquide.

#### ➤ Distribution :

Une fois les différents constituants de l'air ont été récupérés, les constituants sous forme gazeuse sont comprimés à 40 bars par des compresseurs réseaux (4, 8 et 11 MW) sont envoyés au réseau de canalisation et les constituants sous forme liquide sont envoyés dans les réservoirs de stockage (tank).

# 2. Phase études du projet

Avant d'entreprendre mon projet, il était primordial d'avoir toutes les connaissances nécessaires. Plus particulièrement, l'organisation pour mener à bien un projet et les études techniques liées à mes sujets.

## **2.1 Gestion de projet**

Les projets industriels au sein de la maintenance électrique sont généralement structurés en 5 phases :

### ➤ **Phase 0 : Identification**

L'objectif de la phase d'identification est de définir le besoin, les solutions, les fonds et les sponsors.

### ➤ **Phase 1 : Initiation**

C'est la phase où le besoin est identifié, la solution est choisie et un projet défini pour satisfaire le besoin. Il est accompagné par la charte projet qui est un document guide pour la réalisation du projet.

### ➤ **Phase 2 : Préparation**

Arrivé à ce stade, tous les attendus et les coûts du projet sont clairement documentés, les objectifs et les limites sont définis, et les équipes sont désignées. Il est maintenant nécessaire de réaliser un planning détaillé pour assurer les activités qui seront réalisées dans l'exécution et les phases de déploiement du projet seront bien séquencés, soutenus / ressourcés, exécutés et contrôlés.

### ➤ **Phase 3 : Réalisation**

Durant cette phase, les résultats définis dans la solution sont physiquement construits et livrés aux clients pour la réception définitive. Pour que toutes les exigences soient remplies, le responsable projet surveille et contrôle les activités, les ressources, le temps et les dépenses nécessaires tout au long de la phase d'exécution.

### ➤ **Phase 4 : Clôture**

Dans cette dernière phase du projet, le projet est préparé pour l'approbation officielle par le client et doit être conduit formellement de sorte que les résultats bénéfiques commerciaux soit pleinement exploités par le client.

Etant donné le temps limité de mon stage, mon champ d'action comprenait de la phase d'initialisation et s'arrêter à une partie des réalisations (suivis des équipements et prestations achetés).

## **2.2 Etude pour la réalisation des documents techniques**

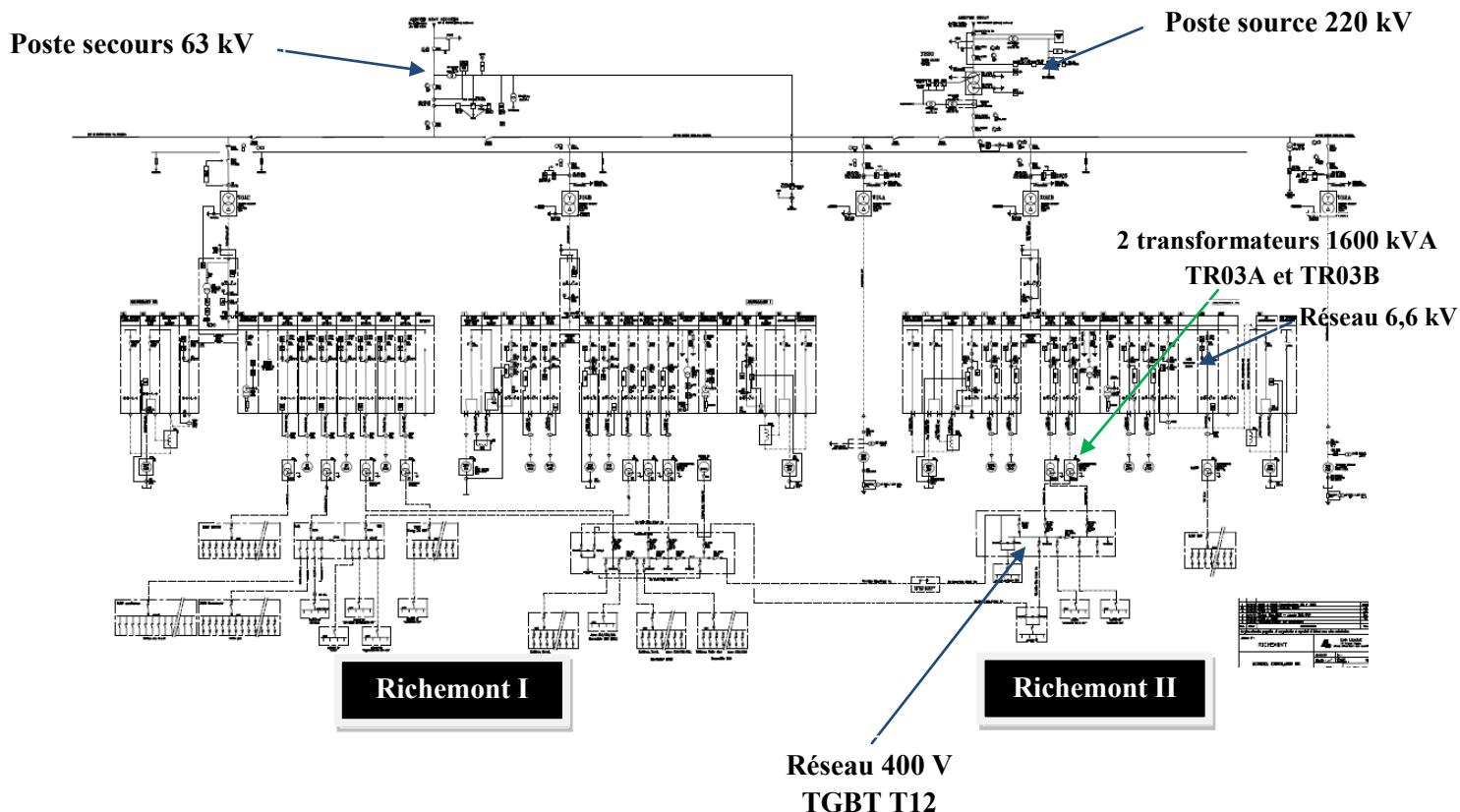
Nous traiterons dans cette partie, les études nécessaires pour la réalisation des documents techniques nécessaires pour le projet. Plus précisément, récupérer l'ensemble des données techniques, les valider ou proposer des choix d'amélioration pour les nouveaux équipements. Ces études ont été indispensables, d'autant plus que les documents relatifs au projet n'ont pas été réalisés ou archivé de part l'ancienneté (années 1970).

### **2.2.1 Localisation des équipements électriques du projet dans l'existant :**

Le réseau électrique de Richemont est alimenté par le poste source « Oxygaz » de 220 kV et un poste secours 63kV qui alimentent les 2 unités de productions. Il existe 3 réseaux de tension :

- 63 kV : Ce réseau alimente tous les transformateurs en tête des équipements des unités de production ainsi que ceux alimentant les compresseurs d'air 24 MW.
- 6,6 kV : 3 réseaux 6,6kV alimentent tous les transformateurs distribuant les réseaux BT de chaque unité de production et alimentent également les compresseurs réseaux.
- 400 V : Les réseaux BT 400V, alimentent tous les équipements auxiliaires, les commandes et protections électriques ainsi que la commande du groupe électrogène.

On remarque l'importance des réseaux 400V puisque chaque réseau BT est alimenté par plusieurs transformateurs et sont aussi reliés entre eux, ce qui permet la continuité de service.



**Figure 5: Schéma unifilaire Richemont II et de Richemont I**

## 2.2.2 Etudes pour spécifier le nouveau transformateur « TR03B »

Le TGBT T12 de Richemont 2 est alimenté par deux transformateurs 1600 kVA TR03A et TR03B. Ces deux transformateurs peuvent être couplés en parallèle afin d'assurer la continuité de service. De ce fait, chaque transformateur est dimensionné pour l'ensemble des charges et donc chargé à 50% en fonctionnement normal.

Figure 6: transformateur TR03B



### ➤ **Caractéristiques du transformateur existant TR03B**

#### 1. Caractéristiques électriques et des technologies

Puissance apparente : 1600 kVA
Transformateur abaisseur 6,6 kV/410V ; 50 Hz
Tension d'isolement primaire : 7,2 kV
Tension d'isolement secondaire : 1,1 kV
Tension diélectrique primaire : 20 kV
Tension de choc : 60 kV
$U_{cc\%} = 6\%$
Couplage : Yyn0
Technologie Immergé huile minérale.
Respirant avec conservateur
ONAN (refroidissement naturel).

#### 2. Accessoires et protections

- Le transformateur se trouvant à l'extérieur possède un IP55
- La peinture est anticorrosion pour le milieu industriel extérieur
- Possède deux emplacements de mise à la terre (HT/BT)
- Un anneau de levage
- Un dispositif de remplissage, vidange et prélèvement d'huile
- Un régulateur de tension 0, ±2,5, ±5%
- DGPT 2 (Détection Gaz Pression Température 2 seuils)
- Un thermomètre à cadran
- Un éclateur monté sur le point neutre

➤ **Dimensionnement du nouveau transformateur :**

- Choix de la technologie : (deux technologie)

- **Transformateur de type sec enrobé :**

Pouvant aller jusqu'à une puissance de 15 MVA, ce transformateur répond aux exigences les plus sévères, il a une excellente protection contre les contacts directs mais est plus cher. De plus, il ne peut-être installé à l'extérieur sans aménagements spécifiques.

- **Transformateur de type immergé (2 technologies) :**

- Transformateur respirant avec conservateur :

Ce sont des transformateurs avec un réservoir d'huile en contact à l'air ambiant. L'échange d'air est assuré par un assécheur qui empêche l'humidité de pénétrer dans le réservoir. Le conservateur a pour rôle d'absorber les dilatations thermiques de l'huile. Pour la maintenance courante, il sera nécessaire de remplacer l'assécheur suivant l'état (1 à 2 fois par ans) et faire des analyses d'huile plus fréquemment (3 ans)

- Transformateur étanche à remplissage total (ERT) :

Mise au point par France-Transfo, l'huile est dans une cuve étanche sans contact avec l'air. Les problèmes d'oxydation du diélectrique sont évités. La dilatation thermique est compensée par la déformation élastique de parois ondulées de la cuve. Le transformateur est alors simplifié :

- Une économie d'achat et d'un gain d'encombrement
- Une grande facilité de raccordement
- Une réduction considérable d'entretien (simple surveillance), pas d'assécheur analyse d'huile tout les 5 à 10ans)

→Choix :

La technologie du transformateur type sec enrobé n'est pas retenue car le local existant n'est pas adapté. La technologie type immergée avec conservateur, qui est la technologie actuelle, ne sera pas non plus retenue puisque la puissance du transformateur permet la technologie ERT qui présente de meilleurs avantages. Notre choix s'est donc orienté sur la technologie type immergée étanche à remplissage intégrale (ERT), car les périodes de maintenance sont plus espacées et le coût d'achat du transformateur est moindre.

- Choix du mode de refroidissement :

Technologie du mode de refroidissement est définie en 4 lettres :

- **1<sup>er</sup> lettre** est le type de fluide refroidissant en contact des enroulements
  - O : huile minérale ou liquide isolant de synthèse de point de feu inférieur ou égal à 300° C
  - K : liquide isolant avec point de feu >300° C
  - L : liquide de refroidissement à point de feu non mesurable
- **2<sup>ème</sup> lettre est le mode de circulation interne du fluide de refroidissement**
  - N : circulation par thermosiphon à travers le système de refroidissement et dans les enroulements
  - F : circulation à travers le système de refroidissement, circulation par thermosiphon dans les enroulements
  - D : circulation forcée à travers le système de refroidissement et dirigée du système de refroidissement jusqu'aux enroulements principaux au moins
- **3<sup>ème</sup> lettre est le fluide de refroidissement externe**
  - A : air
  - W : eau
- **4<sup>ème</sup> lettre est le mode de circulation du refroidissement externe**
  - N : convection naturelle
  - F : circulation forcée (ventilateurs, pompes)

→ Choix :

Les transformateurs 1600 kVA sont standardisés par la technologie de refroidissement de type ONAN. Nous conserverons la même technologie choisie.

- Détermination de la puissance optimale :

La méthode d'estimation de la puissance optimale du transformateur peut être plus ou moins sophistiquée. On procède en général de la manière suivante :

On établit un bilan des puissances pour déterminer la puissance appelée (ou absorbée) sur le réseau. On calcule successivement :

- la puissance installée  $P_i$  (somme des puissances actives en kW des récepteurs de l'installation)
- la puissance utilisée  $P_u$  (partie de la puissance  $P_i$  en kW réellement utilisée) en tenant compte :
  - des coefficients d'utilisation maximale des récepteurs (car ils ne sont pas en général utilisés à pleine puissance)
  - des coefficients de simultanéité par groupes de récepteurs (car ils ne fonctionnent pas en général tous ensemble)
- la puissance appelée  $S_a$  correspondant à  $P_u$  (car la puissance assignée des transformateurs est une puissance apparente en kVA alors que  $P_u$  est en kW) en tenant compte :
  - des facteurs de puissance
  - des rendements.

→ Choix :

La puissance appelée pour le transformateur TR03A est de 700 kVA et 650 kVA pour le transformateur TR03B. Notre contrainte est de maintenir une continuité de service du réseau 400V, ce qui implique que les transformateurs installés doivent être capables d'alimenter la charge totale du réseau. ( $S_a = 750 + 650 = 1300$  kVA, avec une réserve de 20%). La puissance optimale est de 1600 kVA.

- Choix du régime du neutre

Le régime du neutre permet la protection pour les personnes contre les contacts directs et indirects en cas de défaut d'isolement. Il définit le mode de liaison du neutre et de la carcasse métallique.

→ Choix :

- Au primaire : Régime type homopolaire

Un transformateur homopolaire permet de fixer la valeur du courant de fuite grâce à son impédance.

- Au secondaire : Régime IT

En industries où la continuité de service est prioritaire, avec la combinaison d'autres dispositifs tels que : normal secours, sélectivité des protections, localisation et recherche automatique du 1<sup>er</sup> défaut, le régime IT est nécessaire pour empêcher la coupure au premier défaut.

- Choix du couplage

En HT, le couplage au primaire est souvent en étoile car la tension supportée par la bobine est divisée par  $\sqrt{3}$  donc moins de spire et aussi lorsqu'on veut avoir accès au neutre. Coté BT, pour des fortes puissances, le couplage en triangle est préféré car le courant est divisé par  $\sqrt{3}$ .

Le couplage triangle présente un avantage de filtrage harmonique sur le rang 3.

→ Choix :

Pour notre transformateur de 1600 kVA le choix du couplage restera Yyn0. Les régimes du neutre imposent le couplage étoile au primaire et au secondaire et l'indice horaire doit être le même que le transformateur TR03A.

- Choix des protections et accessoires

- Le milieu industriel en extérieur impose l'IP55 et une peinture anticorrosion.
- Le régulateur de tension permet de compenser la chute de tension en charge.
- Un DGPT2 (détection gaz, pression et température à 2 seuils) est un dispositif de protection en cas d'anomalie liée au transformateur. Le premier seuil actionne une alarme et le deuxième déclenche l'arrêt de fonctionnement.
- Un éclateur monté sur le point neutre qui permet de relier le neutre à la terre en cas de surtension trop importante.

### 2.2.3 Etudes pour spécifier le nouveau TGBT « T12 » 400V

Le tableau général basse tension « T12 » est alimenté les équipements du réseau 400V de l'unité de production de Richemont II. L'appellation « T12 » provient de la capacité de comporter 12 tiroirs au maximum par colonne. Le T12 comporte 10 colonnes et la colonne « auxiliaire » alimente des dispositifs de protections.



**Figure 7 : TGBT T12**

➤ **Caractéristiques principales du TGBT existant :**

- Circuit de puissance : Alimente par 2 Transformateur 1600 kVA – 400 V, 50Hz
- Un couplage entre les deux disjoncteurs
- Circuit de control : Batterie 110V DC
- Jeu de barres en cuivre calibré pour une intensité de 2500A résistant à une intensité de court-circuit de 50 kA 1s
- Régime du neutre IT, neutre non distribué
- Forme 3b
- L'indice de service 333
- L'indice de protection est d'IP 329.
- Tiroirs débrochables avec 3 modes de fonctionnement (Débroché, test, embroché)

## ➤ Dimensionnement du nouveau TGBT

- Caractéristiques constructives du nouveau tableau

- Détermination de ma forme de séparation :

Les formes ou types de cloisonnement des ensembles permet de respecter les indices de protection, de limiter la propagation d'un arc électrique et de faciliter les opérations de maintenance.

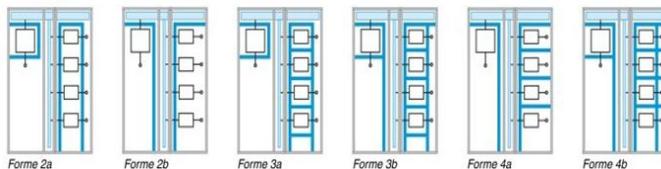


Figure 8: Les différentes formes

→Choix :

Pour le nouveau tableau, afin d'effectuer la maintenance en sécurité et avoir une meilleure protection contre les arcs électriques, il sera demandé la forme 4b. La forme 4b sépare les jeux de barres des unités fonctionnelles et sépare toutes les unités fonctionnelles entre elles, y compris les bornes pour conducteurs extérieurs.

- Détermination l'indice de service :

L'indice de service défini sans ambiguïté les contraintes auxquelles le tableau devra répondre vis-à-vis de la continuité d'exploitation dans le cas d'une intervention de maintenance ou d'évolution.

J'INTERVIENS SOUS TENSION		
L'EXPLOITATION "JE CONSIGNE LE TABLEAU, JE PEUX TESTER LES AUXILIAIRES"	LA MAINTENANCE "JE VEUX INTERVENIR SANS TOUCHER AUX RACCORDEMENTS"	L'ÉVOLUTION "JE VEUX RAJOUTER UNE UNITÉ FONCTIONNELLE"
<p>Le premier chiffre détermine le niveau de service du tableau lorsque l'on doit isoler tout ou partie de l'installation pour procéder à des interventions ou à des essais hors charge en toute sécurité :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>1XX</b>: toute opération nécessite l'arrêt complet du tableau</li> <li>• <b>2XX</b>: seule l'unité fonctionnelle concernée doit être arrêtée mais il n'est pas possible de tester les circuits auxiliaires hors charge</li> <li>• <b>3XX</b>: seule l'unité fonctionnelle concernée doit être arrêtée mais une position sécurisée permet le test des circuits auxiliaires hors charge</li> </ul>	<p>Le deuxième chiffre détermine le niveau de service lorsque l'on doit procéder à des opérations de maintenance sur le tableau (entretien, contrôle, réparation, remplacement d'éléments) :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>X1X</b>: toute opération nécessite l'arrêt complet du tableau</li> <li>• <b>X2X</b>: seule l'unité fonctionnelle concernée doit être arrêtée mais son remplacement demande une intervention sur les raccordements</li> <li>• <b>X3X</b>: seule l'unité fonctionnelle concernée doit être arrêtée et son remplacement peut se faire sans intervention sur les raccordements</li> </ul>	<p>Le troisième chiffre détermine le niveau de service du tableau lorsque l'on doit effectuer des modifications dans le tableau par réglage, remplacement ou adjonction d'éléments :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>XX1</b>: toute opération nécessite l'arrêt complet du tableau</li> <li>• <b>XX2</b>: seule l'unité fonctionnelle concernée doit être arrêtée et des emplacements de réserve sont équipés pour recevoir des unités fonctionnelles prédeterminées</li> <li>• <b>XX3</b>: seule l'unité fonctionnelle concernée doit être arrêtée et des emplacements de réserve non équipés peuvent recevoir des unités fonctionnelles de tous types</li> </ul>

Figure 9 : Indice de service

→Choix :

La continuité de service imposée est l'indice de service 333, seul l'unité fonctionnelle concernée doit être arrêtée en cas d'opération d'exploitation, de maintenance et d'évolution. Cela se traduit par la mise en place de tiroirs débrochable.

Chaque départ électrique sera dans un tiroir débrochable, avec plusieurs positions :

- Embroché : circuits puissance et auxiliaires connectés au jeu de barres
- Essai : circuit puissance isolé du jeu de barres, circuits auxiliaires connectés
- Débroché : tous circuits isolés des jeux de barres

- Détermination de l'indice de protection :

Il détermine la protection contre la pénétration des corps solides et liquides. L'indice de protection du T12 existant est IP329, ce qui signifie qu'il est protégé contre les corps solides supérieurs à 2,5 mm, contre les chutes de gouttes d'eau jusqu'à 15° de la vertical et contre les chocs mécaniques de 20 joules. Le 3<sup>ème</sup> chiffre représente la résistance face aux chocs de l'enveloppe de l'appareil. Il est maintenant normalisé par un indice appelé « IK » et la résistance face aux chocs mécaniques de 20 joules correspond à l'indice la plus élevée « IK10 ».

Résistance aux chocs de l'enveloppe de l'appareil				Indice de protection contre la pénétration des corps solides	Indice de protection contre la pénétration des liquides
Degré de protection contre les chocs	Energie de choc (joules)	Correspond à	Lâché d'une hauteur de	IP	NORME
IK 01	0,15	200 g	2,5 cm	IP 0 X	Pas de protection
IK 02	0,23	200 g	10 cm	IP 0 X	Pas de protection
IK 03	0,35	200 g	17,5 cm	IP 1 X	Protection contre les corps solides supérieurs à 50 mm ou une balle jusqu'à 5 mm de diamètre
IK 04	0,5	200 g	25 cm	IP 2 X	Protection contre les corps solides supérieurs à 12 mm
IK 05	0,7	200 g	35 cm	IP 3 X	Protection contre les corps solides (outils, fils d'acier) supérieurs à 2,5 mm de diamètre
IK 06	1	500 g	20cm	IP 4 X	Protection contre les corps solides (outils, fils de poche) supérieurs à 1 mm de diamètre
IK 07	2	500 g	40 cm	IP 5 X	Protection contre les poussières
IK 08	5	1700 g	29,5 cm	IP 6 X	Etanchéité à la poussière
IK 09	10	5000 g	29 cm		
IK 10	20	5000 g	40 cm		

**Figure 10 : Indice de service et protection**

→ Choix :

La norme Air Liquide impose IP3X pour les TGBT, et pas de contrainte sur la protection contre la pénétration des liquides.

La résistance face aux chocs de 20 joules se justifie au phénomène des arcs électriques pouvant générer de très grandes forces.

Le choix des indices de protections seront conservé à l'IP32 et IK10

- Détermination du mode de Raccordements des câbles de puissance et contrôle

Nous avons comme contrainte de ne pas faire de modification de génie civil, pour cela les arrivées des câbles se feront par le bas de la colonne et les raccordements se font par l'arrière.

- Détermination des départs électriques installés dans le tableau :

Le tableau sera identique à l'existant avec le même nombre de départ électrique à savoir :

- Deux arrivées 1600 kVA, 400V
- Un couplage de 2500 A
- 125 départs électriques repartis sur plusieurs colonnes en fonction de leur taille.

- Détermination des caractéristiques électriques :

Le TGBT est alimenté par deux transformateurs 1600 kVA et les circuits de control du tableau (les signaux de commandes, signalisations...) sont alimentés par 2 batteries 110V.

Le jeu de barres en cuivres est dimensionné pour une intensité de 2500A et pour une tenue en court-circuit de 50 kA 1s. On peut vérifier ces valeurs par des calculs simples :

- I<sub>N</sub> dans le jeu de barres :

$$S = \sqrt{3} * U * I = \sqrt{3} * 380 * I = 1600.10^3$$

$$I_{2N} = \frac{1600.10^3}{\sqrt{3} * 380} = 2431 A$$

- Tenue en court circuit :

Pour avoir ce courant il faut calculer le court circuit triphasé au secondaire du transformateur en tenant compte des impédances du réseau en amont, la méthode utilisée est la méthode des impédances.

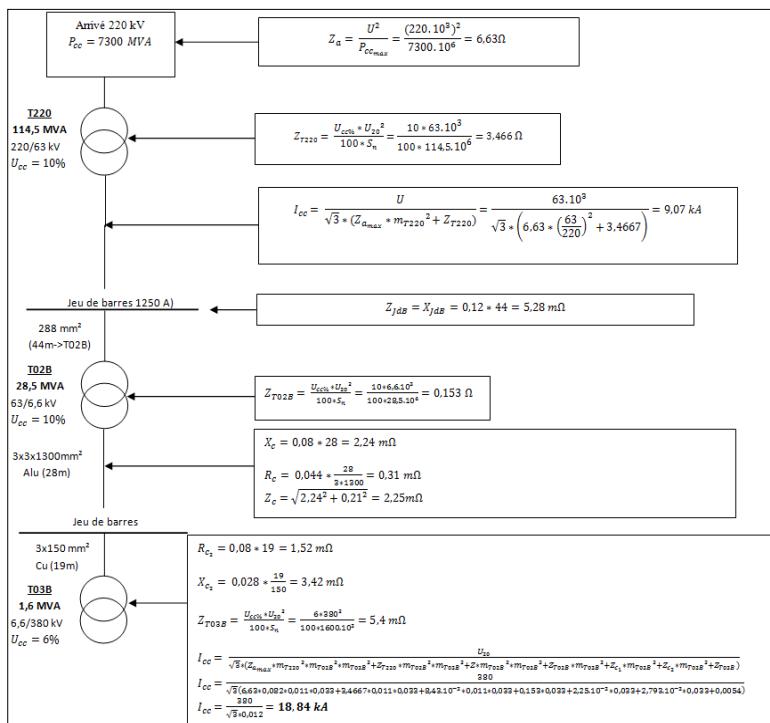


Figure 12 : Calcul du courant de court-circuit

Eléments considérés	Résistance R	Réactance X
<b>Réseau amont (vu du secondaire) :</b> Scc : puissance de court-circuit U20 : tension secondaire du transformateur	Ra/Xa = 0,15	Za = $\frac{U_{20}^2}{Scc}$
<b>Transformateur :</b> Sn : puissance apparente Ucc% : tension de court-circuit Pcu : pertes dues à la charge U1n : tension primaire nominale U20 : tension secondaire à vide	Rtr = $\frac{Pcu \cdot U_{20}^2}{Sn^2}$	Ztr = $\frac{U_{20}^2 \cdot Ucc\%}{100 \cdot Sn}$
<b>Disjoncteur :</b>	négligeable	XD = 0,15 mΩ/pôle
<b>Jeu de barres :</b> - négligeable S>200mm <sup>2</sup> - R = $\rho \frac{L}{S}$		XB = 0,15 mΩ/m
<b>Canalisation :</b> R = $\rho \frac{L}{S}$		XC = 0,08 mΩ/m

$\rho = 22,5 \text{ m}\Omega.\text{mm}^2/\text{m}$  pour le cuivre  
 $\rho = 36 \text{ m}\Omega.\text{mm}^2/\text{m}$  pour l'aluminium

S'il y a plusieurs conducteurs en parallèle par phase, diviser la résistance et la réactance d'un conducteur par le nombre de conducteurs

Figure 11 : Formulaire méthode des impédances

I<sub>cc3</sub> ≈ 19 kA pour 1 transformateur, donc environ 40 kA pour 2 transformateurs.

Remarques : Si l'on considère le réseau en amont infini, on trouve le courant de court circuit maximum au secondaire du transformateur (36 kA). Hors les deux transformateurs en amont possède un U<sub>cc</sub>% élevé, ce qui engendre une baisse sur le courant de court circuit.

## **2.2.4 Etude pour la mise en lieu et place des nouveaux équipements spécifiés :**

Les travaux de remplacements des équipements seront réalisés par des entreprises extérieures auxquelles nous demanderons des prestations précises. Il est donc nécessaire de réaliser un cahier des charges définissant l'ensemble des travaux à réaliser.

### **➤ Remplacement du transformateur TR03B :**

Le nouveau transformateur sera mis en lieu et place de l'existant, et cela implique une adaptation de son local, notamment une modification du système de récupération d'huile anti-feu. Comme contrainte, le transformateur est situé dans le poste source 220kV qui reste en fonctionnement afin de ne pas interrompre les activités de l'usine. Pour cela, la mise en place du nouveau transformateur nécessite la réalisation de différents travaux dans le local existant avec un ordre précis suivi de travaux remplacements.

#### **1. Travaux préparatoires**

- Les travaux seront réalisés sous poste source alimenté, l'entreprise prendra des dispositifs de sécurité pour les interventions.
- L'extraction du transformateur se fera sur rail puis remorqué par un chariot élévateur 4 roues motrices.
- Contrôle de compatibilité et modification si nécessaire :
  - Longueurs câbles
  - Les nouveaux instruments de contrôle
  - Du génie civil pour le transformateur et le bac de rétention

#### **2. Travaux de dépose**

- La consignation du transformateur s'effectuera par le responsable électricité du site de la manière suivante :
  - Mise en parallèle des transformateurs TR03A et TR03B
  - Mise à l'arrêt du transformateur TR03B
  - Débrochage des tiroirs HT/BT
  - Mise à la terre des câbles HT/BT
- La procédure de dépose (annexe V)

#### **3. Travaux de reposé**

- L'installation du transformateur avec le bac de rétention
- Procédure de remontage de l'ensemble des connections du transformateur
- Contrôle de fin de montage :
  - Faire les différents essais selon les normes IEC 60076 (diélectrique, pertes, résistances des enroulements,  $U_{cc}\%$  et rapport de transformation)
  - Faire la mise en service

#### 4. Mise en conformité du dispositif de récupération d'huile

- La protection contre l'environnement impose un système de rétention d'huile à contenance intégrale pour que le diélectrique ne puisse regagner le milieu naturel. Elle impose également un dispositif anti-incendie car l'huile minérale est très inflammable. Le dispositif actuel mis en place, est un fossé rempli de galets qui permet à huile de ne plus être consumée par le feu. Ce dispositif est anti-incendie et non un système de récupération d'huile. Il n'est donc plus conforme à la réglementation et nécessite de revoir le dispositif. 2 solutions étaient possibles :
  - Rendre la fosse étanche et de revoir les galets coupe-feu
  - Installer un bac de rétention
- Le choix s'est fait sur le bac de rétention pour cause économique et de simplicité. Les travaux nécessaires seront :
  - Enlèvement des galets contenus dans la fosse
  - Remplissage de la fosse existante jusqu' au niveau « zéro », avec du béton
  - Installation du bac de rétention

#### ➤ Remplacement du tableau TGBT T12 :

Le tableau électrique est un équipement entrant dans le fonctionnement des activités de l'usine et la mise en arrêt de ce dernier à des conséquences telles que l'arrêt de plusieurs machines. Un mode opératoire a dû être défini pour assurer la continuité des activités de l'usine. Le cahier des charges réalisé précise les travaux, et le phasage des différentes étapes.

##### 1. Travaux préparatoires

- Repérage des l'ensemble des câbles et conducteurs du tableau avant la déconnection des câbles.
- Contrôle de compatibilité et modification si nécessaire :
  - Longueurs câbles
  - Du génie civil
- Prévoir les moyens de levages pour le déplacement des colonnes
- Mise en œuvre des moyens nécessaires pour la destruction du TGBT en accord avec la vigueur en France, fourniture d'un BSDI et des certificats de destructions.
- Prises en compte des recommandations du constructeur du TGBT pour le montage

##### 2. Travaux dépose

- L'entreprise suivra la procédure de dépose (annexe) et stockera les colonnes sur les lieux déterminés par Air Liquide
- Destruction du tableau et valorisation du cuivre

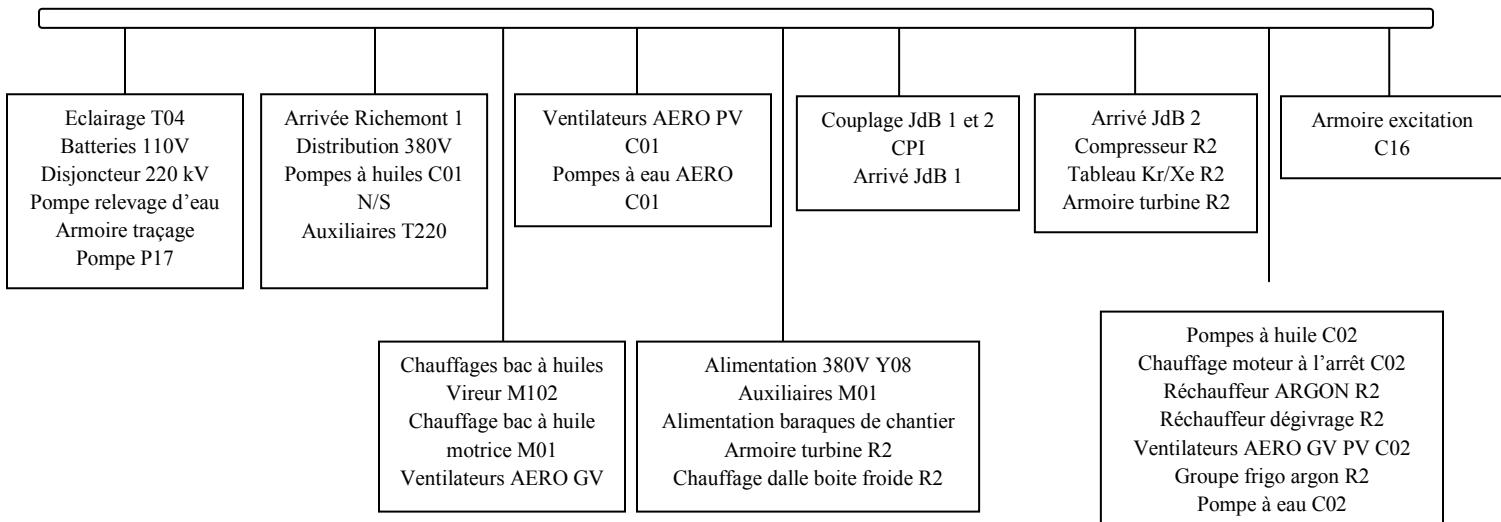
##### 3. Travaux repose

- Montage des colonnes aux emplacements définis.
- Installation des tiroirs selon le mode opératoire.
- Reconnexion des câbles.
- Essais et Remise en service.
- Control de la conformité du montage du tableau.

#### 4. Organisation des différentes étapes pour le remplacement du tableau.

Il était nécessaire d'identifier tous les équipements alimentés par le tableau pour établir un ordre de remplacement qui ne puisse nuire l'activité de l'usine.

Synthèse des équipements du tableau par colonne :



Après avoir identifié les différents équipements alimentés par le tableau, nous pouvons regrouper les équipements de sorte à pouvoir remplacer colonne par colonne. Pour cela, nous mettrons en place un tableau provisoire où l'on déplacera les départs des équipements ne pouvant être mis hors service. Nous arrivons à un remplacement du tableau en trois phases. Chaque phase détermine les travaux à réaliser avec sa préparation.

Tableau de synthèse :

Phase	Travaux	Préparation
1	Remplacement des colonnes 7-8-9 -10	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Déplacement du départ « armoire excitation C16 » (Arrêt du compresseur C16 et mise en service du compresseur C10 ou C01)</li> <li>- Consignation de l'arrivé TR03A et ouvrir le couplage du JdB 1 et JdB2</li> </ul>
2	Remplacement de la colonne 2-3-4-5-6	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Déplacement du départ « armoire excitation C16 » sur la nouvelle colonne</li> <li>- Déconsignation de l'arrivé TR03A et consignation de l'arrivé TR03B</li> <li>- Déplacement de du départ « 380V Y08 salle C04/C05 »</li> </ul>
3	Colonnes 1 et colonnes auxiliaires	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Déplacement du départ dans l'armoire auxiliaire « DJ 63 kV arrivé normal D63_1 »</li> <li>- Déplacement du départ dans l'armoire auxiliaire « DJ 63 kV distribution MT T02B »</li> <li>- Déplacement du départ dans l'armoire auxiliaire « ventilateur transfo T02B »</li> <li>- Déplacement du départ dans l'armoire auxiliaire « climatisation salle R2 »</li> <li>- Basculement en 63kV</li> <li>- Déplacement des départ « chargeur N°1 » et « chargeur N°2 » avec la continuité de service</li> <li>- Déplacement du départ « Pompe de relevage d'eau de cheminée »</li> </ul>

# 3. Les réalisations du projet :

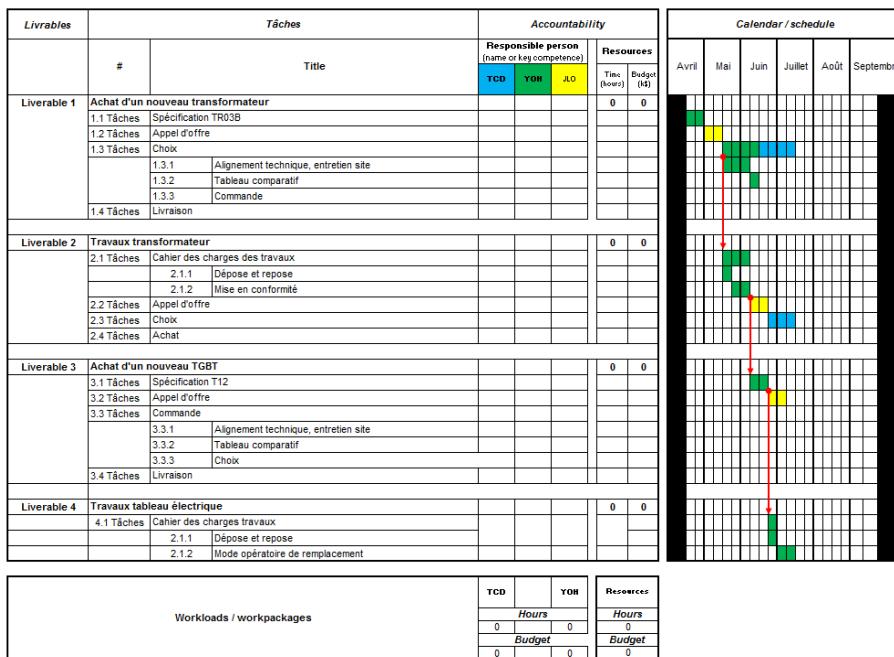
Cette dernière partie abordera mes réalisations de mon projet par rapport à mon cahier des charges, c'est-à-dire la spécification des nouveaux équipements, préparation des travaux et la procédure d'achat des équipements et prestations travaux.

## 3.1 Préparation projet

Lors de ma présentation de mon projet, le problème a été identifié, la solution choisie et les fonds nécessaires ont été accordés. Le premier document à réaliser était la charte projet. C'est un document compréhensif qui décrit les aspects clefs du projet et donne aux personnes responsables une vision suffisante pour prendre des décisions. Il comporte 3 parties :

- Les objectifs, les limites et les résultats
- Etude de faisabilité et l'organisation
- Les budgets, les risques et le calendrier général

La charte projet permet ensuite de faire un planning en mettant en respectant les objectifs fixés avec leurs délais. Le planning ci-dessous a été un document guide tout au long de mon projet.



**Figure 13: Planning projet**

### Définitions :

- Une **tâche** est une action à mener pour aboutir à un résultat.
- Un **livrable** est tout résultat, document, mesurable, tangible ou vérifiable, qui résulte de l'achèvement d'une partie du projet ou de son intégralité.
- Les **jalons** d'un projet se définissent comme des événements clés d'un projet, des dates importantes de réalisation d'un projet, une réalisation concrète (production de livrables).

## **3.2 Achat des équipements électriques et prestations de travaux.**

Suite à la validation des principales données techniques, l'ensemble des ces informations se retrouvent regroupés dans une spécification technique pour l'achat des équipements et dans un cahier des charges travaux pour l'achat des prestations. Ces documents feront partie du dossier technique transmis pour l'appel d'offre auprès des constructeurs de tableaux comme l'élaboration de leurs offres technique et commerciale.

### **3.2.1 Spécification technique pour l'achat des équipements**

La spécification technique est un document qui traduit un besoin en termes d'exigences et contraintes techniques. Elle doit être suffisamment détaillée pour que le concepteur réponde à l'offre sans ambiguïté. Elle doit contenir :

- Objet de la demande qui définit le but et le domaine d'application.
- Les personnes en charge du projet et référents techniques
- Les documentations de référence que doit impérativement être appliquée dans la réalisation du produit.
- Caractéristiques techniques du produit
- Les exigences.
- Les contraintes
- Les limites des prestations

La spécification du nouveau transformateur est principalement résumée par les caractéristiques du transformateur. Alors que pour le nouveau TGBT, les contraintes multiples génèrent des relevés sur site plus importantes pour fournir des renseignements tels que les dimensions des câbles, des protections avec leurs réglages, les schémas électriques, etc.

### **3.2.2 Cahier des charges pour la prestation des travaux sur le site**

Pour la réalisation des travaux, nous ferons appel aux prestations des entreprises. Pour ce faire, nous réaliserons des cahiers des charges travaux. Le cahier des charges travaux précisera l'intervention étape par étape afin que l'entreprise puisse chiffrer l'offre correctement. Il précise également les plans d'encombrement des équipements et des locaux, des matériels à disposition et ceux à prévoir, de l'environnement et des limites de chaque partie. Il m'a fallu apprendre les procédures de remplacements de chaque équipement, proposer le mode opératoire le plus optimal en respectant la sécurité, le temps, la facilité et la continuité de service.

### 3.2.3 Appel d'offre pour l'achat des prestations et des équipements

L'appel d'offres regroupe plusieurs documents composés des spécifications techniques, des documents relatifs aux achats fournis par l'acheteur régional. Lorsque l'ensemble des documents sont prêts, l'acheteur régional fait les consultations auprès des fournisseurs qualifiés. En moyenne, le temps de réponse des sociétés aux appels d'offre est de 2 semaines à 1 mois. Suite aux offres reçues, je procédaient à un alignement technique qui permet d'avoir un produit répondant parfaitement à la spécification pour tous les fournisseurs. En effet, les fournisseurs proposent parfois leurs caractéristiques standards. Pour mieux évaluer techniquement, commercialement et comparer les offres, j'ai réalisé un tableau comparatif. Celui-ci me permet de voir les écarts techniques et commerciaux. Suite à cet alignement et avec des échanges techniques, ce document sert de référence auprès de l'acheteur pour la négociation commerciale finale.

AC 070 SANDOUILLE TRANFO HPN TRANSFORMATEUR	CdC Air Liquide	SCHNEIDER	CONTREP				
		TECHNIQUE	PRIX	Solution retenue	TECHNIQUE	PRIX	Solution
<b>Puissance</b>	<b>1600 kVA</b>	Conforme		Conforme			
Type	ONAN , remplacement intégral	Conforme		Conforme			
Uac	62kV	Conforme		Conforme			
Couplage	Y <sub>000</sub>	Conforme		Conforme			
Un primaire	6,6 kV	Conforme		Conforme			
Isollement primaire	7,2 kV	Conforme		Conforme			
Test isolément primaire	20kV	Conforme		Conforme			
Tension d'essai au choc de foudre		60kV		60kV			
Puissance réactive consommée à 10%		à 1,1Un 40 kVAR		à 1,1Un 40 kVAR			
Tension secondaire à vide	410V	Conforme		410V			
Isolation secondaire	lkV	Conforme		1kV			
Test isolément secondaire		3kV		3kV			
Tension d'essai au choc de foudre		N/A		N/A			
Perte à vide (normal/reduit)		2200 W / 1700 W		2300 W / 1900 W			
Perte en charge (normal/reduit)		20 000 W / 14 000 W		18 800 W / 14 000 W			
Perte totale (normal/reduit)		22 200 W / 15 700 W		21 800 W / 15 900 W			
Masse total (normal/reduit)		3300 kg / 3700 kg		37000 kg / 40 000 kg			
Masse d'huile (normal/reduit)		780kg		800 - 850 kg			
Dimension l x w x h (normal/reduit)		1820x1630x2175 / 2000x1670x2100		2000x1250x1900 / 1900x1700x2200			
Distance entre les rails	820 cm	820x820 mm		Conforme			
caractéristiques acoustiques à vide (normal/reduit)	80 dB	59 dB / 54 dB		Niveau de bruit maxi 71dB			
caractéristiques acoustiques en charge (normal/reduit)	82 dB	71dB / 66 dB		Niveau de bruit maxi 71dB			
Indice de protection	IP55	Conforme		Conforme			
gaine de courroie bidirectionnelle		Conforme (4)		Conforme			
anneau de levage		Conforme (2)		Conforme			
Z emplacements de mise à la terre		Conforme (2)		Conforme			
dispositif de vidange-révane de prélevement d'huile		Conforme		Conforme			
dispositif de remplissage		conforme		Conforme			
Prises de réglage hors tension	0 ; +/- 2,5%, +/- 5% (5 positions)	Conforme		Conforme			
plaqué de constructeur		conforme		conforme			
Protection par relais	DGPT2 4 contacts (2NO+2NF)	DMCR blindé		DGPT2 blindé			
1 doigt de gant pour sonde		Conforme		conforme			
1 thermomètre à cadran		Conforme		conforme			
1 blindage magnétique du DGPT2		DMCR blindé		conforme			
Ecouteur (type Cardew), a monter sur le point neutre du transformateur		Conforme		conforme			
Traitement anti corrosion C4		oui		Garantie 3 ans			
Peinture	UL selon standard du constructeur	garantie 5 ans R3		1 PEINTURE EPOXY POLYURETHANE			
Huile minérale libre							
Analyse d'huile	ne + plomberies des différentes vannes de vidanges + remplissages			Oui			
essai déflecteur		conforme		conforme			

Figure 14: Extrait tableau comparatif transformateur.

#### Exemple de proposition de choix:

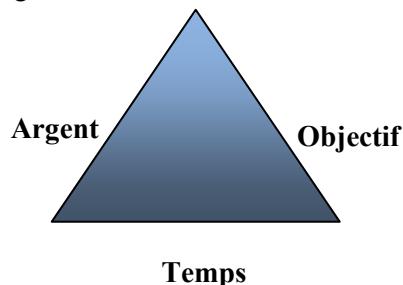
Le fournisseur propose un choix entre un transformateur normal ou à pertes réduites (CoBk) pour chaque transformateur. Comme son nom indique, le transformateur à pertes réduites est de meilleure qualité et génère moins de pertes. Voici leurs caractéristiques :

	Pertes à vide (kW)	Pertes en charges (kW)	Prix (k€)
Transformateur Standard	2,2	20	26
Transformateur CoBk	1,7	14	29

En sachant que les pertes à vide sont à prendre en compte intégralement et les pertes en charges de moitié puisque le transformateur est chargé à 50% avec un prix moyen de l'énergie électrique est de 42€/kWh. Le transformateur CoBk économise 3,5 kW, ce qui nous donne un gain économique de 1287 €/ans. De ce fait, cet achat sera rentabilisé en un peu plus de 2 ans, à savoir que c'est un investissement d'au moins 20 ans.

### 3.2.4 Suivi de mon projet.

Le but du responsable projet consiste à respecter ces 3 éléments car si un de ces éléments est affecté, le triangle entier se désagrège.



#### ➤ Suivi des appels d'offres :

Les offres parties en consultation étaient soutenues de renseignements complémentaires pour assurer la qualité des retours (relevé sur site ou rendez vous), mais aussi des relances pour le respect du temps.

- La spécification du transformateur avec sa mise en œuvre a été faite et est partie en consultation et nous avons eu tous les retours pour le nouveau équipement mais pas tous les retours pour les travaux.
- Pour le nouveau TGBT, la spécification a été réalisé et avons reçu une partie des offres. La mise en œuvre de ce dernier est en cours de validation.

#### ➤ Suivi des achats :

Après achat des équipements transformateur, une réunion de lancement s'en suit sur site dont le but est de valider point par point les moindres détails du projet (les délais, les caractéristiques...). Les délais sont très importants puisqu'ils permettent de finaliser le dossier de consultation pour la mise en œuvre des nouveaux équipements comme les plans d'encombrements. A l'heure actuelle, le transformateur est acheté et sommes en attente pour d'offres pour le reste.

# Conclusion

---

Au sein du service maintenance de la centrale de Richemont, mes deux sujets confiés étaient le remplacement de deux équipements électriques :

- Le transformateur TR03B
- Le TGBT T12

La réalisation de ce projet s'est orientée sur deux axes, le premier est la gestion de projet industriel et le second se porte sur les études de conception de ces équipements.

Dans un premier temps, nous avons vu l'intérêt de préparer le projet dans le but d'avoir une vision globale grâce aux documents guides. Le but étant de réaliser tous les préparatifs avant la phase des travaux. La compréhension de la conception des installations existantes est l'étape clé pour résoudre ce genre de projet. En effet, nous avons pu déterminer les caractéristiques techniques de nos équipements et les valider ou proposer des choix d'amélioration. Ce qui nous a permis de spécifier les nouveaux équipements, de préparer les travaux de mise en œuvre et enfin lancer les consultations auprès des entreprises.

Cependant, le temps qui nous était imparti et l'indisponibilité des sociétés durant certaine période de l'année ne nous a malheureusement pas permis d'aborder les mises en œuvre sur site, notamment par la coordination et le suivi des travaux qui aurait finalisé mon projet.

Malgré cela, l'autonomie demandée dans ce projet m'a permis d'étendre mes connaissances dans la gestion de projet, les connaissances techniques, de développer des échanges avec des professionnels et tout cela, a abouti sur un stage complet et enrichissant.

# Bibliographie

---

- [1] ALFI, « One line diagram »
- [2] ALFI, « Suivi Projet (charte, planning)»
- [3] ALFI, « rapport sélectivité AINF 2000)»
- [4] Schneider-electric, « Guide de la distribution électrique basse tension et HTA – 2009 »
- [5] Schneider-electric, « Compléments techniques distribution électrique BT et HTA - 2012 »
- [6] M.LUBIN, « Calcul des courants de court-circuit »

# Annexes

---

**ANNEXE I** : Planning

**ANNEXE II** : Schéma unifilaire

**ANNEXE III** : Plan d'encombrement du transformateur TR03B

**ANNEXE IV** : Tableau BT T12 Richemont 2

**ANNEXE V** : Spécification du nouveau transformateur

**ANNEXE VI** : Spécification du nouveau TGBT

**ANNEXE VII** : Cahier des charges travaux pour la mise en œuvre du transformateur

**ANNEXE VIII** : Cahier des charges travaux pour la mise en œuvre du TGBT

**ANNEXE IX** : Offre transformateur Schneider-electric

**ANNEXE X** : Offre TGBT Hazemeyer

**ANNEXE XI** : Tableau comparatif transformateur

## **RESUME :**

Ce rapport décrit la gestion de projet industriel dans le remplacement des équipements électriques qui sont un transformateur 1600 kVA et un TGBT 400V. Il traite la gestion de projet industriel et les études de dimensionnement de ces équipements. Le but est de spécifier les nouveaux équipements et la mise en œuvre sur site, qui serviront à la procédure d'achat des équipements et des prestations travaux.

## **MOTS-CLES :**

Gestion de projet industriel, réseau électrique, dimensionnement.

## **ABSTRACT :**

This report describes the management of industrial project in the replacement of electricals equipments that is a electrical transformer 1600 kVA and electrical panel 400V. It deals how to manage an industrial project and electrical equipments sizing. The goal is to achieve specify new equipment and implementation on site, to be use in the pourchasse process equipements and services works.

## **KEYWORDS :**

Project management, electricity network, design.