

CONFIDENTIEL

**POTIER Mathieu**

**ESTIA 2010**



4 Février 2008 – 27 mars 2008

## I - Remerciements

Tout d'abord je voudrais remercier Monsieur Daniel Breton qui m'a permis d'effectuer mon stage au sein du service Electricité industrielle d'Endel Nouvelle Calédonie.

Je remercie Monsieur Philippe Duchesne mon tuteur de stage de m'avoir confié un projet industriel de cet ampleur, concret et extrêmement enrichissant.

Je souhaite également remercier Eric Bagole, chef du bureau d'étude électricité industrielle et son équipe pour leurs conseils.

Je terminerai en remerciant tout spécialement Mathieu Jospin, Nicolas Bensalem et Michel Carjarc de m'avoir transmis leurs connaissances de l'instrumentation et de la préparation de grands projets industriels.

## II - Sommaire

	pages	
I	Remerciements	2
II	Sommaire	3
III	Préambule	4
IV	Le thème du stage	5
V	L'entreprise et le contexte du projet	7
VI	Etude du projet	10
VI-I	Etude du besoin	11
VI-II	Analyse du problème	12
VI-II-I	La chaîne de production du nickel	12
VI-II-II	L'installation électrique interne	15
VII	Etude de la préparation électrique	19
VIII	Conception d'une solution	20
VIII-I	Scénario de déroulage	22
VIII-II	Planification de l'intervention électrique haute tension	33
VIII-III	Etudes, préparation et planification de l'installation électrique zone four	34
IX	Gestion de projet	38
X	Conclusion	40
XI	Bibliographie	41
XII	Annexes	42

### III - Préambule

L'étude électrique de la rénovation du Four Demag 9 contient des plans et des documents généraux d'implantation du site SLN de Doniambo et une partie des implantations électriques.

Pour rester en accord avec la Société Le Nickel le contenu du rapport de stage fait l'objet d'une close de confidentialité.

*Annexe 1 : Confidentialité*

## IV - Le thème du stage

Mon stage chez Endel Nouvelle Calédonie consiste à compléter une partie de l'étude électrique et la préparation de l'intervention sur site du Four Demag 9 de notre client la Société Le Nickel (SLN).

L'étude électrique du four est découpée en lots. Ces lots proviennent de l'appel d'offre du client la SLN. Notre étude et les travaux à effectuer sont donc directement liés aux marchés gagnés par l'entreprise et attribués par le client après analyse de la réponse à l'appel d'offre.

Pour la rénovation du four qui sera complètement démantelé, le département électricité industriel a en charge la pose des liaisons hautes tensions entre les différents postes électriques, l'équipement électrique du four (partie qui sera plus détaillée par la suite), la conception et la pose des automates du four.

Mon travail sur ce projet se situe au niveau du tirage du câble haute tension et l'équipement électrique du four.

Pour l'étude de la pose du câble haute tension, j'ai été convié à rédiger le scénario de déroulage du câble haute tension à remettre au client et à effectuer la planification de l'intervention.

Dans le cadre de l'étude de l'équipement électrique du four Demag, j'ai pris part à la préparation de l'intervention qui comprend la préparation proprement dite d'un point de vue matériel de l'intervention, le passage des plans constructeurs en Bon Pour Exécution et la planification des interventions.

Ce projet est pour Endel Nouvelle Calédonie le plus important de l'année. Les études du projet se déroulent pendant les six mois précédents le début du démantèlement du four et la majorité du bureau d'étude travaille sur le projet pendant cette période. L'atelier de fabrication des châssis automates et des coffrets électriques qui équiperont le four, travaille

POTIER Mathieu

déjà depuis décembre 2007 sur ce projet. Pendant la période planifiée de montage du four, du 12 mai 2008 au 1 septembre 2008 plus d'une centaine de personnes seront conviées au montage sur site.

Je tiens à préciser que la rénovation du four Demag 9 entre dans le plan de rénovation de la SLN qui a débuté en 2004 par la rénovation du four 10, qui avait déjà été réalisé par Endel NC. Les deux études ont des parties communes mais l'attribution des lots et la localisation sur le site industriel contribuent à l'unicité de ce projet.

La présentation de mon stage s'articulera en premier temps sur la pose du câble haute tension et la seconde partie sur la préparation, les études et la planification de l'intervention.

CONFIDENTIEL

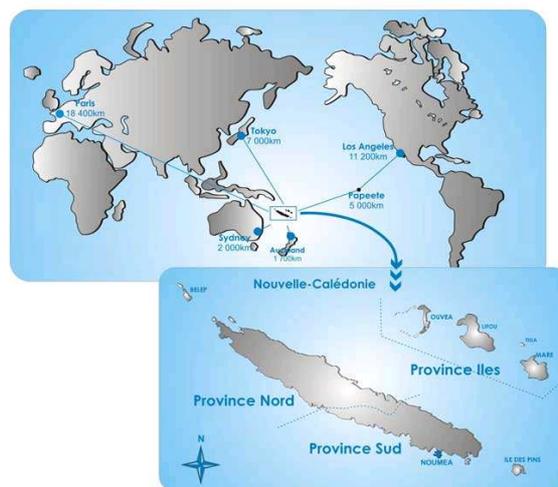
## V - L'entreprise et le contexte du projet

### Historique de l'entreprise :

C'est en 1970, pour la construction de l'usine SLN, que Entrepose et Montalev s'implantent à Nouméa (Nouvelle Calédonie), en 1996 les deux entreprises fusionnent et en 2002, Entrepose Montalev devient Endel Entrepose Montalev Nouvelle Calédonie suite au rachat de Entrepose Montalev par le groupe Français Endel.

### Localisation de la Nouvelle Calédonie :

L'implantation insulaire de l'entreprise lui donne une grande responsabilité et un grand champ d'action vis-à-vis de Endel France en lui permettant de couvrir à la fois le marché de la Nouvelle Calédonie mais également celui du Pacifique.



*Localisation géographique de la Nouvelle Calédonie*

POTIER Mathieu

L'entreprise Endel :

Endel Entrepose Montalev Nouvelle Calédonie fait partie du groupe Endel qui est la filiale française de SUEZ spécialisée dans la maintenance industrielle et les services associés : maintenance, management de projets complexes, expertise technique et Ingénierie de réalisation.

Endel EMNC implanté à Nouméa est composé de cinq départements : l'électricité industrielle et instrumentation, lignes électriques hautes tensions et basses tensions, transport et levage, structures mécaniques et d'un département de construction navale.

L'ensemble des départements qui composent la société Endel Entrepose Montalev Nouvelle Calédonie regroupe 435 employés au total, dont 337 ouvriers.

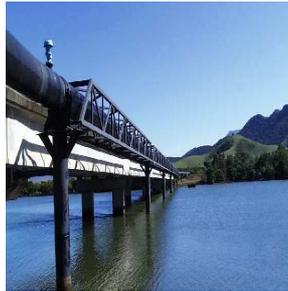
POTIER Mathieu

Cette structure qui mêle construction mécanique, électricité et instrumentation permet à l'entreprise de mener de grands projets industriels sur le territoire comme :

**La centrale électrique charbon prony énergie de 2x50 méga watts**



**Alimentation en eau du Grand Nouméa  
Le « Grand Tuyau »**



**Montage de paraboles  
de télécommunication  
OPT office des postes et  
télécommunication**



**Réhabilitation d'une sphère 4000 m3  
SOGADOC**



**Poste de transformation 150/33kV de Ouaième  
Enercal**



## VI - Etude de projet

Dans le cadre de la rénovation du four Demag 9, le département électricité industrielle et le département ligne haute tension et basse tension travailleront ensemble. Le bureau d'étude électricité aura à sa charge les études des trois grands axes du projet : la pose des lignes hautes tension de soixante trois mille volts, les châssis automates et l'équipement électrique du four.

L'objectif de l'étude est la préparation d'un point de vue industriel de la construction du four. La préparation en interne de ce projet est constituée de plusieurs étapes : l'étude des plans électriques au bureau d'étude, la préparation de l'instrumentation, du tirage de câble et la planification de l'intervention d'un point de vue humain et technique.

Pour ma part mon objectif de fin de stage est de planifier la pose du câble 63kV, d'effectuer la préparation de l'instrumentation de l'étude et de faire le planning de montage des installations électriques. Ce planning commence dès l'arrêt du four jusqu'à son redémarrage après démantèlement et reconstruction.

Pour un projet industriel de cette ampleur, la planification et la préparation sont très importantes car plusieurs corps de métier travailleront en même temps dans un espace limité et à haut risque mais aussi parce que l'arrêt de la production de nickel doit être le plus court possible pour le client, la SLN, qui appliquera des pénalités pour chaque jour de retard de livraison.

De plus une intervention de ce type doit être planifiée assez tôt de manière à avoir le personnel nécessaire pour le montage. Dans un contexte insulaire comme la Nouvelle Calédonie, le fait de trouver de la main d'œuvre qualifiée peut s'avérer être un problème, une bonne planification de l'intervention est une hypothèse primordiale pour la suite du processus de fabrication.

## VI-I - Etude du besoin :

A l'échelle locale l'exploitation minière en Nouvelle Calédonie contribue grandement au développement du territoire car notre client La Société le Nickel est le premier employeur privé (2300 employés ce qui correspond à 1% de la population locale, auxquels s'ajoutent des milliers d'emplois induits ou indirects). La Nouvelle-Calédonie détient près de 25 % des réserves mondiales connues de nickel et elle est le premier producteur mondial de ferronickel.

Pour exploiter cette richesse minière, la SLN est implantée depuis 1910 sur le site de Doniambo (Nouméa) ou elle y construisit la première fonderie qui deviendra par la suite l'usine qui produit annuellement 55 000 tonnes de ferronickel.

C'est donc dans le cadre de la rénovation du four Demag 9 (un des trois fours qui constitue l'usine) que Endel EMNC a dû composer les équipes qui travailleront sur la préparation et les études du projet. Ainsi le bureau d'étude électrique a concentré ses moyens sur le projet et il apparut une demande de personnel vis-à-vis de la préparation de l'intervention et des études.

Il s'est donc constitué une équipe de développement et de préparation composée d'une partie du bureau d'étude, de l'ingénieur d'affaire, des cadres (qui auront en charge le suivi du chantier), des automaticiens et d'une équipe d'instrumentalistes qui prépareront l'intervention.

C'est dans ce contexte que Endel EMNC m'a confié une partie de la préparation de ce montage industriel.

## VI-II - Analyse du problème :

### VI-II-I - La chaîne de production :

Pour mieux comprendre ma mission et le projet de réalisation électrique du four, je tiens à décrire le procédé de production du nickel. La compréhension du fonctionnement du four et des sous système sera décrite en détail par la suite mais cette première explication permet de situer physiquement les différentes étapes de production.

Le minerai extrait des gisements est transporté par camion vers le « tritout », chaîne d'enrichissement par attribution et criblage, puis acheminé vers l'usine pyrométallurgique de Doniambo par deux navires affrétés à l'année par la SLN, dont chacun peut prendre en charge 28 000 tonnes à chaque voyage.

Débarqué, stocké dans le parc d'homogénéisation qui lui assure les constantes chimiques nécessaires au bon fonctionnement des fours, le minerai passe d'abord par le préséchage, dans deux fours d'une capacité de 200 tonnes par heure. Le but est de ramener son humidité moyenne à moins de 20 % pour utiliser moins d'électricité.

Le minerai passe ensuite par une phase de calcination dans l'un des cinq fours rotatifs longs de 95 m sur 4 m de diamètre. L'opération porte le minerai en phase solide à une température supérieure à 900° C supprimant toute présence d'eau avant son admission dans les fours électriques.



POTIER Mathieu

CONFIDENTIEL

*L'un des cinq fours rotatifs de la SLN*

La fusion réduction est réalisée à une température de l'ordre de 1 400° C dans trois fours électriques Demag, longs de 33 mètres sur 13 de large, équipés de six électrodes de 1 mètre 40 de diamètre et composés d'une cuve rectangulaire totalement garnie de briques réfractaires.

Le métal décante par gravité et devient le ferronickel brut de première fusion qui est coulé dans des poches d'une capacité de 25 tonnes.

La scorie, composant stérile résiduel, est granulée sous un jet puissant d'eau de mer, recyclée puis utilisée pour des remblais.

Un important réseau d'électro-filtres permet de capter les fumées et de réinjecter les poussières dans le circuit de fabrication.

En fonction des commandes, la SLN fabrique deux produits issus d'une même base mais destinés à des applications bien distinctes : le ferronickel, dont elle est le premier producteur au monde, et la matte.

On obtient le ferronickel (80 % de la production des fours électriques) en affinant le ferronickel de première fusion pour amener sa composition à 27 % de nickel (le reste étant essentiellement du fer) par une série d'opérations qui le débarrassent de son soufre.

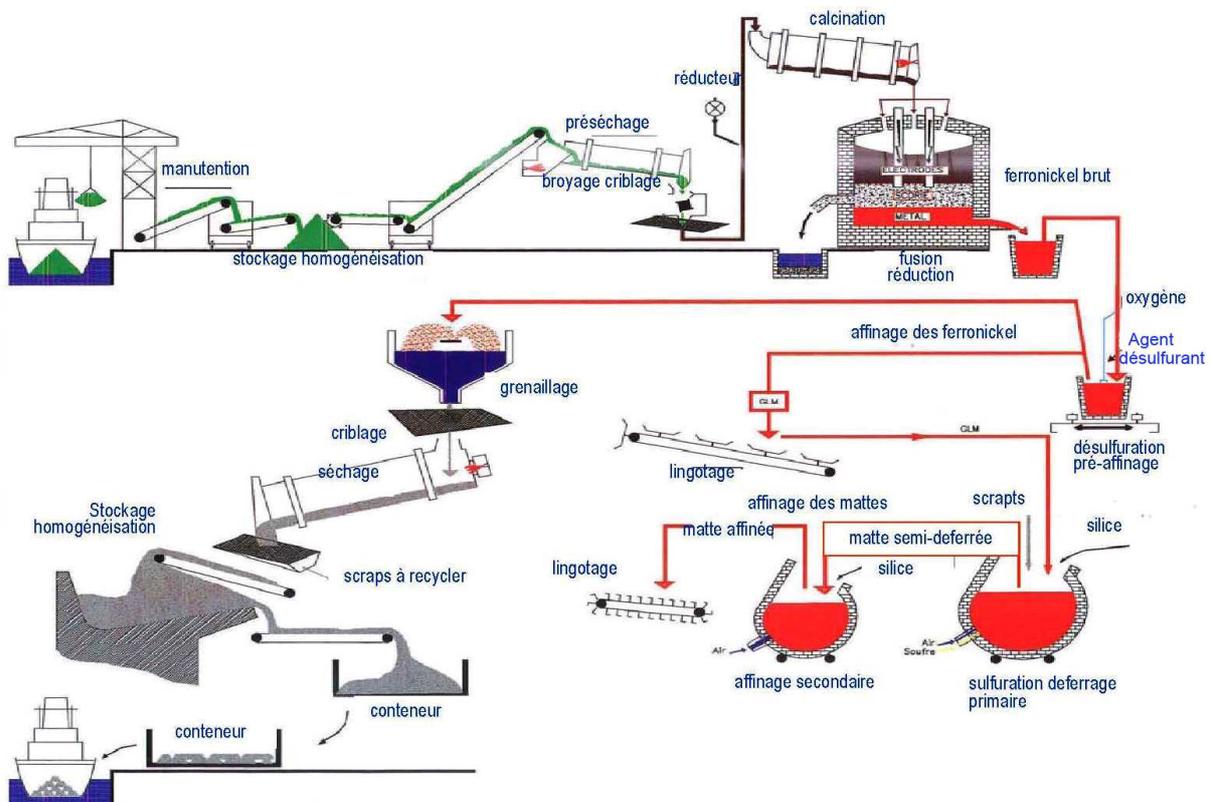
Il est livré aux clients asiatiques (2/3 des ventes), nord américains et européens sous forme de grenailles, des «chips » faciles à transporter et à manipuler qui représentent l'essentiel de la production, ou sous forme de lingots. Les producteurs d'acier inox en sont les consommateurs majeurs.

La matte de nickel, (20 % de la production de Doniambo) est produite, par addition de soufre et élimination du fer par soufflage d'air, dans des convertisseurs appelés Bessemer du nom de l'inventeur du procédé.

POTIER Mathieu

La matière première est constituée de ferronickels sortant des fours Demag, flingotés puis refondus, afin d'éliminer une partie de leur fer. Au final, la matte contient 77 % de nickel et du fer.

Le cycle de transformation du minerai est décrit par le schéma suivant :



*Schéma du procédé pyrométallurgique*

POTIER Mathieu

La SLN en a produit 44 173 tonnes de ferronickels et 13996 tonnes de mattes en 2007.



*L'affinage du métal en fusion*

#### VI-II-II - L'installation électrique interne du four :

Pour comprendre le fonctionnement des différents périphériques de traitement du minerai je vais décrire d'un point de vue électrique le fonctionnement du four. Dans cette partie je ne traiterai pas de l'acheminement du minerai ni de l'affinage de celui-ci. La zone décrite ci-dessous est celle qui fait l'objet de l'étude électrique c'est-à-dire la zone four de l'usine de traitement.

Le minerai est chargé dans les fours rotatifs pour y être séché et amené à une température de 800°C. Le minerai est ensuite monté au niveau 20,000 m où on charge les bonbonnes de minerai. Ces bonbonnes sont équipées de jauges de contrainte pour la pesée du minerai avant chargement du four. Le contenu des bonbonnes est évacué dans les goulottes de four situées au dessus de celui-ci.

Les goulottes du four sont pilotées par des doubles trappes hydrauliques pour une question de sécurité. Le niveau de minerai dans les goulottes est détecté par des sources radioactives qui mesurent le niveau de remplissage. Les trappes

POTIER Mathieu

CONFIDENTIEL

sont ouvertes lorsque le chargement du four le permet jusqu'à ce que le niveau de mesure radar du chargement du four détecte un niveau convenable de chargement.

Le minerai est monté en température par six électrodes de 5kV pour chaque four. Les électrodes étant plongées dans le minerai en fusion à une température de 1400°C, elles se consomment. Il y a donc à 16,000m un système de mesure de niveau électrode qui calcule la position de celle-ci, ce qui permet aux soudeurs qui travaillent au dessus du four (20,000m) de ressouder les électrodes continuellement. Les électrodes sont descendues dans le four par le système hydraulique de glissement électrode. Pour éviter les pertes thermiques dans le four en lui-même les électrodes sont chauffées par des résistances chauffantes du système réchauffage électrode avant que celle-ci entre dans la zone de fusion du four.

Un réseau de pompe à air garde une légère dépression sous la voûte du four ce qui permet de contrôler la fusion du métal. Toutes les installations d'acheminement de l'air (air combustion) sont équipées de capteur de température d'air et de mesure de variation de débit.

Les fumées issues de la combustion du minerai sont extraites par les exhausteurs pour être acheminées vers les électrofiltres qui captent les poussières résiduelles afin de ne pas les rejeter dans l'atmosphère. Avant de rejeter les fumées, elles sont mélangées par le système d'air dilution qui injecte de l'air sous pression dans les fumées pour réduire leurs nocivités. Les fumées passent ensuite dans le système de banalisation avant d'être conduites vers les cheminés à 35,000.

POTIER Mathieu

CONFIDENTIEL



*Exhausteur d'air au planché 17,000m*

Les températures du four sont sûrement les données les plus contrôlées et modifiées dans le four. Les parois réfractaires du four sont parcourues par un réseau d'eau de refroidissement pour rendre l'environnement autour du four sécurisé. Cela n'empêche pas de mesurer à tous les lieux stratégiques, les températures des parois ou les températures des trous de coulés.



*Partie de réseau de circulation d'eau de refroidissement du four  
Contrôle de la température du circuit de refroidissement*

Pour garantir une sécurité optimale dans chaque zone du four des capteurs de température ambiante sont installés dans toutes les salles de commande, de contrôle ou d'acheminement de l'information.

La situation des salles et leurs rôles dans le four est très importante, il suivra donc une description de ces salles.

POTIER Mathieu

CONFIDENTIEL

La salle Process : salle de contrôle des opérations. Toutes les informations sur le four et la fusion y sont regroupées.

La salle Relayage : salle d'arrivée des informations venant des capteurs de températures et de débit.



*Une allée de la salle de relayage*

La salle automate : salle de gestions des informations par les automates.

La salle hydraulique : salle qui gère le glissement électrode.

La salle des transformateurs : salle qui contient les transformateurs 63kV-5kV pour l'alimentation électrique des électrodes.

POTIER Mathieu

CONFIDENTIEL



*Transformateur 63kV-5kV*

Poste 63kV : poste de production électrique des trois fours

Poste Feeder Secours : poste de production électrique qui intervient en cas de panne du poste 63kV

## VII - L'étude et la préparation électrique :

Les études des plans électriques sont menées conjointement par le client la SLN qui a son propre bureau d'étude et le bureau d'étude de Endel EMNC.

Il a été confié à Endel EMNC les études, la conception et l'installation des parties suivantes pour le marché rénovation du four :

- les coffrets électriques de contrôle-commande
- la confection de la salle de relayage
- les coffrets et boîtiers électriques
- les coffrets instrumentation
- la mesure des débits et pression
- la mesure de pesage et de niveau des bonbonnes
- les mesures de températures du four

La pose des liaisons haute tension est issue d'un marché différent mais fait partie du plan de rénovation du four 9.

Suite à la rénovation des fours et leurs montées en puissance le four Demag 9 de la SLN sera le plus puissant et productif au monde.

C'est donc dans l'objectif d'une augmentation de production de 50 000 tonnes à 75 000 tonnes de nickel que le Four est rénové.

## VIII - Conception d'une solution :

### Le scénario de tirage du câble 63kV et sa planification :

#### Scénario de tirage :

Le scénario de tirage du câble 63kV est réalisé par l'entreprise adjudicataire pour que le bureau d'étude du client puisse valider la solution proposée mais aussi pour permettre une bonne coordination des équipements et du personnel de tirage.

Pour toutes les études de mon stage et pour le projet en lui-même les consignes imposées par le client font l'objet d'un document intitulé spécification technique. Pour chaque appel d'offre le client fournit ses spécifications techniques.

*Voir annexe 2 : exemple de spécification technique*

J'ai donc, pour réaliser le scénario du tirage de câble 63kV, étudié la spécification technique qui m'a permis de relever toutes les obligations et demandes techniques imposées par le client.

Ce travail préalable définit clairement le champ d'action de l'entreprise et guide l'adjudicataire sur la méthodologie à employer pour chaque tâche.

Suite à ce travail préalable j'ai étudié les méthodes de tirage d'un câble à haute tension grâce aux documentations techniques de nos sous traitants, la société Serpolet qui fournira les galets automoteurs de propulsion du câble.

Lors de la pose et le tirage d'un câble haute tension, des dispositions particulières doivent être prises vis-à-vis de la pose en elle-même, des contraintes constructeur et de la sécurité du personnel.

POTIER Mathieu

Le câble de fourniture Silec Câble est un câble de 600mm<sup>2</sup> qui pèse près de 13kg le mètre. C'est donc pour des raisons de sécurité que j'ai dû vérifier chaque phase de son installation. Les contraintes imposées par le constructeur concernant le rayon de courbure du câble ont fait l'objet d'une vérification de l'implantation de celui-ci sur le site pour que ces caractéristiques mécaniques ne soient pas altérées. Cette vérification a été conduite sur le logiciel autoCAD qui calcule tous les rayons de courbure.

Le résultat de cette étude est donc le scénario de tirage des liaisons hautes tensions entre les différents postes ci après.

## VIII - I - Scénario de déroulage du câble 63kV

Liaison A : poste 63kV – four 9

### Travaux préparatoires :

Délimitation d'une zone de déroulage, de dévidage et de bouclage avec mise en place balisage rigide et pose de protection au sol type Delta MS.

Installation d'une rampe en échafaudage pour accéder à la partie basse du rack ; ceci permettra d'installer des galets automoteurs qui pousseront le câble vers le poste 63kV dans un 1<sup>er</sup> temps et vers le four 9 dans un 2<sup>ème</sup> temps.

Plusieurs aménagements « platelage » seront réalisés sur le rack en amont et aval des virages et à l'entrée du poste 63kV.

Lors du montage des supports pour les nouveaux colliers devant bloqués les câbles de la future liaison, il serait judicieux de couper toutes les vis dépassant sous les chemins de câbles supérieurs et de poser des protections plastiques chevauchant la base des cornières inférieures.

Des tourelles d'échafaudage seront installées dans les différents virages pour permettre d'accéder au cheminement du câble qui sera guidé dans ces espaces par des galets « carrés ».

Dans le sous-sol du poste 63kV, une protection servant de platelage sera installée tout le long.

Dans le bâtiment PROCESS, on installera des plates-formes échafaudages en forme de pente afin de monter régulièrement pour atteindre le niveau 17.5.

CONFIDENTIEL

### 1<sup>ère</sup> phase ; Déroulage de P vers Poste 63kV

Déchargement du touret avec une grue adaptée après avoir effectué un constat d'adéquation relatif au matériel de manutention utilisé et aux charges à déplacer, et positionnement du touret face à la rampe.

Au pied de la rampe, le touret est mis en batterie sur chandelles, l'axe est surélevé à l'aide d'un vérin ; on dévidera le câble par dessous.

La tôle de protection fera l'objet d'un constat visuel et sera enlevée en présence du représentant SILEC.

Sur la rampe on installe 5 à 6 galets « automoteurs ». A la sortie du touret, on installe 1 à 2 galets de départ.

Sur la plate forme, on installe 3 galets « carrés » pour guider le câble en direction du poste 63kV.

On dispose des galets droits sur tout le parcours, tous les 2 mètres, et on installe des galets « automoteur » environ tous les 10 mètres.

Par principe, pour chaque virage ou passage délicat et étroit, on installe en amont et aval 2 à 3 galets automoteurs qui serviront à pousser et tirer le câble de part et d'autre de cet obstacle.

Dans chaque virage ou à l'intérieur de passage délicat, on installera une suite de 3 à 4 galets « carrés » qui guideront le câble dans le respect du rayon de courbure défini par le câblé ; les galets « carrés » installés judicieusement permettront de s'assurer que le câble ne risque pas de s'endommager au contact de charpente ou autre serrurerie.

POTIER Mathieu

Par précaution supplémentaire, on mettra en place des écrans de bois ou plastiques à certains endroits où il peut y avoir un risque d'agression du câble.

Après l'entrée du poste 63KV (niveau rack) et avant la descente, on installera un cabestan. Il servira à tenir tendu la tête de câble jusqu'à l'entrée du poste.

A l'entrée du poste, le cadre métallique de la porte sera déposé provisoirement.

On installera 3 galets « carrés » dans le virage vertical en haut.

On installera 1 entonnoir au passage de la dalle.

On installera 2 à 3 galets « carrés » dans la gaine technique du magasin et de la salle de relayage afin de guider le câble (un aménagement préalable des gaines aura été effectué lors de la dépose des câbles F9 et F10).

On installera 4 galets « carrés » dans le vide sanitaire pour respecter le rayon de courbure (au préalable une modification du chemin de câble horizontal aura été faite avec création d'un support en fourche pour reprise du support des chemins de câbles.

On positionnera des galets plats sur le chemin de câble jusqu'aux remontées sous cellule avec quelques mètres plus loin, un cabestan qui reprendra la tension depuis le niveau rack haut et tiendra la tête droite dans la descente et guidera le câble au passage de la courbe évitant la poutre.

10 mètres après la remontée Four 9, on installe 1 treuil électrique fixé, on sangle le câble et on le fait remonter au fur et à mesure.

### 2<sup>ème</sup> phase : Dévidage du touret sur plate forme

Après le tirage des 3 phases et leurs réglages entre P et le poste 63kV, tout le personnel vient sur la zone de stockage des tourets.

On dispose des galets plats au sol.

Le câble nécessaire pour aller jusqu'à la salle « sectionneur » est déroulé sur un revêtement de type « Delta MS » et sur des galets plats.

Le câble sera éventuellement coupé et SILEC confectionnera une tête de tirage de câble pour permettre le tirage vers la salle sectionneur

### 3<sup>ème</sup> phase : Tirage de P vers Salle Sectionneur Four 9

A l'intérieur du bâtiment, la plateforme en échafaudage en forme de pente sera équipée avec des galets automoteurs, des galets « carrés » ainsi que les parties horizontales et verticales.

Les galets « automoteurs » installés, sont installés sur la rampe et pousseront le câble jusqu'en B (Entrée du bâtiment four).

Quelques mètres après la pénétration dans le local sectionneur du Four 9, on installera un treuil électrique voir un cabestan dans l'alignement de l'arrivée du câble.

On installe des protections de bois le long des bords tranchants du bardage et un ensemble de 2 « crocodiles » ou une gaine TPC à l'entrée de la salle sectionneur Four 9.

POTIER Mathieu

Les galets automoteurs installés à l'intérieur du bâtiment reprendront les efforts et pousseront le câble; la tête sera maintenue tendue soit par le cabestan soit par le treuil électrique.

Le câble arrivé au droit de la pénétration, on sangle le câble et on le fait avancer au fur et à mesure.

Après tirage de la liaison équipotentielle, on pourra réaliser le réglage final ; la fixation des colliers en partie verticale, en partie horizontale et le sanglage intermédiaire. On dispose des galets droits sur tout le parcours, tous les 2 mètres, et on installe des galets « automoteur » environ tous les 10 mètres.

Par principe, pour chaque virage ou passage délicat et étroit, on installe en amont et aval 2 à 3 galets automoteurs qui serviront à pousser et tirer le câble de part et d'autre de cet obstacle.

Dans chaque virage ou à l'intérieur de passage délicat, on installera une suite de 3 à 4 galets « carrés » qui guideront le câble dans le respect du rayon de courbure défini par le câblage ; les galets « carrés » installés judicieusement permettront de s'assurer que le câble ne risque pas de s'endommager au contact de charpente ou autre serrurerie.

Par précaution supplémentaire, on mettra en place des écrans de bois ou plastiques à certains endroits où il peut y avoir un risque d'agression du câble.

## Liaisons B : poste Feeder Secours - Four 9

### Travaux préparatoires :

On réutilisera la zone de déroulage, de dévidage et de bouclage.

On réutilisera la rampe en échafaudage pour accéder à la partie basse du rack ; ainsi que les galets automoteurs qui pousseront le câble vers le Four 9.

Dans le bâtiment PROCESS ; on réutilisera les plates-formes échafaudages en forme de pente afin de monter régulièrement pour atteindre le niveau 17.5.

### Déroulage du touret vers Four 9

Déchargement du touret avec une grue adaptée après avoir effectué un constat d'adéquation relatif au matériel de manutention utilisé et aux charges à déplacer, et positionnement du touret face à la rampe.

Au pied de la rampe, le touret est mis en batterie sur chandelles, l'axe est surélevé à l'aide d'un vérin ; on dévidera le câble par dessous.

La tôle de protection fera l'objet d'un constat visuel et sera enlevée en présence du représentant SILEC.

Sur la rampe on installe 5 à 6 galets « automoteurs ». A la sortie du touret, on installe 1 à 2 galets de départ.

En P, on installe 3 à 4 galets « carrés » pour guider le câble en direction du bâtiment PROCESS.

CONFIDENTIEL

A l'intérieur du bâtiment, on utilisera la plateforme en échafaudage en forme de pente équipée avec des galets automoteurs, des galets « carrés » ainsi que les parties horizontales et verticales.

Les galets « automoteurs » sont installés sur la rampe et pousseront le câble.

On dispose des galets droits sur tout le parcours, tous les 2 mètres, et on installe des galets « automoteurs » environ tous les 10 mètres.

Par principe, pour chaque virage ou passage délicat et étroit, on installe en amont et aval 2 à 3 galets automoteurs qui serviront à pousser et tirer le câble de part et d'autre de cet obstacle.

Dans chaque virage ou à l'intérieur de passage délicat, on installera une suite de 3 à 4 galets « carrés » qui guideront le câble dans le respect du rayon de courbure défini par le câblage ; les galets « carrés » installés judicieusement permettront de s'assurer que le câble ne risque pas de s'endommager au contact de charpente ou autres serrurerie.

Par précaution supplémentaire, on mettra en place des écrans de bois ou plastiques à certains endroits où il peut y avoir un risque d'agression du câble.

Quelques mètres après la pénétration dans le local sectionneur du Four 9, on installera un treuil électrique ou un cabestan dans l'alignement de l'arrivée du câble.

On installe des protections bois le long des bords tranchants du bardage et un ensemble de 2 « crocodiles » ou une gaine TPC à l'entrée de la salle sectionneur Four 9.

Les galets automoteurs installés à l'intérieur du bâtiment reprendront les efforts et pousseront le câble ; la tête sera maintenue tendue soit par le cabestan soit par le treuil électrique.

CONFIDENTIEL

Le câble nécessaire pour aller jusqu'à la salle « sectionneur » est déroulé.

Le câble sera coupé et SILEC confectionnera une tête de tirage de câble pour permettre le tirage des phases suivantes.

Le câble arrivé au droit de la pénétration, on sangle le câble et on le fait avancer au fur et à mesure jusqu'aux cellules du Four 9.

Côté Secours, le câble est bouclé et inséré en direction des équipements.

Après tirage de la dernière phase, on pourra réaliser le réglage final ; la fixation des colliers en partie verticale, en partie horizontale et le sanglage intermédiaire.

## Liaison C : poste Salle des Transformateurs - Four 9

### Travaux préparatoires :

On réutilisera la zone de déroulage, de dévidage et de bouclage.

On réutilisera la rampe en échafaudage pour accéder à la partie basse du rack ; ainsi que les galets automoteurs qui pousseront le câble vers le Four 9.

Dans le bâtiment PROCESS ; on réutilisera les plates-formes échafaudages en forme de pente afin de monter régulièrement pour atteindre le niveau 17.5.

### Déroulage du touret vers Four 9

Déchargement du touret avec une grue adaptée après avoir effectué un constat d'adéquation relatif au matériel de manutention utilisé et aux charges à déplacer, et positionnement du touret face à la rampe.

Au pied de la rampe, le touret est mis en batterie sur chandelles, l'axe est surélevé à l'aide d'un vérin ; on dévidera le câble par dessous.

La tôle de protection devra faire l'objet d'un constat visuel et sera enlevée en présence du représentant SILEC.

Sur la rampe on installe 5 à 6 galets « automoteurs ». A la sortie du touret, on installe 1 à 2 galets de départ.

En P, on installe 3 galets « carrés » pour guider le câble en direction du poste 63kV.

CONFIDENTIEL

A l'intérieur du bâtiment, on utilisera la plateforme en échafaudage en forme de pente équipée avec des galets automoteurs, des galets « carrés » ainsi que les parties horizontales et verticales.

Les galets « automoteurs » sont installés sur la rampe et pousseront le câble.

On dispose des galets droits sur tout le parcours, tous les 2 mètres, et on installe des galets « automoteurs » environ tous les 10 mètres.

Par principe, pour chaque virage ou passage délicat et étroit, on installe en amont et aval 2 à 3 galets automoteurs qui serviront à pousser et tirer le câble de part et d'autre de cet obstacle.

Dans chaque virage ou à l'intérieur de passage délicat, on installera une suite de 3 à 4 galets « carrés » qui guideront le câble dans le respect du rayon de courbure défini par le câblage ; les galets « carrés » installés judicieusement permettront de s'assurer que le câble ne risque pas de s'endommager au contact de charpente ou autre serrurerie.

Par précaution supplémentaire, on mettra en place des écrans de bois ou plastiques à certains endroits où il peut y avoir un risque d'agression du câble.

Quelques mètres après la pénétration dans le local sectionneur du Four 9, on installera un treuil électrique voir un cabestan dans l'alignement de l'arrivée du câble.

On installe des protections bois le long des bords tranchants du bardage et un ensemble de 2 « crocodiles » ou une gaine TPC à l'entrée de la salle sectionneur Four 9.

POTIER Mathieu

Les galets automoteurs installés à l'intérieur du bâtiment reprendront les efforts et pousseront le câble ; la tête sera maintenue tendue soit par le cabestan soit par le treuil électrique.

Le câble nécessaire pour aller jusqu'à la salle « sectionneur » est déroulé.

### **Complément sur la communication inter poste :**

#### *Annexe 3 : schéma de principe*

A chaque poste « clé » (au niveau des cabestans, de l'armoire de commande, du touret, de la tête de câble), les opérateurs disposent d'un appareil « émetteur-récepteur » permettant de communiquer entre eux.

Seul le chef « tireur » ordonne l'action de déroulage ; il suit en permanence la tête de câble et enclenche les galets automoteurs au fur et à mesure de l'avancement du câble.

Tous les opérateurs munis d'un appareil émetteur-récepteur peuvent ordonner un arrêt du déroulage qui sera confirmé par le Chef « tireur ».

## VIII – II - La planification de l'intervention :

Suite au scénario de tirage j'ai été amené à réaliser la planification de l'intervention. Cette planification s'effectue sous le logiciel Microsoft Projet (support commun aux entreprises qui fourniront leur planning pendant l'étude).

### *Annexe 4 : planning d'intervention des liaisons haute tension*

Ce planning comprend toutes les phases de pose du câble de la spécification technique client mais aussi les contraintes temporelles issues de la mise à disposition des salles dans l'enceinte du four.

Pour la conception de ce planning d'intervention je me suis basé sur les dates jalons imposées par le planning général d'intervention c'est-à-dire la mise à disposition des salles, la présence du personnel sur le site et les constats de mise hors tension des lignes existantes.

Après avoir réalisé le listing des tâches j'ai attribué à chacune d'elle un temps d'exécution. Le temps d'exécution des tâches est calculé en fonction du chiffrage de l'ingénieur d'affaire. Des coefficients de temps sont attribués à chaque tâche durant la phase d'estimation du devis. Il faut ensuite prévoir le nombre de personnes qui travailleront en même temps sur une tâche bien définie. J'ai été amené à modifier la planification de certaines interventions pour que le nombre de personnes travaillant en même temps sur le projet ne varie pas de manière brutale pendant la durée de l'intervention. Si on se fit uniquement au logiciel et au temps de montage l'histogramme de personnel serait complètement incohérent vis à vis de la disponibilité du personnel.

Finalement, après une modification de l'attribution en personnel pour chaque tâche et après une vérification de l'ingénieur d'affaire, j'ai pu éditer le planning d'intervention pour la pose du câble 63kV.

## VIII-III Etudes, préparation et planification de l'installation électrique en zone four

### La préparation de l'intervention :

Comme pour le tirage du câble haute tension les tâches à réaliser sont toutes décrites dans les spécifications techniques du bureau d'étude client.

La première phase pour mener à bien un projet qui mobilisera directement au sein de l'entreprise près de 130 personnes pendant près de cinq mois, il est nécessaire d'étudier en profondeur toutes les spécifications techniques qui décrivent en détail les tâches à accomplir.

Voir annexe 5 : extrait de la spécification technique lot salle de relaying

Suite à cette tâche préparatoire indispensable pour mener à bien le projet l'équipe de préparation et d'étude crée les bases de données nécessaires à la conception. Ainsi j'ai participé à la création des bases de données avec l'équipe de préparation. Cette équipe est composée de deux instrumentalistes, du conducteur de travaux et du bureau d'étude.

La première base de données essentielle est le carnet de câble. Le carnet de câble contient tous les câbles qui devront être posés. Chaque câble est repéré par son numéro. Toutes les caractéristiques de pose des câbles figurent dans le carnet de câble. Les caractéristiques des câbles sont : le tenant, l'aboutissant, le niveau de localisation dans le four, la région cardinale, le repérage, le type de câble, le diamètre, la longueur, le type de presse-étoupe...

Le carnet de câble est une base que l'on doit constamment modifier ou compléter en fonction des modifications faites sur les plans d'araignée de câblages par le bureau d'étude.

*Annexe 6 : extrait du carnet de câble produit.*

POTIER Mathieu

Pour information le carnet de câble contient près de 2300 câbles soit 106 milles mètre de câbles à poser

Dans ce type de projet, où des centaines de câbles sont à tirer, la méthodologie est de créer le reste des bases de données avec les tenants et les aboutissants du carnet de câble. Nous avons donc créé la base de donnée coffrets et la base de données instruments.

Les coffrets sont les coffrets électriques de raccordement ou bien de contrôle-commande.

Les instruments eux sont les différents capteurs équipant le four (mesure de niveau de métal, mesure de température par thermocouples PT100, débitmètres...).

Les bases de données instrumentations et coffrets étant presque identiques elles feront l'objet d'une description similaire.

Les bases de données sont donc composées de tous les coffrets et les instruments qui se trouve sur le four. Pour pouvoir les identifier nous utilisons les plans d'implantation des coffrets et les plans d'implantations des instruments. Pour chaque plan de niveau il faut lister tous les appareils et les coffrets pour compléter les bases de données et cela pour chaque niveau du four.

Grâce au travail de préparation, nous pouvons déceler des erreurs dans les plans électriques : pour cela nous faisons une comparaison entre les tenants aboutissants des carnets de câbles, la liste des coffrets et des instruments et les instruments qui se situent sur les plans.

Pour chaque plan erroné nous faisons un bilan des erreurs de câblage une demande de modification des plans d'implantation et des araignées de câblage.

C'est ainsi que les plans peuvent être édités avec la mention 'bon pour exécution' Il n'est pas exclu qu'une correction de plan puisse être omise mais c'est pour

POTIER Mathieu

minimiser les erreurs que chaque plan d'implantation est reconstruit par l'équipe de préparation dont je faisais parti pour cette phase de l'étude.

*Annexe 7 : exemples de plans d'implantation de coffrets.*

La préparation de l'intervention consiste aussi à faire l'estimation des quantités de matériel nécessaire pour le bon déroulement de la construction. Le caractère insulaire de l'entreprise conditionne donc les commandes de matériel et un bon approvisionnement en matières premières, qui ne peuvent être produites en grande quantité sur le territoire, est indispensable.

La suite logique de la préparation fut donc d'estimer les quantités de chemin de câble à fournir sur le four.

Pour cela j'ai effectué un travail de mesure sur les différents plans pour estimer les longueurs et le type de chemin de câble à poser.

Pour cela je me suis muni des plans de niveau des chemins de câbles principaux et j'ai identifié les types de liaisons qui seront construites.

*Annexe 8 : chemin de câble principaux niveau 7,800m*

Chaque dalle de chemin de câble est repérée avec une lettre qui correspond à un type de liaison (liaison puissance, câbles de contrôle-commande ...). Puis en situant les liaisons principales sur les plans j'ai pu tracer les liaisons secondaires entre chemins de câbles principaux et coffrets électriques. Le but de ce travail est de minimiser les quantités de chemin de câble lorsque cela est possible en effectuant des regroupements de coffrets. Pour ce qui est du comptage celui-ci est réalisé par niveau (0,000m, 3,400m, 4,200m, 7,800m, 10,500m, 13,000m, 17,000m et 20,000m). Il faut aussi lors du comptage différencier le type de chemin de câble utilisé : les parois OUEST, SUD et EST du four étant fortement soumis à des agressions extérieures (projection de métal et vapeur d'eau de mer), elles seront construites en chemin de câble en Inox pour éviter la corrosion.

## La planification :

La planification des travaux à réaliser sur le four est conduite grâce à Microsoft Project comme pour le tirage du câble 63kV. Cependant pour cette phase les tâches sont nettement plus complexes et nombreuses du fait de la taille du four et du nombre d'instrument à mettre en place sur les parois.

Lors de la création du planning, plusieurs problèmes se sont posés sur l'architecture de celui-ci.

Tout d'abord pour que le planning soit lisible par tous et compréhensible dès la première lecture, nous avons dû découper le four en zones. Les zones de découpage du four correspondent aux niveaux de celui-ci. Cette découpe a dû être complétée par les renseignements géographiques du client qui pour ces études avait scindé le four en zone de fonctionnement. Notre solution fut par la suite conservée par les autres entreprises travaillant sur le projet pour une plus grande cohésion de l'ensemble des corps de métiers.

Mon travail a été par la suite de procéder aux listings des tâches à effectuer dans le four. J'ai donc articulé le planning sur les poses de coffrets électriques, puis dans un second temps j'ai attaché toutes les tâches annexes comme le tirage des liaisons câbles et la pose des instruments qui sont reliés aux coffrets de regroupement ou de contrôle. Par la suite c'est en étudiant conjointement les spécifications techniques du client et le détail de la facturation faite au client que j'ai pu compléter ce planning.

*Annexe 8 : Extrait du planning d'intervention.*

## IX - Gestion du projet

### La construction du projet :

Le projet de préparation et de planification de la reconstruction électrique du four Demag 9 est une réponse technique faite au client. Tout mon travail est articulé autour des spécifications techniques client. Pour chacune des deux études du projet : les liaisons hautes tensions et l'équipement électrique interne de la zone four, un travail de lecture et de compréhension des spécifications techniques est incontournable. Sans une parfaite compréhension de celles-ci, on ne peut effectuer la préparation et l'étude convenablement.

Sur ce projet j'étais rattaché au bureau d'étude et à l'équipe de préparation qui travaillent ensemble dans l'objectif de ne laisser passer aucune erreur dans les plans, les araignées de câblage ou le carnet de câbles par exemple.

Pour l'écriture du scénario de tirage du câble haute tension, j'ai travaillé avec le chef du bureau d'étude et mon tuteur de stage (ingénieur d'affaire responsable du département électricité industrielle) dans le but de rédiger un scénario concret sans erreurs d'interprétation.

Cette étude fut en quelque sorte une introduction au fonctionnement spécifique du four. Cette première phase m'a permis de me familiariser avec les logiciels de travail et de planification comme Microsoft projet et autoCAD.

En ce qui concerne la préparation de l'intervention et l'étude des plans électriques et leurs implantations, j'ai travaillé avec les instrumentalistes chargés de la vérification concrète des plans d'implantation.

La première phase de mon travail fut de vérifier et de signaler aux études les incorrections de plan en faisant les comparaisons entre les bases de données instrumentation, le carnet de câble et la liste des coffrets. Pour chaque erreur (omission de coffret à un niveau, nom de coffret incohérent, instrument sans câble ou bien

POTIER Mathieu

appareil de mesure sans tenant) une note est passée aux dessinateurs des plans au bureau d'étude et à la personne en charge de faire la modification sur les araignées de câblage et le raccordement interne des coffrets.

La vérification de plan est bien sur une partie essentielle car sans cette vérification, les plans de peuvent pas être passés en Bon Pour Exécution.

Suite à la vérification des plans et à l'établissement des listes et bases de données, j'ai pu effectuer le planning avec les coefficients de pose des coffrets et instruments. Ce travail était soumis à une contrainte temporelle, séminaire de deux jours avec toutes les entreprises adjudicatrices pour effectuer une bonne coordination des tâches et organiser les jalons de mise à disposition des installations.

#### Lecture de plan et logiciel :

Lors de mon stage j'ai été amené à utiliser des logiciels nouveaux comme autoCAD pour les schémas et plans électriques, ou Microsoft Project pour la gestion et la planification de projets de grande taille. Leurs utilisations ne sont pas instinctives et il m'a fallu quelques jours pour commencer à maîtriser les attributs les plus complexes comme la gestion du personnel sous Project.

La lecture de plan d'implantation et les plans d'implantations des instruments m'a été permise suite aux explications des instrumentalistes qui les utilisent tous les jours. Par exemple chaque appareil (contrôleur de débit, contrôleur de niveau, thermocouple type K...) ont chacun leurs codes. C'est donc avec un certain entraînement à la lecture de plan d'instrumentation (P&I) qu'il m'a été permis de lire correctement les données techniques.

## X - Conclusion

Les travaux effectués lors de mon stage se sont articulés sur la partie électrique de la construction du four Demag. Ma mission fut de compléter les études faites lors de projet de manière à présenter une planification des interventions lors du séminaire entre les entreprises adjudicatrices qui s'est déroulé à la fin de mon stage.

J'ai donc été amené à rédiger les scénarios de déroulage des liaisons hautes tensions du four et les planifications d'interventions pour la partie haute tension de l'étude. Suite à ces études j'ai participé à la préparation de la construction électrique du four. Pour des projets industriels de cette ampleur, la préparation et les études jouent un rôle essentiel dans le bon déroulement des installations.

Les études pour le passage en Bon Pour Exécution des plans et les bases de données des instruments à mettre en place sur les installations conditionnent directement la planification du projet et permet de tenir les délais imposés par le client. Les plannings et scénarios produits lors de mon stage seront utilisés pour le montage du four qui débutera le 12 mai 2008.

Suite à mon travail de planification, de préparation des études et des phases de construction, le département électricité industrielle de Endel Nouvelle Calédonie m'a sollicité pour faire partie des équipes du suivi du montage en juillet août 2008. Cette expérience me permettra d'enrichir mes compétences et d'analyser concrètement le fruit de mes travaux.

## XI - Glossaire

Instrumentation industrielle :

Spécification et installation des capteurs et des vannes de régulation      DUNOD      2002

[www.sln.nc](http://www.sln.nc)      SLN

[www.endel.nc](http://www.endel.nc)      ENDEL NC

[www.endel.fr](http://www.endel.fr)      ENDEL FR

Spécifications techniques SLN      SLN      2007

CONFIDENTIEL

## Annexes

Annexe 1 : Confidentialité

Annexe 2 : Exemple de spécification

Annexe 3 : Schéma de principe

Annexe 4 : Planning d'intervention des liaisons haute tension

Annexe 5 : Extrait de la spécification technique lot salle de relayage

Annexe 6 : Extrait du carnet de câble

Annexe 7 : Exemple de plan d'implantation de coffrets

Annexe 8 : Extrait du planning d'intervention

POTIER Mathieu

*Annexe 1 : Confidentialité*

POTIER Mathieu

CONFIDENTIEL

*Annexe 2 : Exemple de spécification*

POTIER Mathieu

CONFIDENTIEL

*Annexe 3 : Schéma de principe*

CONFIDENTIEL

***Annexe 4 : Planning d'intervention des liaisons haute tension***

CONFIDENTIEL

*Annexe 5 : Extrait de la spécification technique lot salle de relayage*

POTIER Mathieu

CONFIDENTIEL

*Annexe 6 : Extrait du carnet de câble*

*Annexe 7 : Exemple de plan d'implantation de coffrets*

CONFIDENTIEL

*Annexe 8 : Extrait du planning d'intervention*