



# PLAN DE DISTRIBUTION ELECTRIQUE BASSE TENSION POUR LES CHARGES DU C32 DU SITE D'ESSAKANE

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU  
MASTER EN INGENIERIE DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT  
OPTION : ELECTRICITE

-----  
Présenté et soutenu publiquement le 02 Novembre 2016 par :

**Toussaint Vino BERE**

**Travaux dirigés par :**

**Justin BASSOLE**, Enseignant, Département Génie Electrique, Energétique et Industriel, 2iE

Et

**Gaston Touro KAMBWOLE**, Ingénieur électrique, Essakane SA

Jury d'évaluation du stage :

Président : Dr. Ahmed BAGRE

Membres et correcteurs : Mr Henri KOTTIN  
Mr Justin BASSOLE

**Promotion 2015/2016**

## DEDICACE

Je dédie ce travail à :

L'éternel DIEU pour sa bonté inconditionnelle à mon égard,

Ma mère Joséphine NARE, tout le mérite lui revient pour son amour et ses sacrifices,

Mon oncle André BERE pour son soutien multiforme tout au long de ces années. Qu'ils retrouvent ici toute ma gratitude et ma reconnaissance.

Mes sœurs Anaïs BERE et Arlette BERE.

Toutes celles et ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce projet.

## REMERCIEMENT

Je remercie vivement Sylvain COLLARD et Mohamed OURIBAN, respectivement ex directeur et directeur de l'entretien fixe d'ESSAKANE SA, pour l'accueil chaleureux au sein de leur département.

J'exprime aussi ma gratitude à Messieurs Justin BASSOLE et Touro Gaston KAMBOELE mes encadreurs pour le suivi et l'encadrement de qualité durant le déroulement de mon stage ainsi qu'à tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce projet par leur intérêt et leurs suggestions : André MILLOGO, Grégoire CHARLES GUILLAUME, Mathieu GAUDREAULD, Béatrice YOUNGBARE et toute l'équipe de l'ingénierie.

## RESUME

Pour des raisons environnementales et de santé sécurité, la mine Essakane a initié un projet de démantèlement de la centrale électrique du C32. Cela a conduit à la recherche d'un nouveau plan de distribution basse tension pour les charges affectées. Ce nouveau plan a également permis de réduire les pertes énergétiques liées à l'exploitation du poste de transformation et chiffrées à plus de quatorze millions (14.000.000) F CFA par an.

Pour se faire, nous avons évalué dans un premier temps la charge du C32 à travers un bilan de puissance à près de 300kVA. Ce bilan nous a inspiré deux hypothèses à savoir le raccordement de la charge au poste de transformation de l'entrepôt ou à celui de l'exploration. La première hypothèse fut rejetée car le poste de transformation concernée n'a pas été installé suivant les normes en vigueur. Quant à la seconde, elle fut également rejetée pour des raisons de chutes de tension trop importantes. En fin de compte, nous avons opté d'une part pour le raccordement d'une partie de la charge (le centre de formation et du bâtiment des « mesures d'urgences ») au transformateur de l'exploration et d'autre part pour l'installation d'un nouveau transformateur de 250kVA pour les charges restantes et réalisé les plans d'exécution de la solution. La réalisation de ce projet s'étalera sur 41 jours et coûtera 48.152.217 F CFA.

Mots clés :

- Distribution basse tension
- Dimensionnement
- Poste de transformation
- C32
- Essakane

## ABSTRACT

For environmental and health safety concerns, Essakane mining has initiated a dismantling project of the plant C32. It has led to the research of a new design for the lower voltage distribution grid of the impacted loads. This new design would also reduce the energetic losses due to the transformer station operation which is estimated at CFA fourteen millions (14.000.000) franc per year.

Therefore we first assessed the C32 loads through a power balance at 300kVA. It allowed us to analyse the different electrical connection options of the new load to the nearest power stations: the one of the warehouse and prospection one. The first hypothesis has been denied because the related power station was not installed according to the current standard. The second hypothesis was also denied for significant voltage drops. Finally, we chose to connect the training centre and emergency measurements to the prospection power station. For the remaining loads, we chose to install a new 250 kVA transformer. The implementation of the project will take 41 days and will cost CFA 48.152.217 franc.

Key words:

- Lower voltage distribution
- Dimensioning
- Transformer station
- C32
- Essakane

## LISTE DES ABREVIATIONS

- 2iE** : Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement
- AST** : Analyse Sécuritaire des Taches
- BT** : Basse Tension
- CDF** : Centre De Formation
- C32** : (1) Centrale thermique constitué de 3 génératrices d'une puissance totale de 3000kVA.  
(2) Secteur alimenté par la centrale C32.
- HTA** : Haute tension de catégorie A
- Icc** : Courant de court-circuit
- Imag** : Courant de réglage du déclencheur magnétique
- In**: Intensité nominale
- kVA**: kilo Volt Ampère
- km**: Kilomètre
- kV**: Kilo Volts
- MALT** : Mise à la terre
- MT** : Moyenne Tension
- MW** : Mégawatt
- MU** : Mesure d'Urgence
- NF C** : Norme Française, indice de classe C
- PdC** : Pouvoir de coupure
- SR** : Sureté Routière
- SST** : Santé Sécurité au Travail
- TD** : Tableau divisionnaire
- TGBT** : Tableau Général Basse Tension
- TT** : Régime de neutre dans lequel le neutre de la source est relié à la terre d'une part, et les masses des récepteurs reliées à la terre d'autre part.

## SOMMAIRE

<b>DEDICACE.....</b>	<b>i</b>
<b>REMERCIEMENT.....</b>	<b>ii</b>
<b>RESUME.....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>iv</b>
<b>LISTE DES ABREVIATIONS.....</b>	<b>v</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX .....</b>	<b>viii</b>
<b>LISTE DES FIGURES.....</b>	<b>ix</b>
<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>1</b>
<b><i>I. Présentation de la structure d'accueil.....</i></b>	<b><i>2</i></b>
<b><i>II. Etat des lieux et justification du projet.....</i></b>	<b><i>3</i></b>
1. Etat des lieux.....	3
2. Justification du projet.....	6
<b><i>III. Objectif et méthodologie.....</i></b>	<b><i>8</i></b>
1. Objectif de l'étude .....	8
2. Méthodologie .....	9
<b><i>IV. Bilan de puissance et Hypothèses.....</i></b>	<b><i>14</i></b>
1. Bilan de puissance .....	14
2. Hypothèses.....	14
<b><i>V. Analyse et discussion des différentes hypothèses .....</i></b>	<b><i>15</i></b>
1. Raccordement de la charge du C32 sur le 122-TX-01 .....	15
2. Raccordement de la charge du C32 sur le 141-TX-01 .....	18
3. Synthèse des solutions analysées.....	22
<b><i>VI. Etude technique de la solution synthèse.....</i></b>	<b><i>22</i></b>
1. Schéma unifilaire.....	22
2. Paramètre généraux du nouveau transformateur.....	23
3. Détermination des sections de câbles.....	24
4. Calcul de chute de tension.....	25
5. Détermination des courants de court-circuit.....	25
6. Choix des dispositifs de protection .....	27
7. Analyse sécuritaire des tâches .....	29
8. Compensation de l'énergie réactive.....	31
9. Plan de mise à la terre.....	31

<b>VII. Planification estimation financière du projet.....</b>	<b>32</b>
1. Planification du projet.....	32
2. Evaluation financière du projet.....	34
<b>CONCLUSION.....</b>	<b>37</b>
<b>Perspectives .....</b>	<b>37</b>
<b>Annexes .....</b>	<b>41</b>

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Section de câble entre le 122-TX-01 et le TGBT du C32 .....	17
Tableau 2: Tableau récapitulatif des valeurs de la charge du C32.....	20
Tableau 3: Tableau récapitulatif des paramètres électriques mesurés .....	21
Tableau 4: Tableau récapitulatif des chutes de tension entre le 141-TX-01 et l'atelier CMEF22	
Tableau 5: Cahier de charges du transformateur.....	23
Tableau 6: Tableau récapitulatif du choix des coefficients .....	24
Tableau 7: Tableau récapitulatif des sections de câble.....	24
Tableau 8: Tableau récapitulatif des chutes de tension .....	25
Tableau 9: Courant de court-circuit max .....	26
Tableau 10: tableau de choix des dispositifs de protection .....	28
Tableau 11: Tableau récapitulatif des puissances des batteries de condensateurs:.....	31
Tableau 12: Tableau récapitulatif des ressources utilisées .....	34
Tableau 13: Lettre de sélection (Canalisations non enterrées) .....	45
Tableau 14: Facteur de correction K1 (canalisations non enterrées) .....	45
Tableau 15: Facteur de correction K2 (canalisations non enterrées) .....	45
Tableau 16: Facteur de correction K3 (canalisations non enterrées) .....	46
Tableau 17: Section de câble minimale (canalisations non enterrées).....	47
Tableau 18: Facteur de correction K4 (canalisations enterrées) .....	48
Tableau 19: Facteur de correction K5 (canalisations enterrées) .....	48
Tableau 20: Facteur de correction K6 (canalisations enterrées) .....	48
Tableau 21: Facteur de correction K7 (canalisations enterrées) .....	49
Tableau 22: Section de câble minimale (canalisations enterrées).....	49
Tableau 23 : Carnet de câble.....	60

## LISTE DES FIGURES

Figure 1: Situation géographique de la mine Essakane: .....	2
Figure 2: Génératrice C32, Août 2008 .....	3
Figure 3: Centre de formation, Mai 2016 .....	4
Figure 4: Mesure d'urgence et sûreté routière .....	4
Figure 5: Centrale à béton, Mai 2016 .....	5
Figure 6: Entrepôt des composants, Mai 2016 .....	5
Figure 7: Entrepôt des composants, Mai 2016 .....	6
Figure 8: Courbe du rendement du transformateur en fonction de la charge du C32 .....	8
Figure 9: Branchement de l'enregistreur .....	11
Figure 10: Vue aérienne du secteur C32 et des transformateurs environnants .....	15
Figure 11: Transformateur de l'entrepôt .....	16
Figure 12: Services enfouis C32 .....	17
Figure 13: Transformateur de l'exploration 141-TX-01 .....	18
Figure 14: Profil de charge jour 1 .....	19
Figure 15: Profil de charge jour 2 .....	20
Figure 16: Schéma unifilaire du nouveau plan d'alimentation des charges du C32 .....	23
Figure 17: Schéma unifilaire du nouveau plan de la C32 .....	23
Figure 18: Fiche d'analyse sécuritaire des tâches .....	30
Figure 19: Gantt de réalisation des travaux .....	33
Figure 20: Simulation pour le calcul économique des lampes LED .....	38

## INTRODUCTION

L'environnement minier comporte énormément de risques. Ainsi, lorsqu'un employé est victime d'un accident de travail ou d'une maladie professionnelle, cela constitue des pertes pour le travailleur et sa famille, pour l'entreprise et pour toute la communauté. Pour ces raisons, la problématique de la santé-sécurité au travail apparaît comme le gage de la productivité et de la prospérité des sociétés minières. C'est pour ces raisons que les entreprises et les sociétés minières en particulier mettent la santé sécurité au travail au centre de leurs préoccupations.

Chez Iamgold corporation, cette valeur apparaît quotidiennement comme un défi pour tous les travailleurs et une mission pour le département « Santé-Sécurité ». Il incombe donc à ce département de promouvoir et de maintenir le plus haut degré de bien-être physique et mental de tous les travailleurs et de prévenir tout dommage causé à la santé des travailleurs par les conditions de travail. C'est au cours d'une de leurs inspections qu'est ressortie la non-conformité des installations de la C32 (centrale thermique constituée de 3 génératrices d'une puissance totale de 3000kVA) vis-à-vis des nouveaux standards d'Essakane. En effet, les risques sécuritaires liés à ses installations devenaient de plus en plus important avec l'augmentation de la fréquentation des travailleurs autour de la C32.

Pour pallier ce problème, il a été décidé du démantèlement de la centrale du C32 et de rechercher une autre source d'alimentation pour les charges concernées. C'est dans le but de trouver un plan de redistribution électrique basse tension pour les charges du C32 que s'inscrit notre thème intitulé : « Etude d'un nouveau plan de distribution électrique basse tension pour les charges du C32 du site d'Essakane ».

L'annihilation des risques liés aux installations de la C32 implique le démantèlement de la centrale. Cependant, quels seront les locaux et la charge totale affectés par ce démantèlement ? Quelles sont les différentes solutions possibles pour la réalimentation des charges ? Laquelle des solutions mettre en œuvre ? Quel en sera le coût ?

Pour répondre à ces questions, nous avons mené notre réflexion autour de cinq grands points après une brève présentation de l'entreprise :

- Etude des installations de la C32 et justification du projet ;
- Bilan de puissance de la C32 ;
- Analyse et discussion des différentes hypothèses ;
- Etude technique de la solution retenue ;

- Evaluation financière de la solution.

## **I. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL**

Essakane SA est une société minière dont le gisement se situe à l'intérieur d'un permis d'exploration couvrant 100,2 km<sup>2</sup>. Le site est bordé par six permis d'exploration couvrant une superficie totale de 1 266 km<sup>2</sup>. Essakane SA est détenue à 90% par la société canadienne Iamgold. Les 10% restant détenue par l'Etat Burkinabè.

La mine Essakane est située dans la partie nord-est du Burkina Faso. Elle chevauche la frontière entre les provinces de l'Oudalan (chef-lieu de la province de Gorom-Gorom) et de Séno. Elle se situe à environ 330 km de la capitale, Ouagadougou.



Figure 1: Situation géographique de la mine Essakane:

IAMGOLD a commencé à gérer le projet Essakane après avoir fait l'acquisition d'Orezone Ressources en février 2009. Essakane est entrée en production commerciale en juillet 2010. L'expansion de l'usine à Essakane visant à accueillir une proportion croissante de roche dure a été achevée à la fin de 2013.

L'usine dispose de deux lignes de traitement de minerais d'une capacité totale de 15 000 T/h environ. Sa production annuelle est estimée à plus de 400.000 onces d'or. Le site dispose actuellement d'un réseau électrique assez robuste d'une puissance de court-circuit de 360MVA. Sa puissance installée est de plus de 80 MVA, distribuée en 4 niveaux de tension : 6.6 kV ; 690

V ; 400 V et 220 V. Sa consommation électrique journalière s'élève à plus de 900 MWh pour l'électricité.

## **II. ETAT DES LIEUX ET JUSTIFICATION DU PROJET**

### **1. Etat des lieux**

La C32 est une centrale thermique de 3000 kVA mis en place en juillet 2008 pour répondre aux besoins électriques de la mine durant la construction de l'usine. Elle est constituée de trois génératrices CATERPILAR alimentées au fuel léger (LFO). En 2010, à la fin de la construction (phase I), elle fut utilisée comme source de secours ou source d'appoint par moment.



*Figure 2: Génératrice C32, Août 2008*

En 2013, à la fin de l'extension de l'usine et de l'augmentation de la capacité de la centrale, la C32 a été mise hors service pour des raisons de santé-sécurité et ses charges furent reprises par un transformateur de 1600 kVA raccordé au réseau de distribution aérien moyenne tension. Au fil du temps, ce poste a progressivement été délesté de ses charges. A présent il n'en reste que :

- Le centre de formation ;
- Les mesures d'urgence et sûreté routière
- La surface et la centrale à béton ;
- L'entrepôt des composants ;
- L'atelier CMEF ;
- Et l'atelier des pièces.

Afin de mieux estimer la puissance utilisée par ces charges, analysons les détails de leurs compositions.

*Le Centre de Formation et les mesures d'urgence :*

Le Centre de formation, est un bâtiment à usage mixte d'une superficie de 737m<sup>2</sup>. Il comporte des bureaux, des salles de formation et des ateliers de formation. Comme charge électrique, il est équipé de : Soixante-six (66) réglettes standards de 36W, Neuf (09) luminaires de type de 400W, Deux (02) projecteurs, Neuf (09) prises industrielles 3P+T de 32A, Cinquante-cinq (55) prises standards de modèles divers et de treize (13) climatiseurs.



Figure 3: Centre de formation, Mai 2016

La « mesure d'urgence » et « sûreté routière » quant à elle est un bâtiment stratégique d'une superficie totale de 330m<sup>2</sup>, il comporte les bureaux des secouristes ainsi qu'un hangar et un magasin. Comme équipements électriques, il est constitué de : Vingt-deux (22) réglettes standards de 36W, Un (01) projecteur, Une (01) prise industrielles 3P+T de 16A, Vingt-quatre (24) prises standards de modèles divers et de six (06) climatiseurs.



Figure 4: Mesure d'urgence et sûreté routière

### *L'Atelier CMEF*

L'atelier CMEF est constitué de deux (02) containers aménagés en bureau ainsi que d'un hangar faisant office d'atelier de soudure. Il s'étend sur environ 150m<sup>2</sup> et est constitué des équipements électriques suivants : Quinze (15) réglettes standards de 36W, deux (02) projecteurs ; deux (02) prises industrielles 3P+T de 16A, deux (02) prises industrielles 3P+T de 63A, vingt-cinq (25) prises standard de model diverses, un (01) extracteur d'air et deux (02) climatiseurs.

### *La surface*

Jadis appelée New laydown, la surface est un vaste terrain composé de deux (02) ateliers et d'une vingtaine de containers aménagés en bureau ou en magasin. Elle est équipée de : Quarante-deux (42) réglettes standards de 36W, deux (02) projecteurs, deux (02) prises industrielles 3P+T de 16A, une (01) prise industrielle 3P+T de 32A, soixante-dix-neuf (79) prises standards de modèles divers, quatre (04) extracteurs d'air et de dix (10) climatiseurs.

### *La centrale à béton*

Equippée de : Quatorze (14) réglettes standards de 36W, neuf (09) projecteurs magnum de 400W, une (01) prise industrielle 3P+T de 16A, soixante-dix-neuf (79) prises standards de modèles divers, quatre (04) extracteurs d'air et quatre (04) climatiseurs.



Figure 5: Centrale à béton, Mai 2016

### *L'entrepôt des composants :*

L'entrepôt des composants est équipé de quatorze (14) projecteurs Phillips, douze (12) projecteurs magnum de 400W, une (01) prise industrielle 3P+T de 16A, douze (12) prises standards de modèles divers, un (01) moteur de 5.5kW et un (01) climatiseur.



Figure 6: Entrepôt des composants, Mai 2016

### *Entrepôt des pièces :*

L'entrepôt des pièces est constitué de : Cinq-cents quatorze (514) réglettes standards de 36W, quatorze (14) projecteurs veto de 400W, deux projecteurs LED de 150W, deux prises standards Legrand, six (06) extracteurs d'air et de huit (08) climatiseurs.



Figure 7: Entrepôt des composants, Mai 2016

Après avoir identifié les locaux et équipements dont l'alimentation émane du poste du C32, une série de coupures a été planifiée afin de réaliser le schéma unifilaire des installations (voir figure 8).

## **2. Justification du projet**

Quoique la possibilité d'optimiser substantiellement l'installation électrique du C32 soit admise, son processus de mise en œuvre est complexe. Le remplacement et l'ajout de nouveaux équipements constituent un investissement qui doit être validé et justifié à travers une étude pertinente.

Le présent projet se justifie par le démantèlement de la C32. Ce dernier quant à lui a été initié pour les raisons suivantes :

- Eliminer les risques environnementaux et de sécurité. En effet, le LFO et les huiles moteur présentent des risques de déversement et d'incendie.
- Utiliser un des groupes pour faire une unité mobile qui serait, selon le plan de maintien d'urgence des BLACKOUT, plus pratique qu'une installation permanente. Cette unité pourrait également être utilisée pour des besoins d'arrêt électrique à l'usine ou tout autre secteur.

- Générer des entrées d'argent en vendant les deux groupes restants. En effet, les groupes sont estimés à plus de 60.000.000FCFA.

Par ailleurs, le remplacement du poste source de la C32 se doit également d'être justifié. Dans cette optique, un suivi des charges du C32 a été effectué sur une durée de 72H (annexe I) afin de déterminer la valeur de la charge. Les résultats montrent un appel de puissance moyen de 100kVA. Pour un transformateur de 1600kVA, cela traduit une véritable sous-charge permanente du transformateur 113-TX-01. Cette situation engendre des pertes d'énergies et par conséquent des pertes financières. Ce paragraphe vise à évaluer ces pertes et les chiffrer financièrement afin de justifier de la pertinence du projet.

Dans un premier temps, nous évaluerons les pertes d'énergie en se servant de la courbe du rendement du transformateur 113-TX-01 en fonction de son taux de charge. Cette courbe peut être construite à l'aide de la formule ci-dessous, donnée par la norme NF EN 50464-1<sup>1</sup>.

$$\eta = 100 \left( 1 - \frac{\alpha^2 P_{cc} + P_0}{\alpha S + \alpha^2 P_{cc} + P_0} \right) \quad (1)$$

Avec :

$P_{cc}$  = pertes dues à la charge au courant assigné et à la température de référence ;

$P_0$  = perte à vide à la tension et à la fréquence assignée ;

$S$  = puissance assignée ;

$\alpha$  = facteur de charge

---

<sup>1</sup> L'extrait de la norme NF EN 50464-1 – Août 2007 « Transformateurs triphasés de distribution immergés dans l'huile, 50 Hz, de 50 kVA à 2 500 kVA, de tension la plus élevée pour le matériel ne dépassant pas 36 kV – Partie 1 : prescriptions générales » est reproduit avec l'accord d'AFNOR. Seuls les textes originaux et complets de la norme telle que diffusée par AFNOR Editions – accessible via le site internet [www.boutique.afnor.org](http://www.boutique.afnor.org) – ont valeur normative.

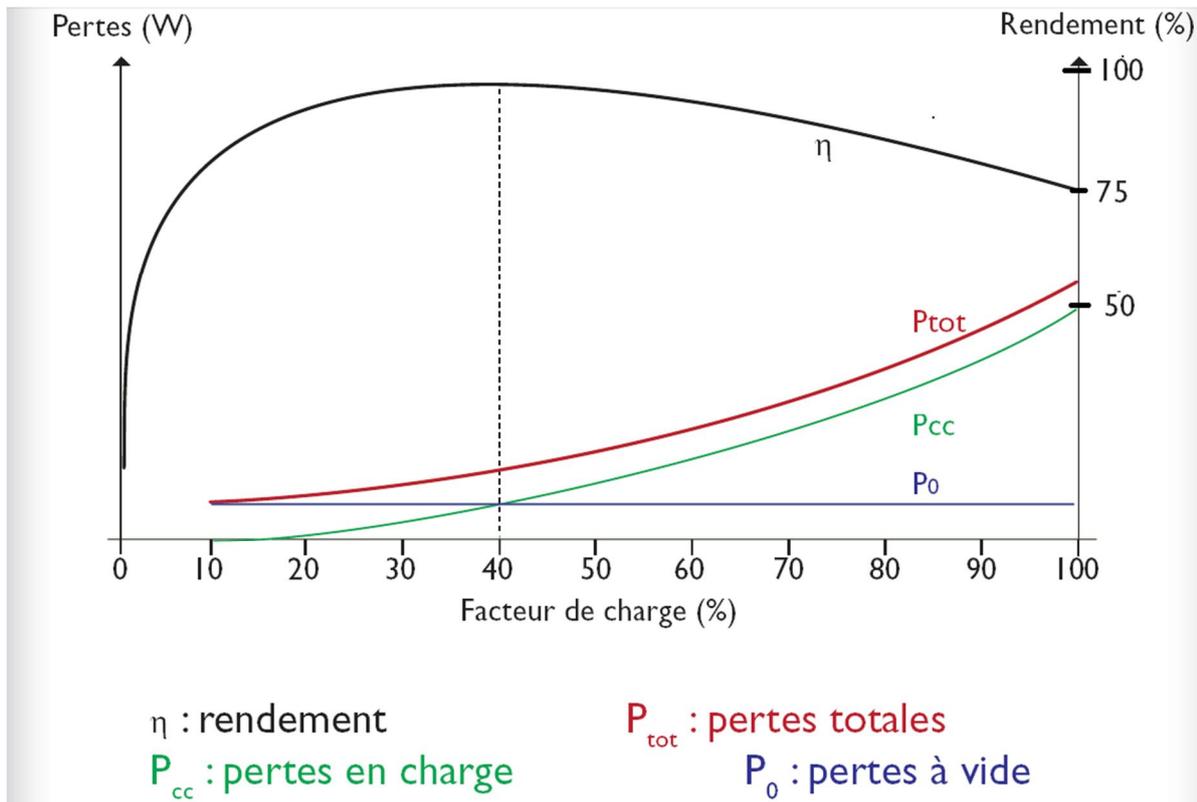


Figure 8: Courbe du rendement du transformateur en fonction de la charge du C32

En se référant à la courbe ci-dessus, le rendement du transformateur est estimé à 75% pour un facteur de charge de 100kVA sur 1600kVA. Pour un transformateur utilisé convenablement, son rendement atteint au moins 95%. Partant de ce principe, si nous estimons la perte non justifiée à 20%, nous totalisons une perte de 20kVA soit 16kW sous un cosφ de 0.8, ces pertes coûtent en moyenne 14.000.000 FCFA à la société par an.

Au vu de tous ces enjeux sécuritaires, environnementaux et financiers, il va de soi que le démantèlement de la C32 et le remplacement de son poste source soit une nécessité. De ce fait, quelle méthode devrait-on mettre en œuvre pour réalimenter les charges affectées ?

### III. OBJECTIF ET METHODOLOGIE

#### 1. Objectif de l'étude

Pour répondre aux standards de la mine en matière de santé-sécurité, et réduire les coûts d'exploitation tout en générant des entrées de fonds, Essakane SA a décidé de démanteler la centrale C32 et de remplacer le transformateur qui l'alimente. L'objectif de la présente étude est donc de trouver le moyen le plus optimal pour réalimenter les charges qui seront amputées

au TGBT du C32. IL s'agissait spécifiquement :

- D'appréhender les installations de la C32 ;
- D'évaluer la charge totale affectée ;
- D'étudier les différentes possibilités de réalimenter ces charges ;
- De réaliser l'étude technique et financière de la solution retenue.

## **2. Méthodologie**

Dans le souci de bien mener cette étude et d'atteindre les différents objectifs fixés, la démarche suivante a été suivie :

- Un bilan de puissance a été réalisé pour appréhender la charge du secteur C32;
- Une étude analyse des postes situés dans les environs afin de voir la possibilité de répartir les charges sur ces derniers;
- Le choix de la solution optimale et l'élaboration d'une étude technique basée sur la norme NFC 15-100;
- La planification des travaux et l'évaluation financière du projet basé sur la cotation unitaire du site.

### **a) Estimation de la charge par un bilan de puissance**

Pour déterminer la puissance installée du secteur de la C32, nous avons effectué un bilan de puissance complet. Cela nous a permis d'estimer le plus justement possible la puissance d'utilisation de ses installations. Le calcul est basé sur la somme arithmétique des puissances au niveau de chaque équipement jusqu'à la source. Du fait que les récepteurs ne fonctionnent pas tous ni en même temps ni à pleine charge, des facteurs de simultanéité ( $k_s$ ) et d'utilisation ( $k_u$ ) permettent de pondérer la puissance apparente maximale réellement absorbée par chaque récepteur et groupes de récepteurs.

La puissance d'utilisation  $P_u$  (kVA) est la somme arithmétique de ces puissances apparentes valorisées. La détermination de ces facteurs de simultanéité implique une connaissance détaillée de l'installation et de ses conditions d'exploitation.

En ce qui concerne le facteur d'utilisation, dans une installation industrielle, la norme NF C 15-100 préconise en absence d'information, un facteur d'utilisation de 0,75 pour les appareils à moteur. Pour les appareils d'éclairage et de chauffage, le facteur d'utilisation est toujours égal à 1.

Pour les coefficients de simultanéité, les valeurs que nous utiliserons tiennent aussi bien compte

de la réalité du terrain que des suggestions de la norme NF C15 100.

Utilisation	Facteur de simultanéité (ks)
Eclairage	1
Chauffage et conditionnement d'air	1
Prises de courant	0,1 à 0,2

*Facteur de simultanéité en fonction de l'utilisation (NF C 15-100)*

Nombre de circuits	Facteur de simultanéité
1	0,9
2 et 3	0,9
4 et 5	0,8
6 à 9	0,7
10 et plus	0,6

*Facteur de simultanéité pour armoire de distribution (NF C 15-100)*

Enfin, pour tenir compte des évolutions prévisibles des installations dans le futur, un facteur d'extension a été appliqué à la puissance utilisée ; il est au moins égal à 1 et, pour les installations industrielles, une valeur d'au moins 1,2 est recommandée par la norme. Nous considérerons un facteur de 1.25 pour la présente étude.

### **b) Estimation de la charge avec un analyseur de puissance**

Afin d'analyser la faisabilité de raccordement de la charge du C32 à ses transformateurs voisins, nous avons eu besoin d'estimer l'appel de puissance de ceux-ci sur le réseau. Pour ce faire, nous avons utilisé un analyseur de puissance. C'est un appareil qui permet l'enregistrement et l'analyse à long terme des tendances et événements dans les applications industrielles et les réseaux de distribution d'électricité. L'instrument utilisé est un FLUKE ENERGY LOGGER 1730. C'est un appareil multifonction qui permet entre autres, d'enregistrer :

- La puissance efficace : résultats de puissance active, réactive et apparente accompagnés du contenu harmonique;
- La demande : résultats d'énergie active, réactive et apparente. ;
- La puissance fondamentale : paramètres de puissance qui, contrairement à ceux figurant dans la catégorie puissance efficace, n'incluent pas de contenu harmonique.
- Le VAHz/THD : volts, ampères, fréquence et relevés de THD,
- Vue calendaire : pour comparer des données regroupées en heures, jours ou semaine.

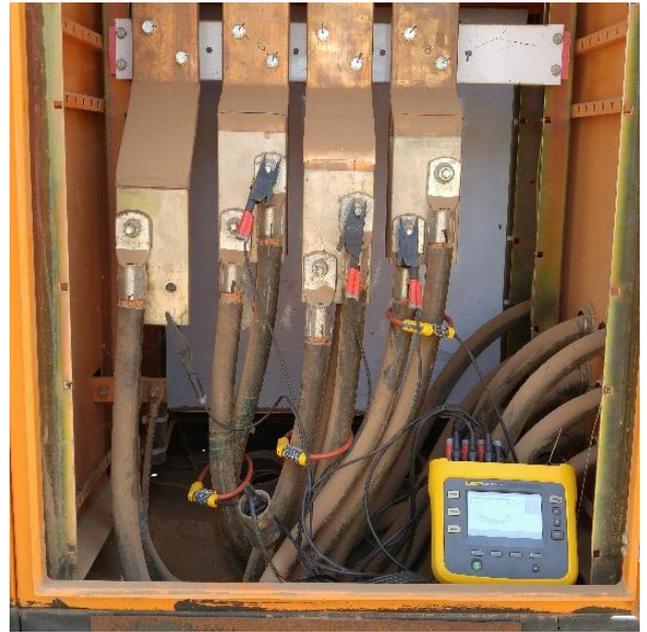


Figure 9: Branchement de l'enregistreur

Après avoir réalisé les enregistrements, nous nous sommes servis du logiciel Fluke Energy Analyze fourni par le constructeur pour le traitement des informations.

### c) Calcul des sections de câble (canalisations non enterrées)

Pour déterminer des sections de conducteurs de phase prévus dans les canalisations non enterrées et protégées par un disjoncteur, nous utiliserons la méthode définie dans la norme NF C 15-100 [1].

Dans un premier temps, cette méthode consiste à :

- Déterminer une lettre de sélection qui dépend du conducteur utilisé et de son mode de pose ;
- Déterminer un coefficient K qui caractérise l'influence des différentes conditions d'installation.

Ce coefficient K s'obtient en multipliant les facteurs de correction, K1, K2, K3, Kn et Ks :

- le facteur de correction K1 prend en compte le mode de pose ;
- le facteur de correction K2 prend en compte l'influence mutuelle des circuits placés côte à côte ;
- le facteur de correction K3 prend en compte la température ambiante et la nature de l'isolant ;

- $K_n$  représente le facteur de correction du neutre chargé. Dans notre cas aucun coefficient lié aux harmoniques ne sera appliqué :  $K_n = 1$  car le taux d'harmonique  $i_{h3}$  est inférieur à 15% selon les résultats des suivis de charges présenté en annexe I et les phases seront équilibrées. Par conséquent, le conducteur neutre ne sera pas considéré comme chargé. La section du conducteur neutre ( $S_n$ ) sera égale à celle nécessaire pour les conducteurs de phases ( $S_{ph}$ ).
- le facteur de correction dit de symétrie  $K_s$  : lorsque 1, 2 ou 4 câbles sont prévus par phase, avec respect de symétrie  $K_s = 1$ . Lorsque 2, 3 et 4 câbles sont utilisés par phase sans respect de la symétrie  $K_s = 0.8$ .

Les différents tableaux permettant le choix de la lettre de sélection et des différents coefficients  $k$  sont présentés en annexe II.

Dans un second temps, après avoir déterminé le facteur de correction  $K$ , nous avons calculé  $I'z$  qui est le courant équivalent au courant véhiculé par la canalisation :  $I'z = I_z/K$ .  $I_z$  étant le courant admissible dans une canalisation donnée. Autrement dit, c'est la valeur du courant normalisé juste supérieur à  $I_n$  qui tient compte de la contrainte thermique.

Enfin, nous avons déterminé la section minimale à l'aide d'un fourni en annexe II en entrant  $I'z$ .

#### **d) Calcul des sections de câble (canalisations enterrées)**

Pour obtenir la section des conducteurs de phase pour la lettre de sélection D qui correspond aux câbles enterrés, il faut dans un premier temps déterminer un coefficient  $K$  qui caractérise l'influence des différentes conditions d'installation. Ce dernier s'obtient en multipliant les facteurs de correction  $K_4$ ,  $K_5$ ,  $K_6$ ,  $K_7$ ,  $K_n$  et  $K_s$  :

- le facteur de correction  $K_4$  prend en compte le mode de pose ;
- le facteur de correction  $K_5$  prend en compte l'influence mutuelle des circuits placés côte à côte ;
- le facteur de correction  $K_6$  prend en compte l'influence de la nature du sol
- le facteur de correction  $K_7$  prend en compte la température ambiante et la nature de l'isolant ;
- le facteur de correction du neutre chargé  $K_n$  sera égal à 1 pour les raisons mentionnées dans le point précédent ;

- Et le facteur de correction dit de symétrie  $K_s$  (identique au  $K_s$  défini dans le point précédent).

Dans un second temps, on calcul  $I'z$ , le courant équivalent au courant véhiculé par la canalisation :  $I'z = Iz/K$ . Puis, on détermine la section minimale à l'aide du tableau fourni en annexe III en entrant  $I'z$ .

Les tableaux pour la détermination des différents facteurs de correction sont également donnés en annexe III.

### e) Calcul des chutes de tension

La norme NF C 15-100 impose que la chute de tension entre l'origine de l'installation BT et tout point d'utilisation n'excède pas 6% pour les départs moteurs et 8% pour les postes privés. Par conséquent, nous nous sommes fixés une limite de 4% pour la distribution d'où une marge de 2% à 4% pour le raccordement aux circuits terminaux.

En triphasé avec neutre, nous considérerons la formule suivante pour le calcul des chutes de tension.

$$\Delta U = \sqrt{3}IL(R \cos \phi + X \sin \phi) \quad (2)$$

I= Courant d'emploi en ampère

L= longueur d'un conducteur en km ;

R = résistance linéique d'un conducteur en  $\Omega/\text{km}$ . Pour le cuivre  $R = 22,5 \Omega/\text{mm}^2/\text{km}/\text{S}$  (section en  $\text{mm}^2$ ) et pour l'aluminium  $R = 36 \Omega/\text{mm}^2/\text{km}/\text{S}$  (section en  $\text{mm}^2$ ).

X = réactance linéique d'un conducteur en  $\Omega/\text{km}$ . X est négligeable pour les câbles de section  $< 50 \text{ mm}^2$ . En l'absence d'autre indication, on prendra  $X = 0.08 \Omega/\text{km}$ .

$\Phi$  = déphasage du courant sur la tension dans le circuit considéré.

### f) Calcul des courants de court-circuit

La valeur du courant de court-circuit  $I_{cc}$  en un point d'une installation est donnée par la méthode suivante (méthode utilisée par le logiciel My Ecodial en conformité avec la norme NF C 15-500) [2]. :

- Calculer : la somme  $R_t$  des résistances situées en amont de ce point :  $R_t = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$  et la somme  $X_t$  des réactances situées en amont de ce point :  $X_t = X_1 + X_2 + X_3 + \dots$
- Calculer la valeur du courant de court-circuit  $I_{cc}$  max à l'aide de la formule suivante :

$$I_{cc\ max} = \frac{mc\ U_n}{\sqrt{3}\sqrt{R_t^2 + X_t^2}} \quad (3)$$

Avec :

$U_n$  = tension nominale entre phases du transformateur (400 V) ;

$m$  = facteur de charge à vide = 1,05 ;

$c$  = facteur de tension = 1,05.

## **IV. BILAN DE PUISSANCE ET HYPOTHESES**

### **1. Bilan de puissance**

Conformément à la méthodologie définie au paragraphe III)2) a. , nous avons établi le bilan de puissance de la C32. Les résultats sont récapitulés dans le tableau ci-dessous. Les résultats plus détaillés sont donnés en annexe IV.

*Tableau récapitulatif du bilan de puissance*

Local	Puissance active (kW)	Puissance réactive (kVAR)	Puissance apparente (kVA)	S+25% (kVA)
New laydown	46,82	35,12	58,53	73,16
Centrale à béton	18,03	13,52	22,54	28,17
Atelier CMEF	23,40	17,55	29,25	36,56
Mesure d'urgence et sûreté routière	20,74	15,56	25,93	32,41
CDF	76,78	57,59	95,98	119,97
Entrepôt des composants	11,10	8,33	13,88	17,34
Hangar + containers	29,37	32,67	43,93	54,92
Total	226,24	180,32	290,02	362,525

Ces résultats donnent une puissance d'utilisation de 290.2 kVA. Cela représente moins de 18% de la puissance du transformateur 113-TX-01. Ce bilan de puissance confirme par conséquent l'inadéquation de charge du C32 et de son transformateur (113-TX-01). Il nous permet en outre d'émettre des hypothèses plausibles pour la réalimentation des charges du C32.

### **2. Hypothèses**

Le démantèlement de la centrale C32 et de son transformateur implique la recherche d'un

nouveau plan de réalimentation des charges amputées. Une analyse du secteur nous a permis d'identifier les postes environnants.

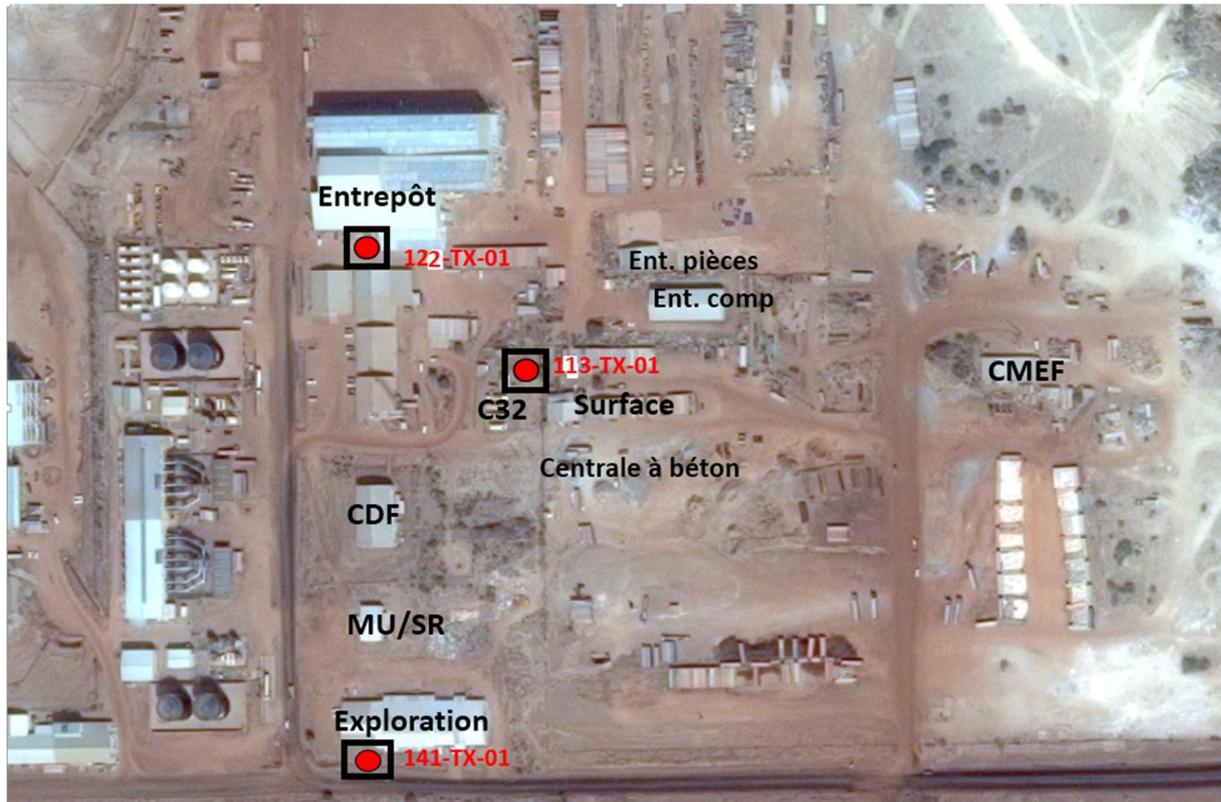


Figure 10: Vue aérienne du secteur C32 et des transformateurs environnants

Lorsque nous observons la vue aérienne du secteur ainsi que des différentes installations électriques, 02 hypothèses peuvent être envisagées:

- Le raccordement de toute la charge du C32 sur le transformateur de l'entrepôt (122-TX-01) ;
- Ou le raccordement de toute la charge du C32 sur le transformateur de l'exploration (141-TX-01)

Dans le chapitre suivant, nous analyserons et discuterons individuellement ces hypothèses.

## **V. ANALYSE ET DISCUSSION DES DIFFERENTES HYPOTHESES**

### **1. Raccordement de la charge du C32 sur le 122-TX-01**

Cette solution est la plus évidente car le transformateur 122-TX-01 est la plus proche du TGBT de la C32. Le 122-TX-01 est un transformateur immergé de 630kVA. Un suivi de la charge de ce transformateur effectué par l'équipe de maintenance du site a révélé une charge moyenne de 212kVA. Par conséquent il présente une réserve suffisante pour supporter les 282.8kVA de la C32. Cependant une visite du transformateur nous a permis de constater certaines non-

conformités liées à l'installation du transformateur 122-TX-01. En effet :

- Le transformateur est posé sur une palette en bois contrairement aux recommandations de la norme NF C13-100;
- la cabine de celui-ci n'est pas conventionnelle pour une zone très fréquentée ;
- la distance entre le transformateur et la grille n'est pas réglementaire (inférieur à 1m) ;
- les câbles BT et HT ne suivent pas les chemins de câble.



Figure 11: Transformateur de l'entrepôt

Ces non conformités constituent un frein à l'utilisation de ce transformateur car il ne serait pas sécuritaire de se raccorder à un poste non conforme. Aussi, la correction de ces non conformités passe par une demande de projet qui est un processus long et complexe.

Par ailleurs, de nombreux services enfouis sont présents sur l'itinéraire prévisionnel du câble dont certains demeurent non identifiés par le département en charge. Cette situation rendrait l'ouverture de la tranchée très délicate à cause des risques de coupure de câble électrique, de conduites d'eau potable ou de fibre optique. Le croquis ci-dessous nous montre l'emplacement des services enfouis répertoriés.

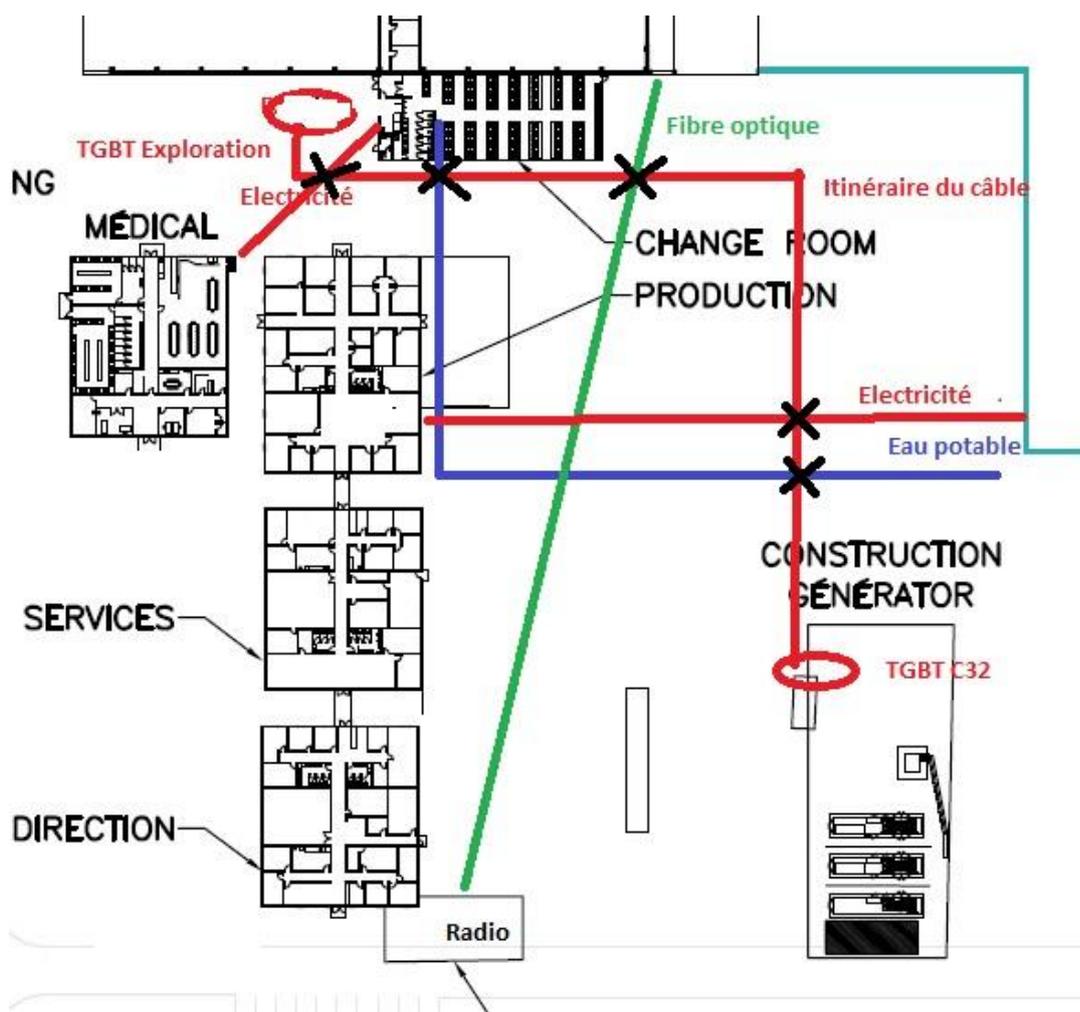


Figure 12: Services enfouis C32

Enfin, vu la distance et la valeur de la charge à véhiculer, on pourrait se demander si le coût du câble et la chute de tension entre le TGBT du C32 et le 122-TX-01 seront dans une limite raisonnable.

Conformément à la méthodologie développée dans le paragraphe II) 2) d.), le calcul de la section de câble entre le transformateur de l'entrepôt et le TGBT du C32 donne les résultats présentés dans le tableau suivant :

Tableau 1: Section de câble entre le 122-TX-01 et le TGBT du C32

	Repère câble	Long (m)	k	I <sub>b</sub> (A)	I <sub>z</sub> (A)	I' <sub>z</sub> (A)	âme	Section de câble
122-TX-01 au TGBT exploration	S2	200	0,65	408,19	500	764,99	Cuivre	2x240

Les résultats montrent qu'il faudra un conducteur cuivre d'une section minimale de 2x240mm<sup>2</sup> par phase. Cette disposition coûtera à l'achat plus de 17.000.000 FCFA à la société et occasionnera tout de même une chute de tension considérable de 3.03%.

En somme, le coût du câble, les chutes de tension occasionnées ainsi que les non-conformités

liées au poste de transformation rendent inapproprié le raccordement de la charge du C32 au transformateur en question.

## **2. Raccordement de la charge du C32 sur le 141-TX-01**

Le 141-TX-01 est un transformateur immergé de 500 kVA. Il a été installé suivant les normes NF C13-100 comme nous pouvons le constater [3] à travers l'image suivante :



Figure 13: Transformateur de l'exploration 141-TX-01

Le raccordement de la charge du C32 au transformateur de l'exploration sera fait conformément au schéma unifilaire présenté en annexe VII.

Certes, le transformateur 141-TX-01 est réglementaire et prédisposée à accueillir une nouvelle charge, mais il faudra vérifier qu'il dispose d'une réserve suffisante pour accueillir la charge du C32. Nous le ferons à travers un suivi de la charge à la sortie du transformateur conformément à la méthode défini au III) 2) b.

### **a) Vérification de la charge du transformateur**

L'exploration est un bâtiment constitué essentiellement de bureaux occupés généralement à 100%. Par conséquent, sa charge est quasiment constante d'un jour à l'autre. Pour cette raison, nous avons effectué nos mesures sur une durée de 48h. Cela nous a permis de dresser le profil de la charge du transformateur de l'exploration:

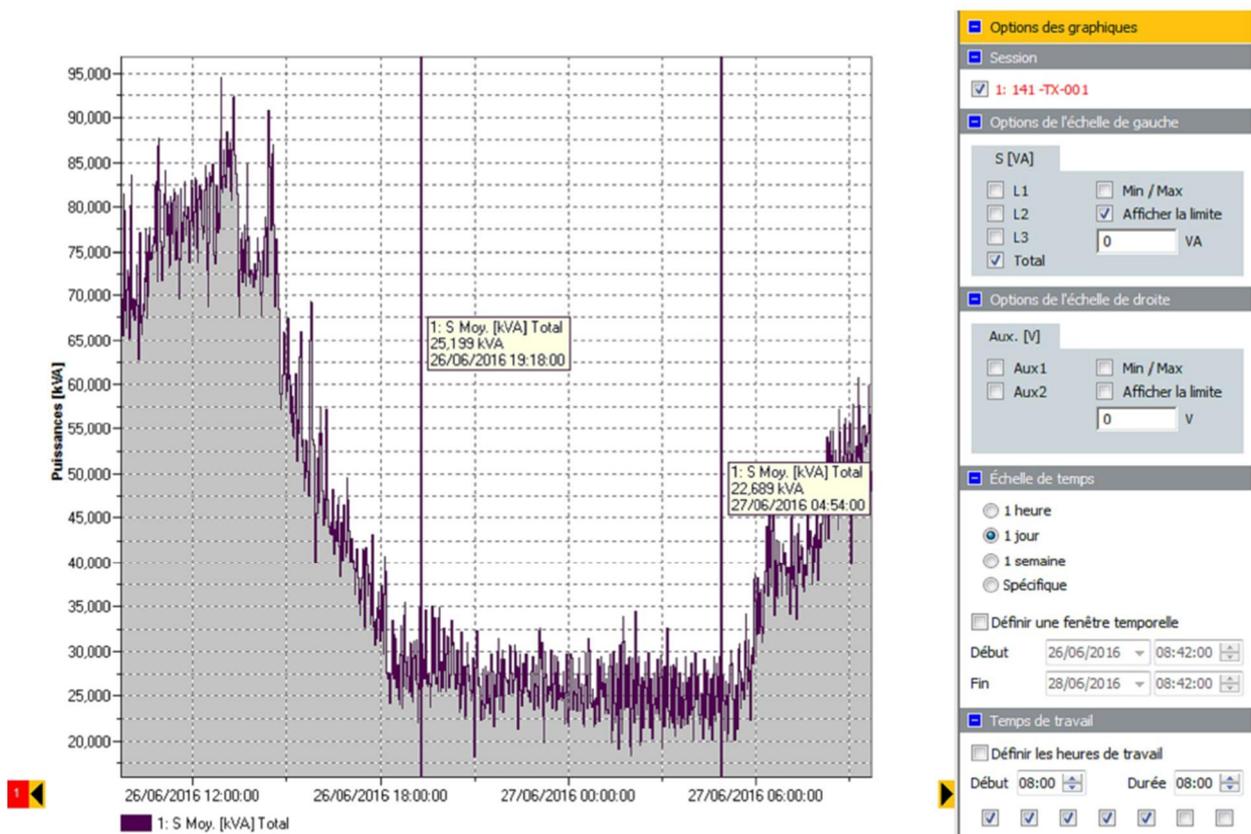


Figure 14: Profil de charge jour 1

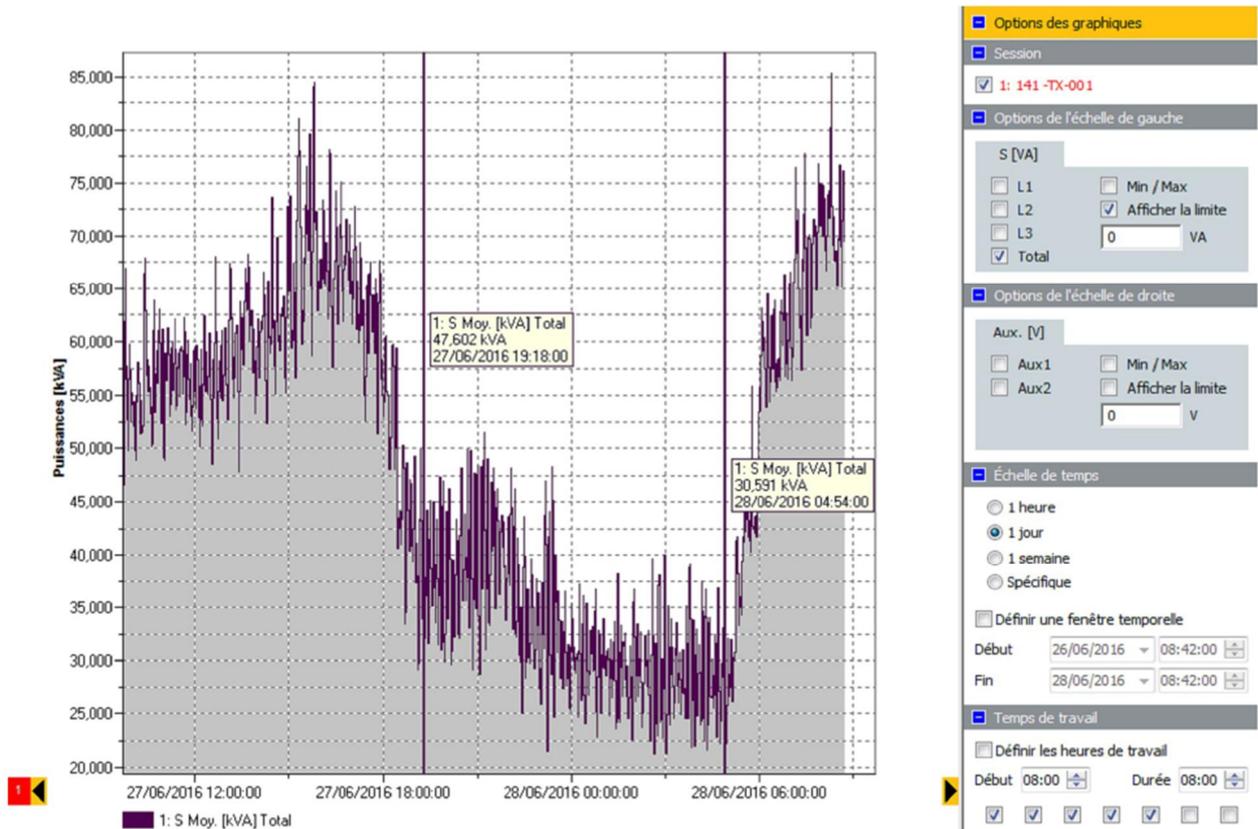


Figure 15: Profil de charge jour 2

En observant ces profils, on peut noter une période de faible charge entre 18h et 6h. Pour le reste, elle évolue graduellement pour atteindre son pic dans l'après-midi.

La charge maximale observée durant la mesure est de 140 kVA environ avec valeur moyenne de 45.8 kVA comme le montre le tableau récapitulatif suivant.

Tableau 2: Tableau récapitulatif des valeurs de la charge du C32

141 - TX-001					Informations sur l'enregistrement			
Tension nominale [V]					400,00 V			
					phase-phase			
Puissance apparente estimée					L1	L2	L3	Total
Max.	53,396 kVA	42,111 kVA	44,971 kVA	140,966 kVA	26/06/2016 13:17:00	26/06/2016 13:17:00	26/06/2016 09:12:00	26/06/2016 13:17:00
Moy.	19,046 kVA	10,460 kVA	10,995 kVA	45,787 kVA				
Min.	5,570 kVA	4,006 kVA	3,048 kVA	17,795 kVA	27/06/2016 05:07:00	26/06/2016 21:42:00	26/06/2016 23:52:00	26/06/2016 21:00:00

Type d'étude :	Étude de charge
Topologie :	Tri. Ph-N - 3I
Date de début :	26/06/2016 08:42:00
Date de fin :	28/06/2016 08:42:00
Durée :	2d 0h 0m 0s
Intervalle de calcul de la moyenne :	1min.
Nombres d'intervalles de calcul de la moyenne :	2880 (2880)

Le tableau ci-dessous présente quelques caractéristiques du courant débité par le

transformateur, il nous permet de juger de la qualité de l'électricité.

Tableau 3: Tableau récapitulatif des paramètres électriques mesurés

141 - TX-001				Informations sur l'enregistrement
<b>Courant [A]</b>				Type d'étude : <b>Étude de charge</b> Topologie : <b>Tri. Ph-N - 3I</b> Date de début : <b>26/06/2016 08:42:00</b> Date de fin : <b>28/06/2016 08:42:00</b> Durée : <b>2d 0h 0m 0s</b> Intervalle de calcul de la moyenne : <b>1min.</b> Nombres d'intervalles de calcul de la moyenne : <b>2880 (2880)</b>
	L1	L2	L3	
Max.	247,5 A 27/06/2016 15:18:00	263,1 A 26/06/2016 14:47:00	208,8 A 26/06/2016 09:12:00	
Moy.	82,5 A	45,3 A	47,6 A	
Min.	21,7 A 27/06/2016 05:07:00	16,9 A 26/06/2016 21:56:00	11,6 A 26/06/2016 23:04:00	
<b>Fréquence [Hz]</b>				
	L1	L2	L3	
Max.	50,92 Hz 27/06/2016 05:07:00			
Moy.	50,05 Hz			
Min.	48,82 Hz 26/06/2016 23:14:00			
<b>THD-A [%]</b>				
	L1	L2	L3	
Max.	26,9 % 26/06/2016 21:00:00	55,6 % 26/06/2016 14:47:00	13,8 % 26/06/2016 21:56:00	
Moy.	6,9 %	6,2 %	5,0 %	
Min.	2,9 % 28/06/2016 08:17:00	2,3 % 26/06/2016 19:52:00	1,9 % 27/06/2016 02:09:00	

Nous pouvons observer à travers ces valeurs, une fréquence très stable d'une valeur moyenne de 50.05Hz. Le réseau est également moins pollué en harmonique de rang 3 : 5% en moyenne. Cette valeur est dans la tranche normative fixée par la norme NF C15-100 [1].

En résumé, ces enregistrements nous permettent d'affirmer sans ambages que le 141-TX-01 dispose d'une réserve suffisante pouvant supporter la charge du C32. Il nous a aussi permis de faire le point sur la qualité de la fourniture d'électricité qui est satisfaisante.

Cependant, la distance entre le TGBT de l'exploration et le TD le plus éloigné de la charge du C32 (l'atelier CMEF) est de 700 m environ. Par conséquent, une question mérite d'être élucidée avant de se prononcer sur la fiabilité de cette hypothèse: est-ce que les chutes de tension resteront dans les limites que nous nous sommes fixées pour la distribution basse tension de la présente étude à savoir 4% ?

### **b) Vérification des chutes de tension**

Conformément à la méthode de calcul des chutes de tension présentée dans le paragraphe III) 2) e., les résultats des chutes de tension entre le transformateur de l'exploration et le tableau divisionnaire de l'atelier CMEF sont donnés dans le tableau suivant :

Tableau 4: Tableau récapitulatif des chutes de tension entre le 141-TX-01 et l'atelier CMEF

	Repère câble	Long (m)	âme	Section de câble (mm <sup>2</sup> )	Chute de tension(V)	$\Delta U(\%)$	$\Delta U$ cumulé (%)
TGBT exploration au TGBT C32	S1	300	Cu	2x240	12,96	3,24%	3,24%
141-TX-01 au TGBT exploration	S2	10	Cu	2x240	0,73	0,18%	0,18%
TGBT exploration au TD3	S3	125	Cu	150	7,62	1,91%	2,09%
TGBT au TD2	S5	150	Al	150	3,92	0,98%	4,40%
TD2 au Coffret CMEF	S6	150	Al	95	3,90	0,98%	5,38%

Les calculs nous donnent une chute de tension cumulée de 5.38% entre le transformateur et l'atelier CMEF. Compte tenu de la limite que nous nous sommes fixés, cette hypothèse sera réfutée.

### 3. Synthèse des solutions analysées

Toutes les hypothèses analysées dans les paragraphes précédents sont conflictuelles. En effet, trois facteurs constituent un frein au raccordement de la charge du C32 au transformateur de l'entrepôt:

- Non-conformités liées à l'installation du transformateur 122-TX-01 ;
- Le coût du câble de raccordement ;
- La présence de services enfouis non identifiés (eau potable, électricité, fibre optique).

Quant au raccordement de la charge du C32 au transformateur de l'exploration, sa mise en œuvre est limitée par les chutes de tension qu'il occasionnerait et éventuellement par le coût du câble.

Cependant, une solution synthèse pourrait découler de ces hypothèses. Celle-ci consisterait à :

- Raccorder les charges du CDF et des Mesures d'urgence et sûreté routière au transformateur de l'exploration d'une part : cela permettrait d'exploiter un transformateur existant tout en limitant les chutes de tension et le coût des câbles ;
- Installer un nouveau transformateur pour charges restantes d'autre part.

La mise en œuvre de cette solution engendrera une modification substantielle du fonctionnement des installations. Une étude plus approfondie est donc nécessaire afin de déterminer les nouveaux équipements à installer et de redimensionner les éléments affectés par la modification.

## VI. ETUDE TECHNIQUE DE LA SOLUTION SYNTHÈSE

### 1. Schéma unifilaire

Le nouveau plan de distribution basse tension pour les charges du C32 peut être matérialisé en

unifilaire de la façon suivante : Confère annexe VII.

## 2. Paramètre généraux du nouveau transformateur

Le transformateur prévu dans la nouvelle installation sera choisi conformément au cahier de charges suivant [4]:

Tableau 5: Cahier de charges du transformateur

Paramètre généraux		Caractéristiques
Puissance assignée (kVA)		P = 250
Fréquence (Hz)		50Hz
Type de fonctionnement		abaisseur
Tension primaire	tension assignée U1	6,6 kV
	niveau d'isolement	7,2 kV
Tension secondaire	tension assignée U2	400 V
	niveau d'isolement	BT: 1,1 kV
Réglage hors tension	par prises de réglage	± 2,5%
Couplage		Dyn 11
Altitude d'utilisation		≤ 1000 m
Température d'utilisation		10°C; 50°C
Mode d'installation		extérieur
Technologie		immergée
Diélectrique		huile minérale
Type de moulage		étanche remplissage total
Classe thermique et échauffement		Classe thermique F, soit au maximum 100°C enroulement et 90°C diélectrique
Refroidissement		ONAN (Oil natural air natural)
Raccordement MT		boulonné sur traversées en porcelaine
Raccordement BT		Sur traversées en porcelaine
Accessoires de protection interne		DGPT2, thermostat, thermomètre, relais Bucholz + assécheur d'air
Protection contre les contacts directs		IP00

Nous avons donc retenu un transformateur de 250 kVA de chez France transfo qui répond aux prescriptions ci-dessus. Les caractéristiques électriques de ce transfo sont données en annexe.

Figure 17: Schéma unifilaire du nouveau plan de la C32  
Figure 16: Schéma unifilaire du nouveau plan d'alimentation des charges du C32

### 3. Détermination des sections de câbles

Selon la méthodologie définie dans les paragraphes III) 2) c. et III) 2) d., le calcul des sections de câbles passe par la détermination du coefficient K, produit des coefficients K1, K2, K3, K4, Kn et Ks:

Tableau 6: Tableau récapitulatif du choix des coefficients

	Repère câble	Mode de pose	Lettre de selection	k1	k2	k3	k4	kn	ks	k
123-TX-01 au TGBT C32	S1	13	E	1	1	0,82	1	1	1	<b>0,82</b>
141-TX-01 au TGBT exploration	S2	62	D	1	1	0,86	0,76	1	1	<b>0,65</b>
TGBT exploration TD3	S3	63	D	1	1	0,86	0,76	1	1	<b>0,65</b>
TGBT C32 au TD1	S4	62	D	1	1	0,86	0,76	1	1	<b>0,65</b>
TGBT C32 au TD2	S5	62	D	1	1	0,86	0,76	1	1	<b>0,65</b>
TD2 au Coffret CMEF	S6	63	D	1	1	0,86	0,76	1	1	<b>0,65</b>
TD2 au Coffret Ent. Composants	S7	62	D	1	1	0,86	0,76	1	1	<b>0,65</b>
TD1 au Container 1	S8	62	D	1	1	0,86	0,76	1	1	<b>0,65</b>
TD1 au container 2	S9	62	D	1	1	0,86	0,76	1	1	<b>0,65</b>
TD1 au container 3	S10	62	D	1	1	0,86	0,76	1	1	<b>0,65</b>
TD1 au Coffret ENT. Des pieces	S11	63	D	1	1	0,86	0,76	1	1	<b>0,65</b>
TD1 au coffret Surface + Cent. Béton	S12	63	D	1	1	0,86	0,76	1	1	<b>0,65</b>
TD3 au Coffret CDF	S13	63	D	1	1	0,86	0,76	1	1	<b>0,65</b>
TD3 au Coffret mesure d'urgence	S14	63	D	1	1	0,86	0,76	1	1	<b>0,65</b>

Le choix des sections de câble conformément à la méthodologie donne les résultats suivant :

Tableau 7: Tableau récapitulatif des sections de câble

	Repère câble	Long (m)	Ib (A)	Iz (A)	I'z (A)	âme	Section de câble (mm <sup>2</sup> )	
123-TX-01 au TGBT C32	S1	5	291,81	400	487,80	Cuivre	2x95	
141-TX-01 au TGBT exploration	S2	10	494,57	600	917,99	Cuivre	2x240	
TGBT exploration au TD3	S3	125	209,57	250	382,50	Cuivre	150	
TGBT C32 au TD1	S4	20	229,01	250	382,50	Cuivre	150	
TGBT C32 au TD2	S5	150	62,80	100	153,00	Aluminium	<b>150</b>	
TD2 au Coffret CMEF	S6	150	42,80	80	122,40	Aluminium	<b>95</b>	
TD2 au Coffret Ent. Composants	S7	50	20,00	32	48,96	Aluminium	<b>10</b>	
TD1 au Container 1	S8	25	14,50	25	38,25	Cuivre	<b>6</b>	
TD1 au container 2	S9	25	1,70	25	38,25	Cuivre	<b>10</b>	
TD1 au container 3	S10	25	17,00	25	38,25	Cuivre	<b>10</b>	
TD1 au Coffret ENT. Des pieces	S11	160	52,97	80	122,40	Cuivre	25	
TD1 au coffret Surface + Cent. Béton	S12	50	142,84	200	306,00	Cuivre	120	
TD3 au Coffret CDF	S13	75	172,17	200	306,00	Cuivre	120	
TD3 au Coffret mesure d'urgence	S14	10	37,40	63	96,39	Cuivre	16	
			Section non modifiée par rapport à l'existant					

#### 4. Calcul de chute de tension

Lorsqu'un câble est traversé par le courant, il y a chute de tension entre son origine et son extrémité due à l'impédance des câbles. Or, le bon fonctionnement d'un récepteur (surtout un moteur) est conditionné par la valeur de la tension à ses bornes. Il est donc nécessaire de limiter les chutes de tension en ligne par un dimensionnement correct des câbles d'alimentation. Suivant la méthode défini en III)e), le calcul des chutes de tension donne les résultats suivants :

Tableau 8:Tableau récapitulatif des chutes de tension

	Repère câble	Long (m)	âme	Section de câble (mm <sup>2</sup> )	Chute de tension (V)	$\Delta U(\%)$	$\Delta U$ cumulé (%)	
123-TX-01 au TGBT C32	S1	5	Cuivre	2x95	0,36	0,09%	0,09%	
141-TX-01 au TGBT exploration	S2	10	Cuivre	2x240	0,73	0,18%	0,18%	
TGBT exploration au TD3	S3	125	Cuivre	150	7,62	1,91%	2,09%	
TGBT C32 au TD1	S4	20	Cuivre	150	1,33	0,33%	0,42%	
TGBT C32 au TD2	S5	150	Aluminium	150	3,92	0,98%	1,07%	
TD2 au Coffret CMEF	S6	150	Aluminium	95	3,90	0,98%	2,05%	
TD2 au Coffret Ent. Composants	S7	50	Aluminium	10	4,99	1,25%	2,32%	
TD1 au Container 1	S8	25	Cuivre	6	1,88	0,47%	0,89%	
TD1 au container 2	S9	25	Cuivre	10	0,13	0,03%	0,46%	
TD1 au container 3	S10	25	Cuivre	10	1,33	0,33%	0,75%	
TD1 au Coffret ENT. Des pieces	S11	160	Cuivre	25	11,27	2,82%	3,24%	
TD1 au coffret Surface + Cent. Béton	S12	50	Cuivre	120	2,45	0,61%	1,04%	
TD3 au Coffret CDF	S13	75	Cuivre	120	4,43	1,11%	3,20%	
TD3 au Coffret mesure d'urgence	S14	10	Cuivre	16	0,76	0,19%	2,28%	
			Section non modifiée par rapport à l'existant					

Les chutes de tension dans les différents circuits étant admissibles, nous récapitulerons les sections de câble en annexe V dans un tableau appelé carnet de câble.

#### 5. Détermination des courants de court-circuit

Conformément à la méthode de calcul des courants des courts-circuits défini dans le paragraphe III) 2) f., le calcul des intensités de court-circuit donne les résultats suivants :

Résistance et réactance de chaque partie de l'installation :

*Réseau amont :*

La puissance de court-circuit du réseau interne d'Essakane SA est de 360 MVA.

$$Zq = \frac{(m \cdot Un)^2}{Skq} \quad (4)$$

$$X1 = 0.995 \cdot Zq = 0.488 \text{ ohms}$$

$$R1 = 0.1 * Zq = 0.049 \text{ ohms}$$

*Les transformateurs :*

	Puissance (kVA)	Pertes cuivres (W)	Ucc	Impédance (mΩ)	Résistance (mΩ)	Réactance (mΩ)
123-TX-01	250	3250	4,0%	25,60	8,32	24,21
141-TX-01	500	5500	4,2%	13,44	3,52	12,97

*Les câbles*

	Repère câble	Long (m)	âme	Section de câble (mm <sup>2</sup> )	Résistance (mΩ)	Réactance (mΩ)
123-TX-01 au TGBT	S1	5	Cuivre	2x95	0,49	0,45
141-TX-01 au TGBT exploration	S2	10	Cuivre	2x240	0,39	0,90
TGBT exploration au TD3	S3	125	Cuivre	150	15,43	11,25
TGBT au TD1	S4	20	Cuivre	150	2,47	1,80
TGBT au TD2	S5	150	Aluminium	150	29,41	13,50
TD2 au Coffret CMEF	S6	150	Aluminium	95	46,44	13,50
TD2 au Coffret Ent. Composants	S7	50	Aluminium	10	147,05	4,50
TD1 au Container 1	S8	25	Cuivre	6	77,13	2,25
TD1 au container 2	S9	25	Cuivre	10	46,28	2,25
TD1 au container 3	S10	25	Cuivre	10	46,28	2,25
TD1 au Coffret ENT. Des pieces	S11	160	Cuivre	25	118,46	14,40
TD1 au coffret Surface + Cent. Béton	S12	50	Aluminium	95	15,48	4,50
TD3 au Coffret CDF	S13	75	Cuivre	120	11,57	6,75
TD3 au Coffret mesure d'urgence	S14	10	Cuivre	16	11,57	0,90

Tableau 9: Courant de court-circuit max

Repère	Rt (mΩ)	Xt (mΩ)	Zt (mΩ)	Icc max (kA)
D0	0,049	0,488	0,490	519,62
D1	8,859	25,148	26,662	9,55
D2	3,959	14,358	14,893	17,10
D3	3,959	14,358	14,893	17,10
D4; D5	8,859	25,148	26,662	9,55
D6; D7	38,269	38,648	54,389	4,68
D8; D9; D10; D11; D12	11,329	26,948	29,232	8,71
D'11	129,789	41,348	136,216	1,87
D'12	26,809	31,448	41,324	6,16
D13	19,389	25,608	32,120	7,93
D'13	30,959	32,358	44,782	5,69
D'14	30,959	26,508	40,757	6,25
D'6	84,709	52,148	99,474	2,56

Ces valeurs de courant de court-circuit max nous permettront par la suite de choisir les appareils

de protection des différents circuits.

## **6. Choix des dispositifs de protection**

Le choix d'un dispositif de protection se fait en fonction de la caractéristique du réseau (sa tension de service, sa fréquence, son intensité et le nombre de pôles), de la continuité de service désirée ainsi que des différentes règles de protection [5]. Ces règles de protection sont les suivantes :

- Le pouvoir de coupure (PdC) du dispositif doit être supérieur ou égal au courant de court-circuit triphasé ( $I_{cc3}$ ) susceptible de se produire juste en dessous de celui-ci.  
PdC dispositif  $\geq I_{cc}$  max.
- Le dispositif doit déclencher pour une valeur minimum du courant de court-circuit, c'est à dire pour un défaut franc situé en bout de ligne :
  - Pour un disjoncteur :  $I_{mag} \leq I_{cc}$  min ( $I_{mag}$  = courant de réglage du déclencheur magnétique)
  - Pour un fusible :  $I_f 5s \leq I_{cc3}$  MIN (courant de fusion pour un temps de 5 secondes).

### **a) Protection du transformateur**

Pour la protection du transformateur à installer, nous avons choisi un fusible limiteur HTA pour son bas coût et ses caractéristiques de limitation qui réduisent considérablement l'amplitude du courant et l'énergie libérée en cas de court-circuit.

La norme CEI 60787 traite spécialement des fusibles destinés à cet usage. Ce type de récepteur impose trois contraintes principales à l'élément de remplacement [6]:

- Supporter sans fusion intempestive la crête de courant qui accompagne la mise sous tension de ce récepteur ;
- Supporter le courant en service continu et les surcharges éventuelles ;
- Couper les courants de défaut aux bornes du secondaire du transformateur.

Suivant ces critères de sélection, notre choix s'est porté sur des fusibles limiteurs HTA, 6.6kV, 25A.

### **b) Protection des différents circuits**

Dans le cas présent, rappelons en outre quelques extraits de la norme NF C 15100 qui nous

permettra de définir judicieusement nos protections :

431.2.1 Installations dont le point neutre est relié directement à la terre (schémas TT ou TN)

a) Lorsque la section du conducteur neutre est au moins égale ou équivalente à celle des conducteurs de phase, il n'est pas nécessaire de prévoir une détection de surintensité sur le conducteur neutre.

b) Lorsque la section du conducteur neutre est inférieure à celle des conducteurs de phase, il est nécessaire de prévoir une détection de surintensité sur le conducteur neutre, appropriée à la section de ce conducteur : cette détection doit entraîner la coupure des conducteurs de phase, mais pas nécessairement celle du conducteur neutre.

Suivant ces différentes règles, les disjoncteurs suivants ont été retenus pour les différents départs :

Tableau 10: tableau de choix des dispositifs de protection

Disjoncteur	Calibre = Ir	Icc max	Imag	Courbe de déclanchement	Modèle	PdC	Nbre de pôle
D1	400	9,55	14xIn	D	NSX 630	10	4
D2	800	17,1	14xIn	D	DPX	20	4
D3	250	19,1	14xIn	D	NSX 250	20	4
D'3	250	7,93	14xIn	D	NSX 250	10	4
D4	250	9,55	14xIn	D	NSX 250	10	4
D'4	250	8,71	14xIn	D	NSX 250	10	4
D5	100	9,55	14xIn	D	NSX 100	10	4
D'5	100	4,68	14xIn	D	NSX 100	5	4
D6	80	4,68	14xIn	D	NSX 100	5	4
D'6	80	2,56	14xIn	D	NSX 100	3	4
D7	50	4,68	10In	C	C50	5	3
D8	25	8,71	10In	C	C25	10	3
D9	63	8,71	10In	C	C63	10	3
D10	32	8,71	10In	C	C32	10	3
D11	80	8,71	14xIn	D	NSX 100	10	4
D'11	80	1,87	14xIn	D	NSX 100	3	4
D12	200	8,71	14xIn	D	NSX 250	10	4
D'12	200	6,16	14xIn	D	NSX 250	10	4
D13	200	7,93	14xIn	D	NSX 250	10	4
D'13	200	5,69	14xIn	D	NSX 250	10	4
D14	63	7,93	10In	C	C63	10	3
D'14	63	6,25	10In	C	C63	10	3

Vérification de la sélectivité

La sélectivité des protections est un élément essentiel qui doit être pris en compte dès la

conception d'une installation basse tension, afin de garantir aux utilisateurs la meilleure disponibilité de l'énergie. La sélectivité est dite totale si pour toutes les valeurs du défaut, de la surcharge jusqu'au court-circuit franc, le disjoncteur aval s'ouvre pendant que le disjoncteur amont reste fermé. En outre, elle est dite partielle si la condition ci-dessus n'est pas respectée jusqu'au plein courant de court-circuit, mais seulement jusqu'à une valeur inférieure. Cette valeur est appelée limite de sélectivité.

Dans le cadre de cette étude, nous rechercherons une sélectivité totale renforcée pour les TGBT et les tableaux divisionnaires principaux et une sélectivité partielle au moins pour les autres niveaux de l'installation.

Entre deux (02) disjoncteurs Compact NSX, la sélectivité est totale si le rapport entre les seuils de réglage est supérieur à 1,6 (dans le cas de deux disjoncteurs de distribution) : partant de ce principe, nous pouvons dire que la sélectivité est entre le TGBT du C32 et les tableaux divisionnaires I et II et aussi entre le TGBT de l'exploration et le tableau divisionnaire III.

## **7. Analyse sécuritaire des tâches**

L'une des priorités de la mine Essakane est l'atteinte des objectifs zéro incident, zéro assignation temporaire et zéro aide médicale. Pour y parvenir, toute tâche planifiée doit être examinée de façon à déceler les dangers éventuels et à déterminer le moyen le plus sûr de les exécuter [7]. Les expressions « analyse des risques professionnels » (ARP) et « décomposition des dangers professionnels » sont aussi utilisées dans ce contexte.

Toute analyse de la sécurité des tâches comporte les quatre étapes fondamentales suivantes:

- Choisir la tâche à analyser ;
- Décomposer la tâche en une série d'étapes ;
- Déceler les dangers éventuels à chaque étape ;
- Établir des mesures préventives pour parer à chaque danger.

Cette méthode nous a permis d'établir l'AST des ouvertures et fermeture des tranchées, des poses de câble et d'appareillages présentée ci-dessous :

ANALYSE SECURITAIRE DES TÂCHES				
DEPARTEMENT	USINE MAINTENANCE			
TRAVAUX OU ACTIVITE A REALISER :		Ouverture et fermeture de tranché- Pose de câbles et de disjoncteurs		
DESCRIPTION DES TÂCHES				
ETAPES	TRAVAIL EFFECTUE	DANGERS	RISQUES	
		DANGERS	MESURES PREVENTIVES	
1	Déplacement des câbles et transformateur de l'entrepôt vers les lieux d'installation	manutention mécanique et manuelle	blessure corporel, coinçement de doigts, Maux de dos	Port des EPP adéquats,Communication,Application des règle de manutention manuelle
		Chute materiel	Collision, bris materiel	Bonne communication
2	Ouverture et fermeture de la tranchée	Dégagement de poussière	Reduction de la visibilité, Collision, inhalation de poussiere	Port de masque à poussière, Communication radio
		Présence de services enfouis (eau potable,	bri de tuyauterie, sectionnement de câble	Permis d'excavation, bonne communication
3	Tirage de câble	Travail sous le soleil, marche à pied sur de Postures contraignantes (se courber, se contorsionner....)	Inconfort thermique (déshydratation), fatigue	Boire beaucoup d'eau
		Travail en espace confiné ( dans un plafond)	Lombalgies , troubles musculo-squelettiques (TMS),	Adopter une bonne posture et privilégier la manutention mécanique
		Travail en hauteur	Problèmes respiratoires, fatigue oculaire, déshydratation due à l'excès de chaleur	Procédure de travail en espace clos
		Utilisation d'outils tranchants (pinces coupantes, couteau, tournevis,...)	Risque de chute de hauteur	Port de harnais, garde de corps, utilisation d'une nacelle
4	Changement des éléments (disjoncteurs...)	Utilisation de perceuse à béton, pistolet( hulti DX)	Blessures, coupures	Port des EPP (Gants, lunettes), cadenassage et VAT, Habilitation électrique
		Présence de tension	Blessures graves, décès	EPP, Formation sur l'utilisation de la perceuse, du pistolet
			Risques d'électrocution, électrisation, court circuit	VAT (Vérification Absence Tension), cadenassage

Figure 18: Fiche d'analyse sécuritaire des tâches

## 8. Compensation de l'énergie réactive

La circulation de l'énergie réactive a des incidences techniques et économiques importantes. En effet, pour une même puissance active, il faudra fournir plus de puissance apparente pour une charge plus inductive. Ainsi, du fait d'un courant appelé plus important, la circulation de l'énergie réactive sur les réseaux de distribution entraîne [8]:

- des surcharges au niveau des transformateurs,
- l'échauffement des câbles d'alimentation,
- des pertes supplémentaires,
- Et des chutes de tension importantes.

Pour les raisons évoquées ci-dessus, il est nécessaire de produire l'énergie réactive au plus près possible des charges, pour éviter qu'elle ne soit appelée sur le réseau. Cette pratique est appelée "compensation de l'énergie réactive". Elle se fait par le moyen de batterie de condensateurs.

Pour réduire la puissance apparente absorbée au réseau de la valeur  $S_2$  à la valeur  $S_1$ , on doit connecter une batterie de condensateurs fournissant l'énergie réactive  $Q$  telle que :

$$Q = P \cdot (tg\phi_1 - tg\phi_2) \quad (5)$$

Dans notre cas, nous nous sommes fixés un facteur de puissance cible de 0.9. Cependant, un choix judicieux de la localisation de ces batteries permet d'augmenter leurs efficacités. Pour le cas présent, nous avons choisi une compensation globale en "gradins" pour le TGBT de la C32 et celui de l'exploration. Ces choix nous ont permis de soulager les postes de transformation concernés. L'enclenchement et le déclenchement des gradins sont pilotés par des relais varométriques.

Suivant ce principe, nous avons choisi des batteries de condensateurs dont les puissances sont récapitulées dans le tableau suivant :

*Tableau 11:Tableau récapitulatif des puissances des batteries de condensateurs:*

Localisation	Puissance active (kW)	Cos $\phi$ 1	Cos $\phi$ 2	Q (kVAR)	P. nominale (kVAR)	Gradins (kVAR)
<b>TGBT C32</b>	104,54	0,72	0,9	50,130	60	20+20+20
<b>TGBT Exploration</b>	209,52	0,81	0,9	50,215	60	20+20+20

## 9. Plan de mise à la terre

Le régime de neutre en vigueur dans le secteur de la C'est le TT. Cela suppose que le neutre du transformateur ainsi que les masses sont reliés à la terre. Pour le nouveau transformateur à

installer, nous retiendrons le même régime de neutre TT.

Mise à la terre du neutre :

Ce type de mise à la terre limite au mieux les surtensions et la sélectivité des protections ne présente pas de difficultés. Par contre, en cas de défaut à la terre, le courant n'est pas limité, les dégâts et les perturbations sont maxima et le danger pour le personnel est important pendant la durée du défaut.

Mise à la terre des masses :

Dans tous les locaux concernés par le projet, les masses métalliques simultanément accessibles sont reliées à la même prise de terre.

Dans les deux (02) cas, la valeur de la résistance d'une bonne terre est inférieure à  $10 \Omega$ .

## **VII. PLANIFICATION ESTIMATION FINANCIERE DU PROJET**

### **1. Planification du projet**

Du projet à la réalisation, il y'a la planification. C'est une étape très importante, garante du bon déroulement des travaux. C'est le meilleur instrument de réduction de l'erreur inhérente à toute prévision. Pour ce faire, le projet est décomposé en tâches élémentaires auxquelles on attribue des durées d'exécution ainsi que l'application de contraintes entre ces tâches ; contraintes préalablement définies et même standardisées [10]. Celles-ci permettent de déterminer a priori les dates de début de chaque travail et la date de livraison du chantier.

Pour la présente étude, nous ferons la planification des travaux à travers un diagramme de Gantt.

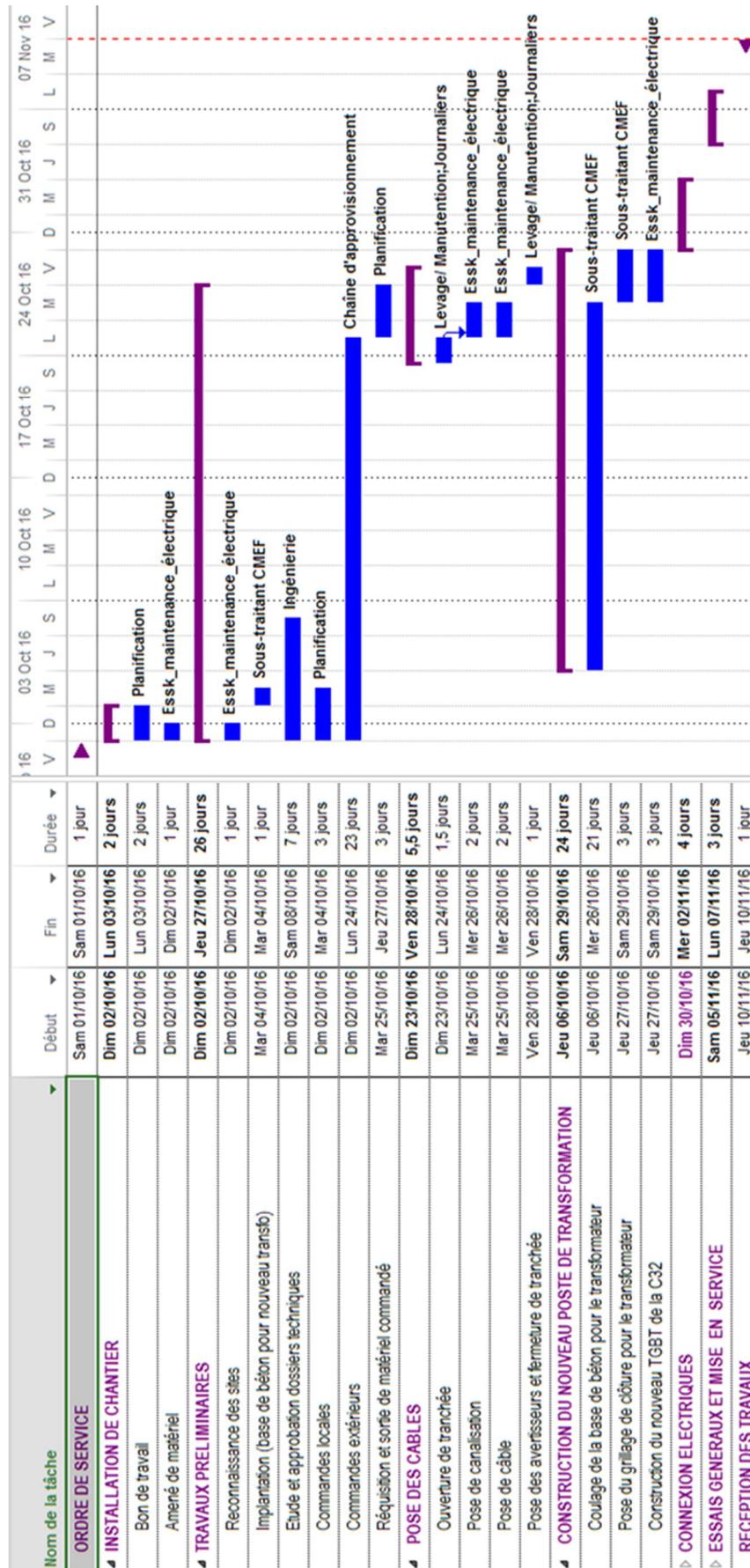


Figure 19: Gantt de réalisation des travaux

Ce diagramme nous permet en outre d'affecter les ressources nécessaires à la réalisation des Mémoire de fin d'étude 2015-2016

différentes tâches. Cela nous permettra de déduire le coût de la main d'œuvre et des différentes prestations intellectuelles dans le cadre de l'évaluation financière du projet.

## 2. Evaluation financière du projet

Afin d'estimer le coût des travaux, nous affecterons dans un premier temps, des taux horaires aux ressources utilisées. Les résultats sont donnés dans le tableau suivant.

Tableau 12: Tableau récapitulatif des ressources utilisées

Ressource	Temps d'utilisation (h)	taux horaire (FCFA)	Coût (FCA)
<b>Maintenance électrique</b>	872,3	4 000	3 489 200
<b>Planification</b>	108	4 500	486 000
<b>Ingénierie</b>	236,5	9 100	2 152 150
<b>Chaine d'approvisionnement</b>	107,1	6 200	664 020
<b>Levage manutention</b>	180,15	4 000	720 600
<b>Journalier</b>	80	750	60 000
<b>Pelle hydraulique</b>	25	45 000	1 125 000
<b>Centrale à béton</b>	1	1 500 000	1 500 000
<b>Camion plateau</b>	6	45 000	270 000
<b>Total</b>			<b>10 466 970</b>

N°	Désignation	Unité	Qté	Prix Unitaire	Prix Total
I	<b>APPAREILLAGE</b>				
I.1	Transformateur à huile minéral 250 KVA 6,6kV/400V dyn11	u	1	4 025 000	4 025 000
I.2	Disjoncteur Compact NSX630N 4P 500A LV432894 de Schneider	u	1	1 028 180	1 028 180
I.3	Disjoncteur Compact NSX250F 250A 4P 3D 36kV LV431780 de Schneider	u	6	190 000	1 140 000
I.4	Disjoncteur Compact NSX100 100A 4P 3D 36kV LV429030 de Schneider	u	5	43 913	219 565
I.5	Batterie automatique triphasée BX 400 V - 50 Hz - 60kvar (20+20+20) de chez Legrand	u	2	2 425 025	4 850 050
					<b>14 570 770 XOF</b>
II	<b>Filerie- Foureautage</b>				
II.1	Câble de puissance multiconducteur armé 600/1000V cuivre XLPE/PVC/SWA/PVC de section 4x240mm <sup>2</sup>	ml	27,5	42 137,24	1 158 774,10
II.2	Câble de puissance multiconducteur armé 600/1000V cuivre XLPE/PVC/SWA/PVC de section 4x150mm <sup>2</sup>	ml	159,5	43 668,24	6 965 084,28
II.3	Câble de puissance multiconducteur armé 600/1000V cuivre XLPE/PVC/SWA/PVC de section 4x120mm <sup>2</sup>	ml	137,5	25 684,27	3 531 587,13
II.4	Câble de puissance multiconducteur armé 600/1000V cuivre XLPE/PVC/SWA/PVC de section 4x16mm <sup>2</sup> BS5467	ml	10	3 982,37	39 823,70
II.5	Tube PVC DIA 110x6m PN10 bout mâle et femelle	ml	322	1 000,00	322 000,00
II.6	Coude PVC 90° DIA PN10 2 bouts femelles	u	65	4875	3 168 750,00
	<b>Sous-total</b>				<b>15 186 019 XOF</b>
III	<b>Sujetton de pose et besoin annexe</b>				
III.1	Fourniture:				
III.2	Ouverture et fermeture de tranchée de 0,6x1,2m	ml	100	3 000	300 000
III.3	Ruban avertisseur	ml	100	100	10 000
III.4	Sable fin	m3	32	11 000	352 000
III.5	Boitier en acier carbone WM483610NC 48"x36"x10"	u	2	258 464	516 927
III.6	Cosse à sertir en Aluminium non isolé Legrand 240 mm <sup>2</sup>	u	8	3 800	30 400
III.7	Cosse à sertir en Aluminium non isolé Legrand 150 mm <sup>2</sup>	u	16	2 600	41 600

Plan de distribution électrique basse tension pour les charges du C32 du site d'Essakane

III.8	Cosse à sertir en Aluminium non isolé Legrand 120 mm <sup>2</sup>	u	16	2 600	41 600
III.9	Cosse à sertir en Aluminium non isolé Legrand 16 mm <sup>2</sup>	u	8	632	5 056
III.10	Matériels de sécurité comprenant extincteur à poudre 6 kg, bac à sable + pelle de projection	u	1	350 000	350 000
	<b>Sous-total</b>				<b>1 647 583 XOF</b>

	Récapitulatif	Montant HTVA	TVA	Montant TTC
I	APPAREILLAGE	14 570 770	2 914 154	17 484 924
II	Filerie- Foureausage	15 186 019	3 037 204	18 223 223
III	Sujetton de pose et besoin annexe	1 647 583	329 517	1 977 100
IV	Coût des ressources utilisées et main d'œuvre	4 165 820	749 848	10 466 970
TOTAL				<b>48 152 217 XOF</b>

## CONCLUSION

Les difficultés liées à l'alimentation électrique sur le site de la C32 nous ont conduit à mettre en exergue plusieurs possibilités visant un nouveau plan de distribution électrique basse tension pour les charges du C32. L'étude des installations nous a permis d'appréhender la charge affectée par le démantèlement de la centrale à travers un bilan de puissance. Pour la réalimentation de cette charge d'une valeur totale de 282.8kVA, deux hypothèses ont été analysées :

- Le raccordement de la charge au transformateur de l'entrepôt 122-TX-01. Celle-ci a été réfutée à cause des non conformités sur le transformateur, du coût du câble de raccordement et de la présence de nombreux services enfouis non identifiés ;
- Le raccordement de la charge au transformateur de l'exploration 141-TX-01. Cette hypothèse s'est heurtée à la résultante des chutes de tension entre le TGBT de l'exploration et celui de la C32.

A l'issue de ces analyses, nous avons finalement opté de distribuer la charge de la C32 de la façon suivante : raccorder le centre de formation et les mesures d'urgence au TGBT de l'exploration et installer un nouveau transformateur de 250kVA pour les charges restantes à savoir, la surface et la centrale à béton, l'entrepôt des pièces, l'entrepôt des composants et l'atelier CMEF. Par la suite, une étude nous a permis de choisir les sections de câble, les différentes protections appropriées ainsi que les batteries de condensateurs pour la compensation réactive.

Enfin, la mise en œuvre de ce plan impliquera plusieurs départements de la mine à savoir : la planification, le levage et manutention, la chaîne d'approvisionnement, la santé-sécurité et la maintenance électrique. Elle coûtera au total plus de quarante-huit millions de francs CFA.

## PERSPECTIVES

En vue de s'assurer du fonctionnement optimal des installations de la C32 et faire des économies d'énergie, il est nécessaire de poursuivre les travaux initiés au cours de ce stage. Il s'agit en particulier de :

- Planifier le remplacement des 514 réglettes fluorescentes non compensés de l'entrepôt des composants par des tubes LED. Certes, ce projet suscitera un investissement d'au moins six (06) millions de francs CFA mais l'investissement sera amorti dans un délai de vingt-deux (22) mois grâce à des économies substantielles sur le coût de

l'exploitation (maintenance et consommation) chiffrées annuellement à 2.579.470 F CFA [11] comme le montre la simulation ci-dessous. Par ailleurs, cette option permettrait de soulager les batteries de condensateur ainsi que le transformateur de plus de 11 kVA.

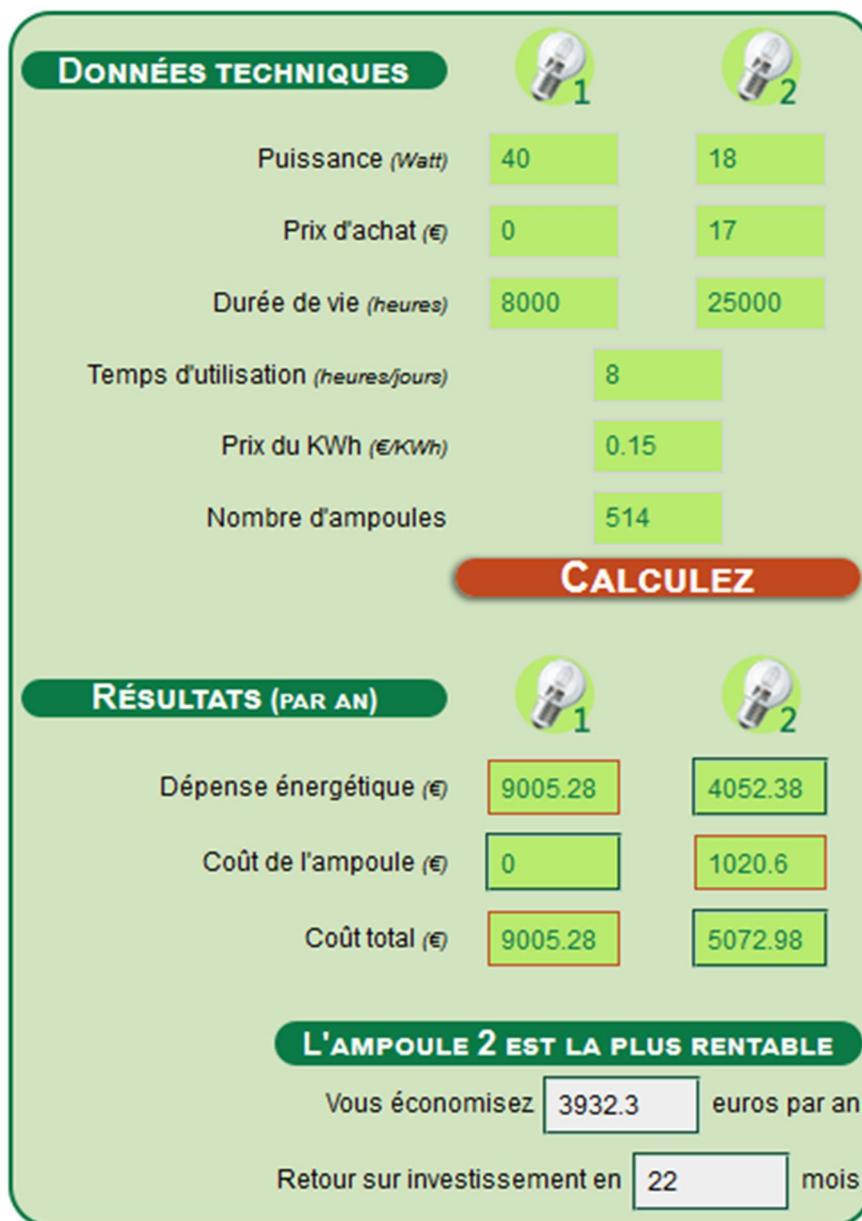


Figure 20: Simulation pour le calcul économique des lampes LED

- D'installer des différentiels dans certains points obligatoires de l'installation de la C32 à savoir les salles d'eau et dans les locaux à risque d'incendie. En effet, nous en avons constaté l'absence au niveau de l'alimentation des toilettes du CDF et de la surface au cours de nos inspections. Aussi, certains containers de l'entrepôt des composants (containers n° : 2041, 268, 2069, 2070 et 2071) sont utilisés pour l'entreposage de

produits chimiques inflammable. Ces bâtiments à risque d'incendie ne sont cependant pas équipés de disjoncteur différentiel. Cette situation doit être corrigée de toute urgence afin de garantir la sécurité du personnel.

- Vérifier la continuité de la mise à la terre des masses au niveau des différents locaux car la broche de terre dans les prises n'est pas raccordée (partout) au piquet de terre. Par endroit, elle n'est pas correctement raccordée.

## Bibliographie

### **Ouvrages et articles**

- [1] UTE NF C15-100, installation électrique à basse tension, décembre 2002
- [2] Schneider electric (2010), Compléments techniques distribution électrique BT et HTA, A56-A59.
- [3] Laurent W. (2010), Fascicule 53 : Conception et réalisation des postes de transformation utilisateurs, 10-15.
- [4] Schneider electric (2010), Guide de l'installation électrique, A18-A23.
- [5] Théodore Wildi et Gilbert Sybillle, électrotechnique, 4<sup>e</sup> édition, septembre 2005
- [6] Bourgeois R. et Cogniel D. , Mémotech plus – Electrotechnique
- [10] Robert buttrick, Gestion de projets: Le guide exhaustif du management de projets, 4<sup>e</sup> édition, juillet 2010
- [12] Dr Ahmed O. BAGRE (2012), polycopié du cours d'installation électrique 2

### **Sites internet**

- [7] <http://www.cchst.com/oshanswers/hsprograms/job-haz.html> ; 14 juin 2016
- [8] <http://www.export.legrand.com/files/fck/pdf-FR/EX210027-COMPENSATION-D-ENERGIE-2.pdf> ; 27 juillet 2016
- [9] <http://www.ac-grenoble.fr/ecole.entreprise/CRGE/ref/Docs/ParametresTransfos.pdf> ; 19 juillet 2016
- [11] <http://www.ampoules-service.fr/calculer-ses-economies.htm> ; 25 Août 2016

## **ANNEXES**

Sommaire des annexes :

**Annexe I :** *Suivi des charges du C32*

**Annexe II:** *Tableaux de choix des différents coefficients K et des sections de câbles minimales (cas des canalisations non enterrées)*

**Annexe III:** *Tableaux de choix des différents coefficients K et des sections de câbles minimales (cas des canalisations enterrées)*

**Annexe IV:** *Bilan de puissance*

**Annexe V:** *Caractéristiques électrique du transformateur*

**Annexe VI:** *Carnet de câble*

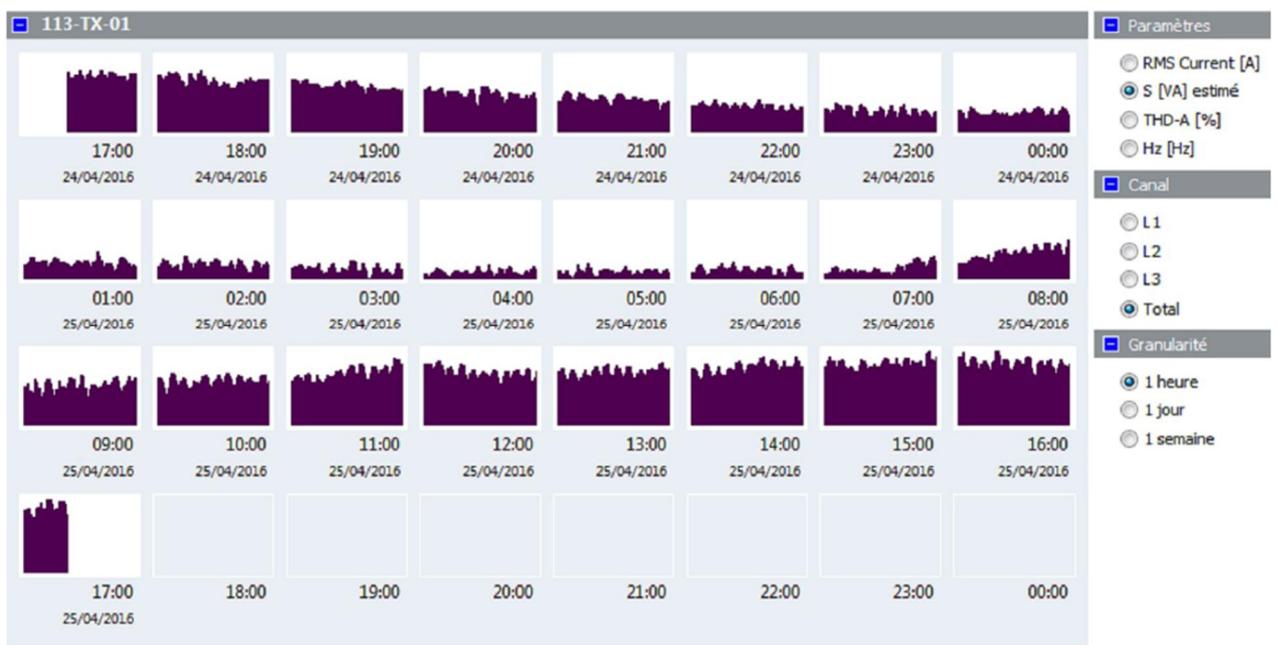
## Annexe I : Suivi des charges du C32

L'objectif de cette mesure étant d'estimer la charge et ses différents paramètres, nous allons enregistrer la puissance efficace, le VATz/THD.

Après avoir réalisé les enregistrements, le logiciel Fluke Energy Analyze nous a permis d'effectuer une analyse détaillée de l'énergie.

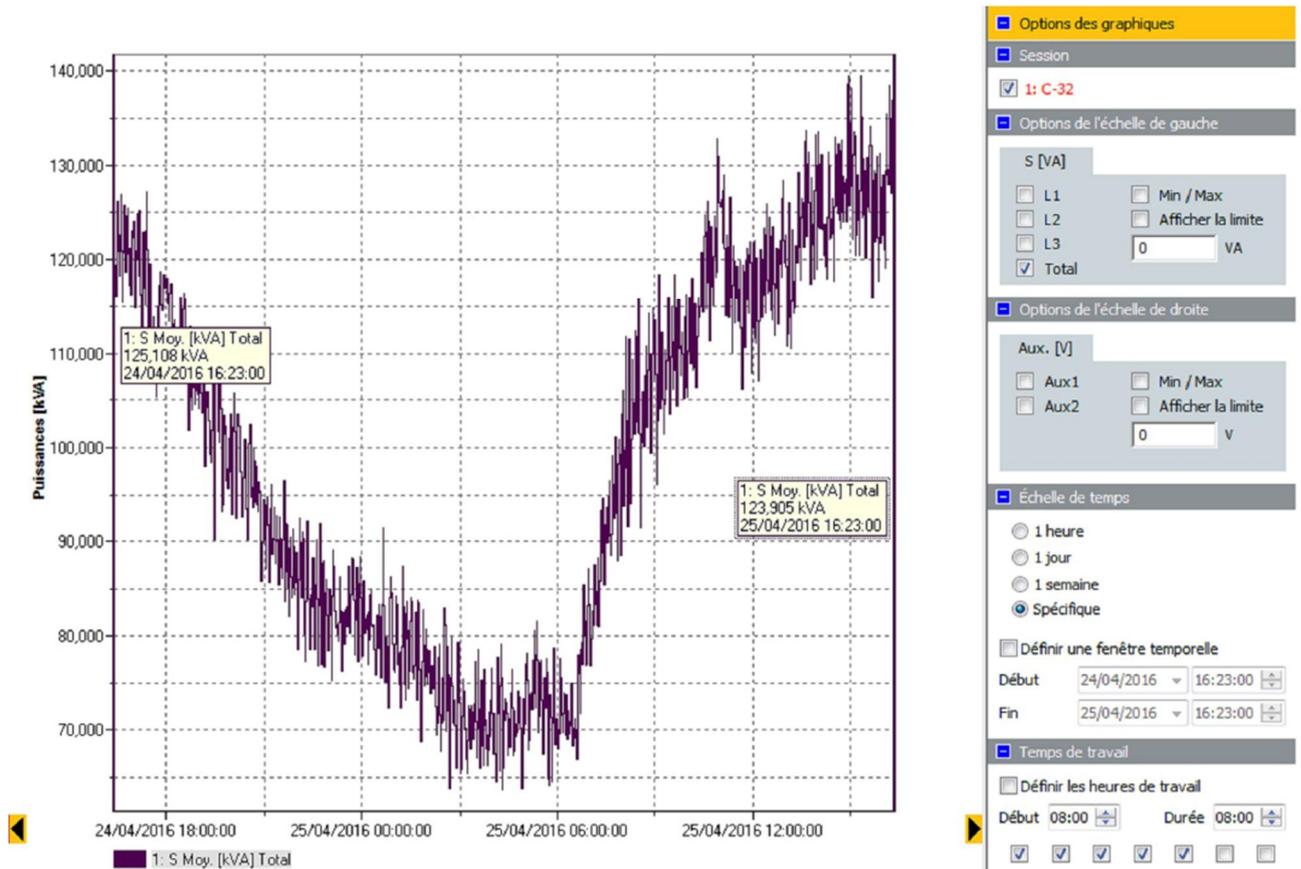
Dans un premier temps, une discrétisation horaire qui nous permet de distinguer deux périodes de consommation:

- Une période de faible consommation entre 00h et 7h,
- Et une période de consommation plus élevée entre 7h et 00h.



Ségrégation horaire de la charge du 113-TX-01

Secundo, un profil de charge qui nous permet de mettre en évidence la forte variabilité de la charge.



Profil de charge 113-TX-01

Tertio, un récapitulatif de la charge du C-32 qui varie entre 60 et 180kVA environ avec une moyenne estimée à 100kVA. Soit environ un facteur de charge de moins de 10% pour le transformateur existant.

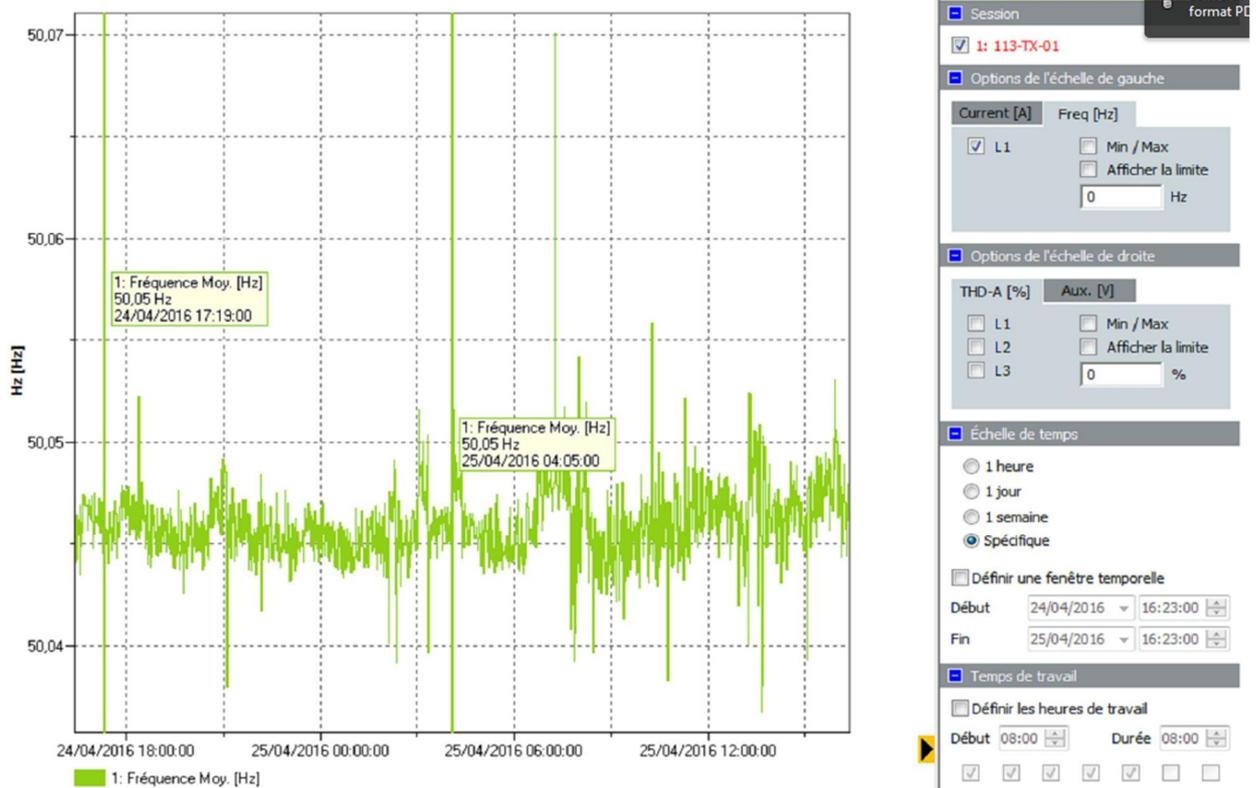
C-32					Informations sur l'enregistrement		
Tension nominale [V]							
400,00		V		phase-phase			
Puissance apparente estimée							
	L1	L2	L3	Total			
Max.	53,108 kVA	64,412 kVA	67,782 kVA	188,122 kVA			
	25/04/2016 15:21:00	25/04/2016 15:21:00	25/04/2016 15:21:00	25/04/2016 15:21:00			
Moy.	27,231 kVA	32,556 kVA	35,990 kVA	98,431 kVA			
Min.	17,735 kVA	16,374 kVA	17,396 kVA	61,044 kVA			
	25/04/2016 03:29:00	25/04/2016 04:49:00	25/04/2016 06:42:00	25/04/2016 03:44:00			

Type d'étude :	Étude de charge
Topologie :	Tri. Ph-N - 3I
Date de début :	24/04/2016 16:23:00
Date de fin :	25/04/2016 16:23:00
Durée :	1d 0h 0m 0s
Intervalle de calcul de la moyenne :	1min.
Nombres d'intervalles de calcul de la moyenne :	1440 (1440)

Tableau récapitulatif de la charge du 113-TX-01

Quarto, un profil de la fréquence qui nous permet de mettre en évidence la stabilité de la fréquence du secteur.



Enfin, un tableau récapitulatif qui montre également le taux de pollution harmonique. Ce dernier est faible avec un maximum de 14.3% noté au niveau de la phase 3.

C-32				Informations sur l'enregistrement
Courant [A]	L1	L2	L3	
Max.	246,1 A 25/04/2016 15:21:00	301,4 A 25/04/2016 15:21:00	308,1 A 25/04/2016 15:21:00	Type d'étude : Étude de charge Topologie : Tri. Ph-N - 3I Date de début : 24/04/2016 16:23:00 Date de fin : 25/04/2016 16:23:00 Durée : 1d 0h 0m 0s Intervalle de calcul de la moyenne : 1min. Nombres d'intervalles de calcul de la moyenne : 1440 (1440)
Moy.	117,9 A	141,0 A	155,8 A	
Min.	74,5 A 25/04/2016 03:29:00	66,6 A 25/04/2016 04:49:00	74,0 A 25/04/2016 06:42:00	
Fréquence [Hz]	L1	L2	L3	
Max.	51,17 Hz 25/04/2016 07:17:00			
Moy.	50,05 Hz			
Min.	49,75 Hz 25/04/2016 08:04:00			
THD-A [%]	L1	L2	L3	
Max.	11,8 % 25/04/2016 07:38:00	11,4 % 24/04/2016 23:28:00	14,3 % 25/04/2016 02:55:00	
Moy.	4,6 %	5,9 %	6,5 %	
Min.	2,0 % 24/04/2016 19:52:00	2,5 % 25/04/2016 10:33:00	2,9 % 25/04/2016 13:56:00	

Tableau récapitulatif des charges des paramètres électriques de la C32

En résumé, cette étude de charge nous a permis de situer la période de pointe comprise entre 7h et 00h avec une charge moyenne de 100kVA tout en mettant en évidence la bonne qualité de l'électricité dans le secteur qui a une fréquence stable et peu polluée en courant harmonique. Cependant, la charge moyenne enregistrée révèle une inadéquation entre le transformateur installé et la charge. Cela engendre des pertes financières à travers les pertes d'énergie.

## Annexe II: Tableaux de choix des différents coefficients K et des sections de câbles minimales (cas des canalisations non enterrées)

Tableau 13: Lettre de sélection (Canalisations non enterrées)

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

Tableau 14: Facteur de correction K1 (canalisations non enterrées)

lettre de sélection	cas d'installation	K1
B	● câbles dans des produits encastrés directement dans des matériaux thermiquement isolants	0,70
	● conduits encastrés dans des matériaux thermiquement isolants	0,77
	● câbles multiconducteurs	0,90
	● vides de construction et caniveaux	0,95
C	● pose sous plafond	0,95
B, C, E, F	● autres cas	1

Tableau 15: Facteur de correction K2 (canalisations non enterrées)

lettre de sélection	disposition des câbles jointifs	facteur de correction K2											
		nombre de circuits ou de câbles multiconducteurs											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20
B, C, F	encastrés ou noyés dans les parois	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,55	0,55	0,50	0,50	0,45	0,40	0,40
C	simple couche sur les murs ou les planchers ou tablettes non perforées	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70	Pas de facteur de réduction supplémentaire pour plus de 9 câbles.		
	simple couche au plafond	1,00	0,85	0,76	0,72	0,69	0,67	0,66	0,65	0,64			
E, F	simple couche sur des tablettes horizontales perforées ou sur tablettes verticales	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72			
	simple couche sur des échelles à câbles, corbeaux, etc.	1,00	0,88	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78			

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

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

Tableau 16: Facteur de correction K3 (canalisations non enterrées)

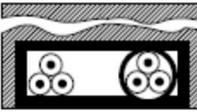
températures ambiantes (°C)	isolation		
	élastomère (caoutchouc)	polychlorure de vinyle (PVC)	polyéthylène réticulé (PR) butyle, éthylène, propylène (EPR)
10	1,29	1,22	1,15
15	1,22	1,17	1,12
20	1,15	1,12	1,08
25	1,07	1,06	1,04
30	1,00	1,00	1,00
35	0,93	0,94	0,96
40	0,82	0,87	0,91
45	0,71	0,79	0,87
50	0,58	0,71	0,82
55	-	0,61	0,76
60	-	0,50	0,71

Tableau 17: Section de câble minimale (canalisations non enterrées)

		isolant et nombre de conducteurs chargés (3 ou 2)								
		caoutchouc ou PVC			butyle ou PR ou éthylène PR					
lettre de sélection	B	PVC3	PVC2		PR3		PR2			
	C		PVC3		PVC2	PR3		PR2		
	E			PVC3		PVC2	PR3		PR2	
	F				PVC3		PVC2	PR3		PR2
section cuivre (mm <sup>2</sup> )	1,5	15,5	17,5	18,5	19,5	22	23	24	26	
	2,5	21	24	25	27	30	31	33	36	
	4	28	32	34	36	40	42	45	49	
	6	36	41	43	48	51	54	58	63	
	10	50	57	60	63	70	75	80	86	
	16	68	76	80	85	94	100	107	115	
	25	89	96	101	112	119	127	138	149	161
	35	110	119	126	138	147	158	169	185	200
	50	134	144	153	168	179	192	207	225	242
	70	171	184	196	213	229	246	268	289	310
	95	207	223	238	258	278	298	328	352	377
	120	239	259	276	299	322	346	382	410	437
	150		299	319	344	371	395	441	473	504
	185		341	364	392	424	450	506	542	575
	240		403	430	461	500	538	599	641	679
	300		464	497	530	576	621	693	741	783
400					656	754	825		940	
500					749	868	946		1 083	
630					855	1 005	1 088		1 254	
section aluminium (mm <sup>2</sup> )	2,5	16,5	18,5	19,5	21	23	25	26	28	
	4	22	25	26	28	31	33	35	38	
	6	28	32	33	36	39	43	45	49	
	10	39	44	46	49	54	58	62	67	
	16	53	59	61	66	73	77	84	91	
	25	70	73	78	83	90	97	101	108	121
	35	86	90	96	103	112	120	126	135	150
	50	104	110	117	125	136	146	154	164	184
	70	133	140	150	160	174	187	198	211	237
	95	161	170	183	195	211	227	241	257	289
	120	186	197	212	226	245	263	280	300	337
	150		227	245	261	283	304	324	346	389
	185		259	280	298	323	347	371	397	447
	240		305	330	352	382	409	439	470	530
	300		351	381	406	440	471	508	543	613
	400					526	600	663		740
500					610	694	770		856	
630					711	808	899		996	

### Annexe III: Tableaux de choix des différents coefficients K et des sections de câbles minimales (cas des canalisations enterrées)

Tableau 18: Facteur de correction K4 (canalisations enterrées)

type de pose des câbles (1) enterrés	espace entre conduits ou circuits	nombre de conduits ou circuits					
		1	2	3	4	5	6
pose dans des conduits, des fourreaux ou des conduits profilés enterrés	Appliquer d'abord un coefficient général de 0,80 puis tenir compte l'espace entre circuits et du nombre de conducteurs						
	■ seul	1					
	■ jointif		0,87	0,77	0,72	0,68	0,65
	■ 0,25 m		0,93	0,87	0,84	0,81	0,79
	■ 0,5 m		0,95	0,91	0,89	0,87	0,86
	■ 1,0 m		0,97	0,95	0,94	0,93	0,93
posés directement dans le sol avec ou sans protection	Appliquer directement les coefficients ci-dessous						
	■ seul	1					
	■ jointif		0,76	0,64	0,57	0,52	0,49
	■ un diamètre		0,79	0,67	0,61	0,56	0,53
	■ 0,25 m		0,84	0,74	0,69	0,65	0,60
	■ 0,5 m		0,88	0,79	0,75	0,71	0,69
	■ 1,0 m		0,92	0,85	0,82	0,80	0,78

(1) Câbles mono ou multiconducteurs.

Tableau 19: Facteur de correction K5 (canalisations enterrées)

influence mutuelle des circuits dans un même conduit	disposition des câbles jointifs	nombre de circuits ou de câbles multiconducteurs											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	
	enterrés	1	0,71	0,58	0,50	0,45	0,41	0,38	0,35	0,33	0,29	0,25	

Lorsque les câbles sont disposés en plusieurs couches, multiplier K5 par :

- 0,80 pour 2 couches
- 0,73 pour 3 couches
- 0,70 pour 4 ou 5 couches
- 0,68 pour 6 ou 8 couches
- 0,66 pour 9 couches et plus

Tableau 20: Facteur de correction K6 (canalisations enterrées)

influence de la nature du sol	nature du sol	
	■ terrain très humide	
■ humide		1,13
■ normal		1,05
■ sec		1
■ très sec		0,86

Tableau 21: Facteur de correction K7 (canalisations enterrées)

température du sol (°C)	isolation	
	polychlorure de vinyle (PVC)	polyéthylène réticulé (PR) éthylène, propylène (EPR)
10	1,10	1,07
15	1,05	1,04
20	1,00	1,00
25	0,95	0,96
30	0,89	0,93
35	0,84	0,89
40	0,77	0,85
45	0,71	0,80
50	0,63	0,76
55	0,55	0,71
60	0,45	0,65

Tableau 22: Section de câble minimale (canalisations enterrées)

		isolant et nombre de conducteurs chargés (3 ou 2)			
		caoutchouc ou PVC		butyle ou PR ou éthylène PR	
		3 conducteurs	2 conducteurs	3 conducteurs	2 conducteurs
section cuivre (mm <sup>2</sup> )	1,5	26	32	31	37
	2,5	34	42	41	48
	4	44	54	53	63
	6	56	67	66	80
	10	74	90	87	104
	16	96	116	113	136
	25	123	148	144	173
	35	147	178	174	208
	50	174	211	206	247
	70	216	261	254	304
	95	256	308	301	360
	120	290	351	343	410
	150	328	397	387	463
	185	367	445	434	518
	240	424	514	501	598
300	480	581	565	677	
section aluminium (mm <sup>2</sup> )	10	57	68	67	80
	16	74	88	87	104
	25	94	114	111	133
	35	114	137	134	160
	50	134	161	160	188
	70	167	200	197	233
	95	197	237	234	275
	120	224	270	266	314
	150	254	304	300	359
	185	285	343	337	398
240	328	396	388	458	
300	371	447	440	520	

## Annexe IV: Bilan de puissance

Repere	Designations	PO (W)	Ku	Ks0	PT (W)	Ks1	P2 (W)	Ks2	P(W) - N	Puissance (P) globale (W)	S (kVA)
E1		337.5	1	1	338						
E2		337.5	1	1	338						
E3	2 Projecteurs magnum 400 W	1000	1	1	1000		2856				
E4		337.5	1	1	337.5	1.0					
E5		225	1	1	225						
E6		281.3	1	1	281						
E7		337.5	1	1	338						
E8		450	1	1	450						
E9		393.8	1	1	248						
E10		337.5	1	1	338						
E11		450	1	1	450	1.0					
E12		450	1	1	450						
E13		393.8	1	1	394						
E15		393.8	1	1	394						
E16		450	1	1	450						
P1	8 Prises de courant	22528	0.20	0.21	957						
P2	8 Prises de courant	22528	0.20	0.21	957						
P3	7 Prises de courant	19712	0.20	0.23	901	0.9	3903				
P4	7 Prises de courant	19712	0.20	0.23	901						
P6	5 Prises de courant	14080	0.20	0.28	620						
P7	2 Prises de courant	5632	0.20	0.55	620						
P8	5 Prises de courant	14080	0.20	0.28	788			0.9	46823	46,823	58,53
P9	5 Prises de courant	14080	0.20	0.28	788						
P10	2 Prises de courant industrielle 3P-T 16A	17736	1.00	0.55	9755	0.7	21254				
P12	1 Prises de courant industrielle 3P-T 32A	17736	1.00	1.00	17736						
P13	3 Prises de courant	8448	0.20	0.40	676						
P14	2 Prises de courant	5632	0.20	0.55	620						
P15	3 Prises de courant	8448	0.20	0.40	676						
P16	6 Prises de courant	16896	0.20	0.25	845						
P18	8 Prises de courant	22528	0.20	0.21	957	0.9	4106				
P19	2 Prises de courant	5632	0.20	0.55	620						
P20	6 Prises de courant	16896	0.20	0.25	845						
P21	2 Prises de courant	5632	0.20	0.55	620						
P8	2 Extracteur d'air	20	0.80	1.00	16	0.9	29				
P14	2 Extracteur d'air	20	0.80	1.00	16	0.9	29				
C1	1 Climatiseur Zenithair	3500	0.80	1.00	2800						
C2	1 Climatiseur 1CV	1500	0.80	1.00	1200						
C3	1 Climatiseur Sharp	1500	0.80	1.00	1200						
C4	1 Climatiseur Sharp	1500	0.80	1.00	1200						
C5	1 Climatiseur	3200	0.80	1.00	2560	0.9	16704				
C6	1 Climatiseur Airwell	2300	0.80	1.00	1840						
C7	1 Climatiseur Sharp	1500	0.80	1.00	1200						
C8	1 Climatiseur Sharp	3200	0.80	1.00	2560						
C9	1 Climatiseur Airwell	2300	0.80	1.00	1840						
C10	1 Climatiseur Zhenre	2700	0.80	1.00	2160						

<b>Centrale a beton</b>												Puissance (P) globale (KW)	
Repere	Designations	P0(W)	Ku	ks0	P1(W)	ks1	P2(W)	Ks2	Pt(W) - N	Puissance (P) globale (KW)	S (kVA)		
E1	5 Reglettes standards	281,3	1	1	281					18,03	22,53		
E2	400 W	225	1	1	225								
E3	4 Projecteurs magnum	2000	1	1	2000	1,0	5288						
E4	4 Projecteurs magnum	2000	1	1	2000								
E5	1 Projecteurs magnum	500	1	1	500								
E6	5 Reglettes standards	281,3	1	1	281								
P1	6 Prises de courant	16896	0,20	0,25	845					0,9	18 026		
P3	1 Prises de courant industrielle 3P+T 16A	8868	1,00	1,00	8868	0,8	9032						
P4	6 Prises de courant	16896	0,20	0,25	845								
P5	4 Prises de courant	11264	0,20	0,33	732								
P8	2 Extracteur d'air	30	0,80	1,00	24	0,9	22						
C1	1 Climatiseur	1800	0,80	1,00	1440					0,9	5688		
C2	1 Climatiseur Sharp	1500	0,80	1,00	1200								
C3	1 Climatiseur Airwell	2300	0,80	1,00	1840								
C4	1 Climatiseur Airwell	2300	0,80	1,00	1840								
<b>Atelier CMEF</b>												Puissance (P) globale (KW)	
Repere	Designations	P0(W)	Ku	ks0	P1(W)	ks1	P2(W)	Ks2	Pt(W) - N	Puissance (P) globale (KW)	S (kVA)		
E1	6 Reglettes standards	675	1	1	675					23,40	29,25		
E2	3 Reglettes standards	168,8	1	1	169								
E3	6 Reglettes standards	337,5	1	1	338	1,0	2181						
E3	2 Projecteurs magnum	1000	1	1	1000								
P1	6 Prises de courant	16896	0,20	0,25	845								
P2	5 Prises de courant	14080	0,20	0,28	788								
P3	5 Prises de courant	14080	0,20	0,28	788					0,9	23 398		
P4	5 Prises de courant	14080	0,20	0,28	788	0,4	20843						
P5	4 Prises de courant	11264	0,20	0,33	732								
P6	2 Prises de courant industrielle 3P+T 16A	17736	1,00	0,55	9755								
P7	2 Prises de courant industrielle 3P+T 63A	69836	1,00	0,55	38410								
P8	1 Extracteur d'air	30	0,80	1,00	24	0,9	22						
C1	1 Climatiseur	1800	0,80	1,00	1440					0,9	2952		
C4	1 Climatiseur Airwell	2300	0,80	1,00	1840								

<b>Mesure d'urgence et surete</b>										Puissance (P) globale (W)	S (kVA)
Repere	Désignations	P0 (W)	Ku	Ks0	P1 (W)	Ks1	P2 (W)	Ks2	Pt (W) - N		
E1		112,5	1	1	113	1,0	225				
E2		112,5	1	1	113	0,9	1217	0,9	3 565		
P1	4 Prises de courant	11264	0,20	0,33	732	0,9	1217				
P2	2 Prises de courant	5632	0,20	0,55	620	0,9	2520				
C1	1 Climatiseur Sharp	1500	0,80	1,00	1200	0,9	2520				
C2	1 Climatiseur Samsung	2000	0,80	1,00	1600	0,9	2520				
E1		225	1	1	225	1,0	225				
P1	8 Prises de courant	22528	0,20	0,21	957	0,9	862				
C1	1 Climatiseur Sharp	1500	0,80	1,00	1200	0,9	1944		2 728		
C2	1 Climatiseur Sharp	1200	0,80	1,00	960	0,9	1944				
E1		112,5	1	1	113	1,0	225				
E2		112,5	1	1	113	0,9	1267	0,9	3 676		
P1	4 Prises de courant	11264	0,20	0,33	732	0,9	1267				
P2	3 Prises de courant	8448	0,20	0,40	676	0,9	2592				
C1	1 Climatiseur Sharp	1800	0,80	1,00	1440	0,9	2592				
C2	1 Climatiseur Sharp	1800	0,80	1,00	1440	0,9	2592				
E1		281,3	1	1	281	1,0	3379				
E2	400 W	2816	1	1	2816	1,0	3379				
E3		281,3	1	1	281	0,9	8590	0,9	10 771		
P1	1 Prises de courant industrielle 16A	8868	1,00	1,00	8868	0,9	8590				
P2	3 Prises de courant	8448	0,20	0,40	676	0,9	8590				

<b>CDF Bloc Est + Terrasse</b>																
Repère	Designations						P0(W)	Ku	Ks0	P1(W)	Ks1	P2(W)	Ks2	Pt(W) - N	Puissance (P) globale (W)	S (kVA)
E1					5 Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281					40,36	50,45
E2					4 Reglettes standards	1 x 36 W	225	1	1	225						
E3					6 Reglettes standards	1 x 36 W	337,5	1	1	338						
E4					6 Reglettes standards	1 x 36 W	337,5	1	1	338						
E5		1 Video projecteur acer			341,5 W	W	426,9	1	1	427						
E6					6 Reglettes standards	1 x 36 W	337,5	1	1	338						
E7					6 Reglettes standards	1 x 36 W	337,5	1	1	338						
E8					6 Reglettes standards	1 x 36 W	337,5	1	1	338	1,0	8079				
E9		1 Video projecteur acer			341,5 W	W	426,9	1	1	427						
E10					2 Reglettes standards	2 x 58 W	362,5	1	1	363						
E11		3 Luminaire			400 W	W	1500	1	1	1500						
E12		2 Luminaire			400 W	W	1000	1	1	1000						
E13		2 Luminaire			400 W	W	1000	1	1	1000						
E14		2 Luminaire			400 W	W	1000	1	1	1000						
E15					3 Reglettes standards	1 x 36 W	168,8	1	1	169						
P1		2 Prises industrielles 3p+T 32A					35472	1,00	0,55	19510						
P4		2 Prises industrielles 3p+T 32A					35472	1,00	0,55	19510						
P5		3 Prises de courant					8448	0,20	0,40	676						
P6		8 Prises de courant					22528	0,20	0,21	957	0,4	24392				
P7		6 Prises de courant					16896	0,20	0,25	845						
P8		7 Prises de courant					19712	0,20	0,23	901						
P9		6 Prises de courant					16896	0,20	0,25	845						
P10		1 Prises industrielles 3p+T 32A					17736	1,00	1,00	17736						
C1		1 Climatiseur Sharp					3000	0,80	1,00	2400						
C2		1 Climatiseur Sharp					3000	0,80	1,00	2400						
C3		1 Climatiseur Airwell					2190	0,80	1,00	1752	0,9	12377				
C4		1 Climatiseur Sharp					3000	0,80	1,00	2400						
C5		1 Climatiseur Sharp					3000	0,80	1,00	2400						
C6		1 Climatiseur Sharp					3000	0,80	1,00	2400						





## Plan de distribution électrique basse tension pour les charges du C32 du site d'Essakane

Hangar + Containers																
Repère	Designations					P0(W)	Ku	Ks0	P1(W)	Ks1	P2(W)	Ks2	Pt(W) - N	Puissance (P) globale (W)	S (kVA)	
E1			6	Reglettes standards	1 x 36 W	337,5	1	1	338					6 170	6,17	7,71
E2			8	Reglettes standards	1 x 36 W	450	1	1	450	1,0	1788					
E3	2	Projecteur veto				1000	1	1	1000							
P1	2	Prises de courant				5632	0,20	0,55	620	0,9	558					
C1	1	Climatiseur Sharp				2550	0,80	1,00	2040							
C2	1	Climatiseur Sharp				1970	0,80	1,00	1576	0,9	4511					
C3	1	Climatiseur Airwell				1725	0,80	1,00	1380							
C4	6	Extracteur d'air				20	0,80	1,00	16							
E1			4	Reglettes standards	1 x 36 W	225	1	1	225	1,0	225					
C1	1	Climatiseur Airwell				1725	0,80	1,00	1380	0,9	1242		1 320			
E1			4	Reglettes standards	1 x 36 W	225	1	1	225	1,0	225					
C1	1	Climatiseur Airwell				1725	0,80	1,00	1380	0,9	1242		1 320			
E1			4	Reglettes standards	1 x 36 W	225	1	1	225	1,0	225					
C1	1	Climatiseur Airwell				1725	0,80	1,00	1380	0,9	1242		1 320			
E1			5	Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281	1,0	281					
C1	1	Climatiseur Samsung				1725	0,80	1,00	1380	0,9	1242		1 371			
E1			5	Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281	1,0	281					
C1	1	Climatiseur Airwell				1725	0,80	1,00	1380	0,9	1242		1 371			
E1			3	Reglettes standards	1 x 36 W	168,8	1	1	169							
E2002			5	Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281							
E2003			5	Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281							
E2004			5	Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281							
E2005			5	Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281							
E2006			5	Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281							
E2007			5	Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281							
E2008			5	Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281							
E2009			5	Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281							
E2010			5	Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281							
E2011			5	Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281							
E2012			5	Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281							
E2013			5	Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281							
E2014			5	Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281							
E2015			5	Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281							
E2016			5	Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281							
E2017			5	Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281							
E2018			5	Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281							
E2019			5	Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281							
E2020			5	Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281							
E2021			5	Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281							
E2022			5	Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281							
E2023			5	Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281							
E2024			5	Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281							
E2025			5	Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281	0,5	6975	0,8	5 580			
E2026			5	Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281							
E2027			5	Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281							
E2028			5	Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281							
E2029			5	Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281							
E2030			5	Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281							
E2031			5	Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281							
E2032			5	Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281							
E2033			5	Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281							
E2034			5	Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281							
E2035			5	Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281							
E2036			5	Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281							
E2037			5	Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281							
E2038			5	Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281							
E2039			5	Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281							
E2040			5	Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281							
E2041			5	Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281							
E2042			5	Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281							
E2043			5	Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281							
E2044			5	Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281							
E2045			5	Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281							
E2046			5	Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281							
E2047			5	Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281							
E2048			5	Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281							
E2049			5	Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281							
E2050			5	Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281							

## Plan de distribution électrique basse tension pour les charges du C32 du site d'Essakane

E2051				5 Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281						
E2052				5 Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281						
E2053				5 Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281						
E2054				5 Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281						
E2055				5 Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281						
E2056				5 Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281						
E2057				5 Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281						
E2058				5 Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281						
E2059				5 Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281						
E2060				5 Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281						
E2061				5 Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281						
E2062				5 Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281						
E2063				5 Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281						
E2064				5 Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281						
E2065				5 Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281						
E2066				5 Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281						
E2067				5 Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281						
E2068				5 Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281						
E2069				5 Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281						
E2070				5 Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281						
E2071				5 Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281						
E2072				5 Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281						
E2073				5 Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281	0,5	6469	0,8	5 175	5,18	10,35
E2074				5 Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281						
E2075				5 Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281						
E2076				5 Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281						
E2077				5 Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281						
E2078				5 Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281						
E2079				5 Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281						
E2080				5 Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281						
E2081				5 Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281						
E2082				5 Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281						
E2083				5 Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281						
E2084				5 Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281						
E2085				5 Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281						
E2086				5 Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281						
E2087				5 Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281						
E2088				5 Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281						
E2089				5 Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281						
E2090				5 Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281						
E2091				5 Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281						
E2092				5 Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281						
E2093				5 Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281						
E2094				5 Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281						
E2095				5 Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281						
E2096				5 Reglettes standards	1 x 36 W	281,3	1	1	281						
E1	2	Projecteur veto	400 W			1000	1	1	1000	1,0	6375	0,9	5 738	5,74	6,38
E2	2	Projecteur veto	400 W			1000	1	1	1000						
E3	2	Projecteur veto	400 W			1000	1	1	1000						
E4	2	Projecteur veto	400 W			1000	1	1	1000						
E5	2	Projecteur veto	400 W			1000	1	1	1000						
E6	2	Projecteur veto	400 W			1000	1	1	1000						
E7	2	Projecteur LED	150 W			375	1	1	375						

## Annexe V: Caractéristiques électrique du transformateur

puissance assignée (kVA)		50	100	160	250	315	400	500	630	
tension assignée	primaire	15 et/ou 20 kV								
	secondaire à vide	410 V entre phases, 237 entre phases et neutre								
niveau d'isolement assigné <sup>(1)</sup>	primaire	17,5 kV pour 15 kV 24 kV pour 20 kV								
réglage (hors tension)		± 2,5 % et/ou ± 5 %								
couplage		Yzn 11 (version 50 kVA uniquement) Dyn 11								
pertes (W)	à vide	125	210	300	425	520	610	720	860	
	dûes à la charge à 75°C	875	1475	2000	2750	3250	3850	4600	5400	
	combinaison de pertes selon NF EN 50464	C <sub>0</sub> B <sub>k</sub>	C <sub>0</sub> B <sub>k</sub>	C <sub>0</sub> B <sub>k</sub>	C <sub>0</sub> B <sub>k</sub>	C <sub>0</sub> B <sub>k</sub>	C <sub>0</sub> B <sub>k</sub>	C <sub>0</sub> B <sub>k</sub>	C <sub>0</sub> B <sub>k</sub>	
tension de court-circuit (%)		4	4	4	4	4	4	4	4	
courant à vide (%)		1,5	1,5	1,4	1,3	1,3	1,2	1,2	1,1	
courant d'enclenchement	I <sub>e</sub> /I <sub>n</sub> valeur crête	11,5	11	8,5	10	10	9,5	9,5	9,5	
	constante de temps	0,12	0,15	0,20	0,2	0,25	0,25	0,25	0,27	
chute de tension à pleine charge (%)	cos φ = 1	1,81	1,54	1,32	1,17	1,11	1,04	1,00	0,93	
	cos φ = 0,8	3,57	3,43	3,31	3,22	3,17	3,13	3,10	3,06	
rendement (%)	charge 100 %	cos φ = 1	98,04	98,34	98,58	98,75	98,82	98,90	98,95	99,02
		cos φ = 0,8	97,56	97,94	98,23	98,44	98,53	98,63	98,69	98,77
	charge 75%	cos φ = 1	98,38	98,63	98,83	98,96	99,02	99,08	99,13	99,18
		cos φ = 0,8	97,98	98,30	98,54	98,70	98,77	98,86	98,91	98,98
bruit dB(A) <sup>(2)</sup>	puissance acoust. L <sub>WA</sub>	47	49	52	55	57	58	59	60	
	pression acoust. L <sub>PA</sub> à 0,3 m	38	41	43	45	47	48	49	50	

(1) rappel sur les niveaux d'isolement :

niveau d'isolement assigné (kV)	7,2	12	17,5	24
kV eff. 50 Hz - 1 mn	20	28	38	50
kV choc. 1,2/50 μs	60	75	95	125

(2) mesures selon CEI 60078-10.

Retrc  
[W](#)

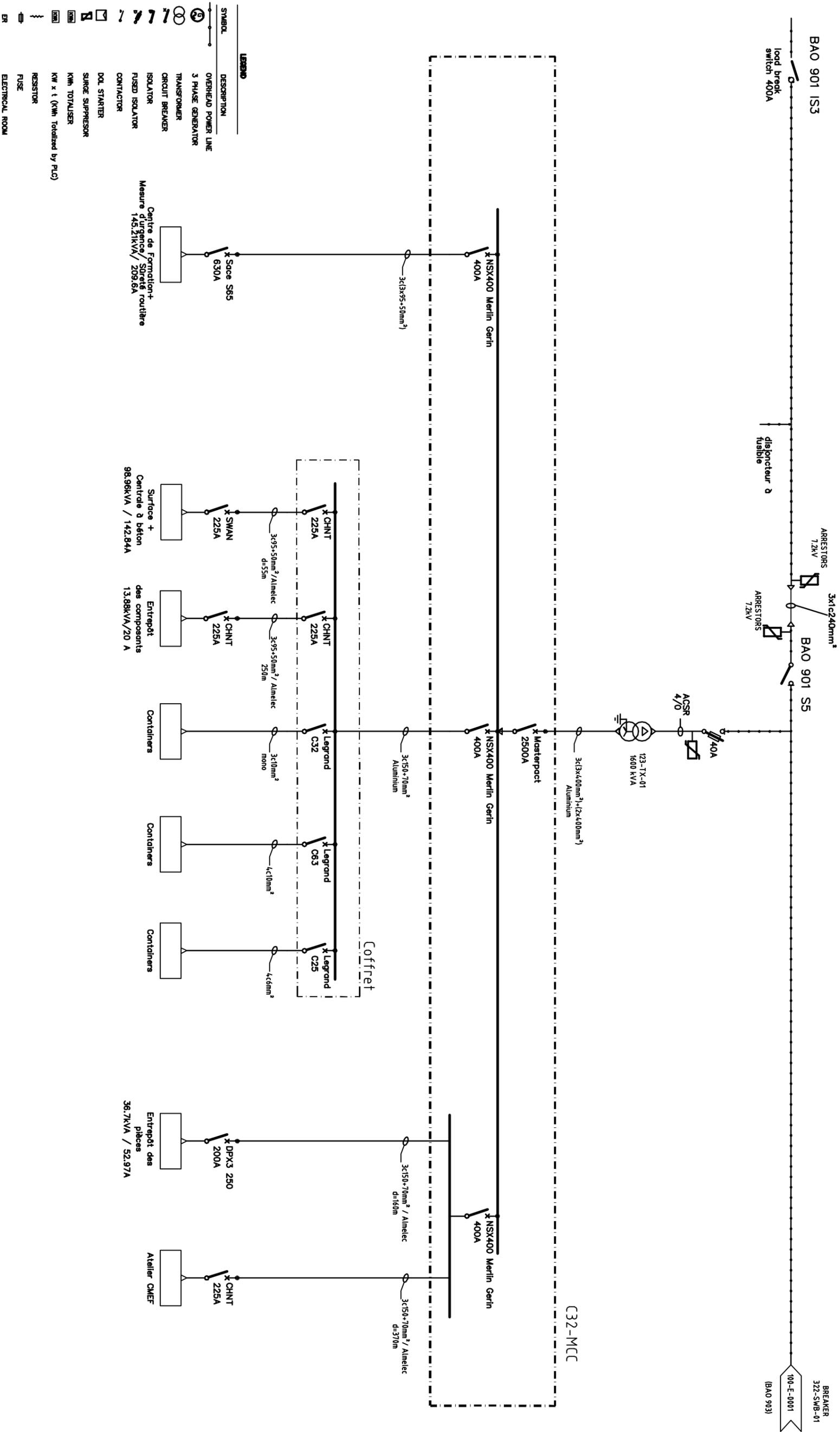
## Annexe VI: Carnet de câble

Tableau 23 : Carnet de câble

Nom	Nbre	Tenant	Aboutissant	Type	Isolant	L (m)	L1/L2/L N	
S1	1	123-TX-01	TGBT	Multiconduct.	PVC / PR	5	95x2	95
S2	2	141-TX-01	TGBT Exploration	Multiconduct.	PVC / PR	10	240x2	240
S3	1	TGBT Exp	TD3	Multiconduct.	PVC / PR	125	150	150
S4	1	TGBT	TD1	Multiconduct.	PVC / PR	20	150	150
S5	1	TGBT	TD2	Multiconduct.	PVC / PR	150	150	150
S6	1	TD2	Coffret CMEF	Multiconduct.	PVC / PR	150	95	95
S7	1	TD2	Coffret ent. comp	Multiconduct.	PVC / PR	50	10	10
S8	1	TD1	Container 3	Multiconduct.	PR	25	6	6
S9	1	TD1	Container 2	Multiconduct.	PR	25	10	10
S10	1	TD1	Container 1	Multiconduct.	PR	25	10	10
S11	1	TD1	Ent. Pièces	Multiconduct.	PVC / PR	160	25	25
S12	1	TD1	Coffret Surface	Multiconduct.	PVC / PR	50	150	70
S13	1	TD3	CDF	Multiconduct.	PVC / PR	75	120	120
S14	1	TD3	MU/SR	Multiconduct.	PVC / PR	10	16	16

**Annexe VII: Schémas unifilaires**

# Schéma unifilaire de l'ancienne configuration du C32



**LEGENDE**

SYMBOL	DESCRIPTION
	OVERHEAD POWER LINE
	TRANSFORMER
	CIRCUIT BREAKER
	ISOLATOR
	FUSED ISOLATOR
	CONTACTOR
	DOL STARTER
	SURGE SUPPRESSOR
	KWH TOTALISER
	KW x t (KWh Totalized by PLC)
	RESISTOR
	FUSE
	ELECTRICAL ROOM

Centre de Formation+  
Surface d'un service /  
145.21kVA / 209.8A

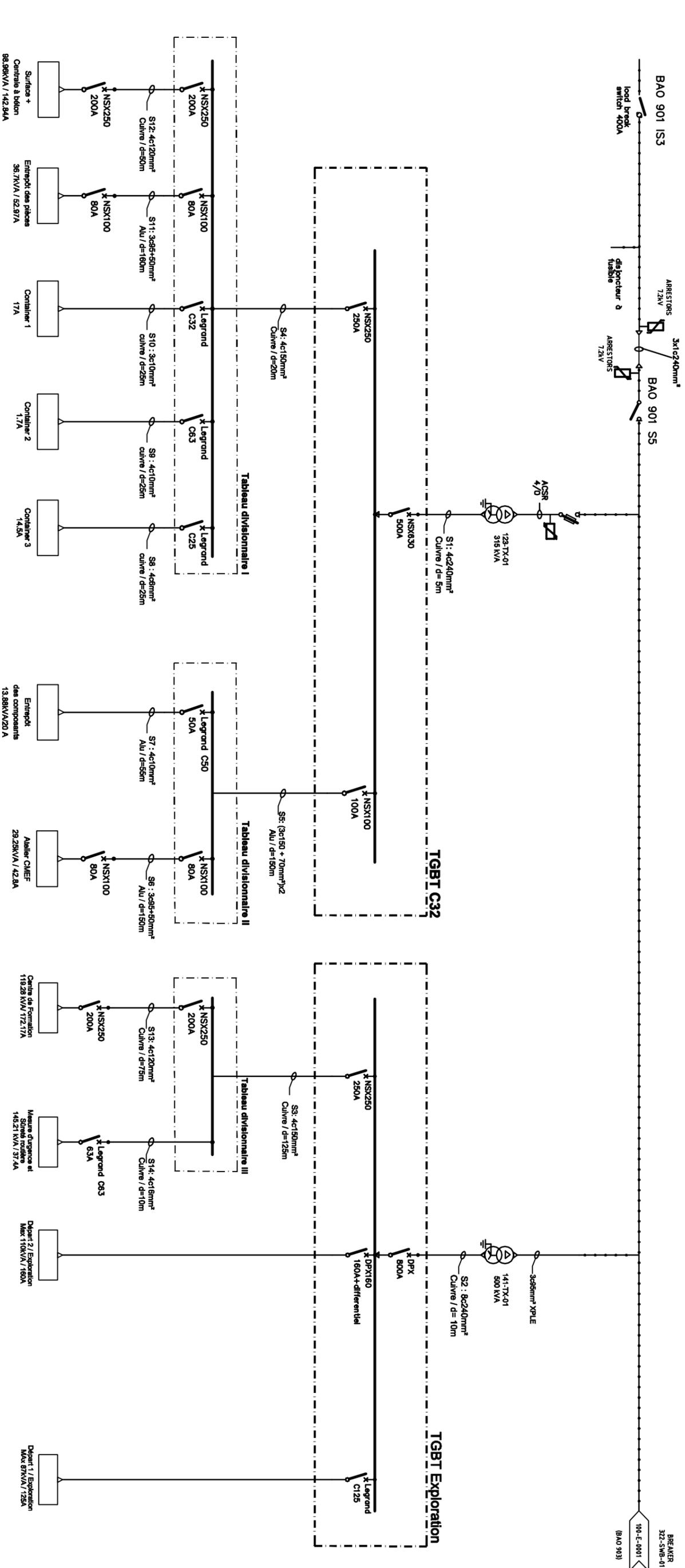
Surface +  
Centre à béton  
88.96kVA / 142.84A

Entrepôt  
des composants  
13.88kVA / 20 A

Entrepôt des  
pièces  
36.7kVA / 52.97A

Atelier CMEF

# Schéma électrique du C32 - Option II



SYMBOLE	DESCRIPTION
	OVERHEAD POWER LINE
	3 PHASE GENERATOR
	TRANSFORMER
	CIRCUIT BREAKER
	ISOLATOR
	FUSED ISOLATOR
	FUSE

SYMBOLE	DESCRIPTION
	CONTACTOR
	DOL STARTER
	SURGE SUPPRESSOR
	kWh TOTALISER
	kWh x 1 (kWh Totaliser by PLC)
	RESISTOR

**IAMGOLD**  
ENGINEERING & CONSTRUCTION

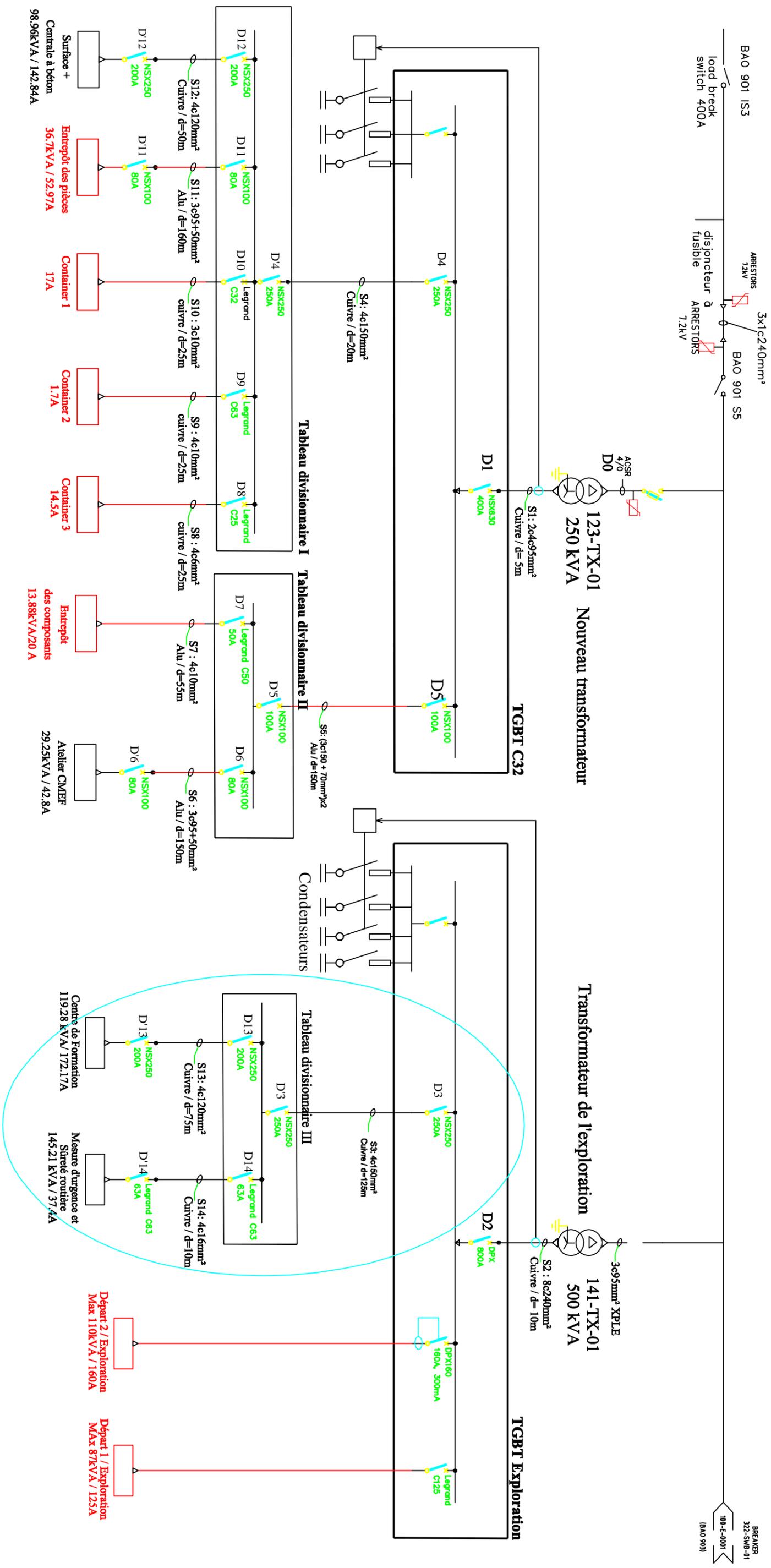
DESIGN: Toussaint VINO BERE	TITLE: Plan de redistribution électrique basse tension de la C32
DRAWN: Toussaint VINO BERE	
CHECKED:	
APPROVED:	
SCALE:	

PROJECT: **ESSAKANE S.A.**  
SUB-PROJECT:

REV.	DESCRIPTION

BY: DATE:	DRAWING NO. <b>-03</b>

# Schéma unifilaire du nouveau plan d'alimentation des charges du C32



SYMBOLE	DESCRIPTION
	OVERHEAD POWER LINE
	3 PHASE GENERATOR
	TRANSFORMER
	CIRCUIT BREAKER
	ISOLATOR
	FUSED ISOLATOR
	FUSE

SYMBOLE	DESCRIPTION
	CONTACTOR
	DOL STARTER
	SURGE SUPPRESSOR
	KWH TOTALISER
	KW x 4 ( kWh Totalised by PLC)
	RESISTOR

Partie de la charge du C32 raccordée au transformateur de l'exploration