

## TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS	
NOMENCLATURE .....	i
LISTE DES ACRONYMES .....	ii
LISTE DES FIGURES .....	iii
LISTE DES TABLEAUX .....	iv
 <b>INTRODUCTION</b> .....	 <b>1</b>
 <b>CHAPITRE 1 : TOWERCO OF MADAGASCAR</b> .....	 <b>2</b>
1.1 Présentation du lieu de stage .....	3
1.1.1 Siège et activités .....	3
1.1.2 Organisation .....	4
1.1.2.1 Organigramme .....	5
1.1.2.2 Moyens Techniques .....	5
1.1.2.3 Département support énergie .....	6
1.1.2.4 Contexte du Stage .....	6
 <b>CHAPITRE 2 : ÉLÉMENTS BIBLIOGRAPHIQUES</b> .....	 <b>8</b>
2.1 Les systèmes et source d'énergie utilisée pour les sites Télécoms .....	9
2.1.1 Système photovoltaïque .....	9
2.1.1.1 Principe de fonctionnement .....	10
2.1.1.2 Les modules solaires .....	10
2.1.1.3 Détermination des masques .....	11
2.1.1.4 Les batteries électrochimiques .....	11
2.1.1.5 Les régulateurs de charges .....	12
2.1.2 Système de génération thermique Diesel, le groupe électrogène .....	13
2.1.2.1 Le moteur Diesel .....	13
2.1.2.2 Le gasoil .....	14
2.1.2.3 Architecture d'un moteur .....	14
2.1.2.4 L'alternateur de puissance .....	15
2.1.2.5 Inverseur de source .....	16
2.1.3 Système 48V .....	17
2.1.3.1 Généralité .....	18
2.1.3.2 Principe de fonctionnement .....	18
2.1.3.3 Dimensionnement .....	19
2.1.3.4 Installation et mise en service .....	19
2.1.4 Système de protection électromagnétique .....	20
2.1.4.1 La Foudre .....	20
2.1.4.2 Protection des personnes .....	21
2.1.4.3 Protection des installations électriques .....	21
2.1.4.4 Mise à la terre .....	22
2.2 Les différentes typologies pour chaque site .....	23
2.2.1 Typologies Pure Solaire(PS) .....	23
2.2.1.1 Principe de fonctionnement .....	23
2.2.1.2 Les différents éléments composant la typologie .....	23
2.2.2 Typologies Solaire Diesel ou Soldies(SD) .....	23
2.2.2.1 Principe de fonctionnement .....	24
2.2.2.2 Les différents éléments composant la typologie .....	24
2.2.3 Typologies Charge Décharge(CD) .....	24

2.2.3.1 Principe de fonctionnement .....	24
2.2.3.2 Les différents éléments composant la typologie.....	25
2.2.4 Typologies JIRAMA+GE(JGE) .....	25
2.2.4.1 Principe de fonctionnement.....	26
2.2.4.2 Les différents éléments composant la typologie .....	26
2.2.5 Typologies Double GE(DGE) .....	26
2.2.5.1 Principe de fonctionnement.....	26
2.2.5.2 Les différents éléments composant la typologie .....	27
2.2.6 Typologies JIRAMA simple(J) .....	27
2.2.6.1 Principe de fonctionnement.....	28
2.2.6.2 Les différents éléments composant la typologie .....	28
2.2.7 Typologies Sous-compteur(SC) .....	28
2.2.7.1 Principe de fonctionnement.....	28
2.2.7.2 Les différents éléments composant la typologie .....	28
<b>CHAPITRE 3 : DÉROULEMENT DU STAGE .....</b>	<b>29</b>
3.1Le pôle support énergie .....	30
3.2 Activités durant le stage .....	31
3.2.1 Travaux au bureau .....	31
3.2.1.1 Gestion de projet nouveau branchement JIRAMA .....	31
3.2.1.2rédaction TSSR et RATV .....	31
3.2.1.3 Dimensionnement des projets NRJ .....	31
3.2.2 Descente sur terrain .....	32
3.2.2.1 Réception.....	32
3.2.2.2 Survey.....	32
3.2.2.3 Intervention.....	32
<b>CHAPITRE 4 : MINI PROJET : GENERATEUR HHO .....</b>	<b>33</b>
4.1 Les générateurs HHO .....	34
4.1.1 Les différents types de générateurs HHO.....	35
4.1.1.1 <i>Wet cell</i> : En bocal ou <i>Mason Jar</i> .....	35
4.1.1.1 <i>Dry cell</i> .....	35
4.1.2 Les différents électrolytes.....	36
4.1.3 Optimisations.....	38
4.1.4 Installation .....	38
4.1.5Schéma du montage.....	39
4.1.6 Matériels utilisés.....	39
4.1.7Mesures et test .....	40
4.2 Perspectives des réalisations .....	41
<b>CONCLUSION.....</b>	<b>42</b>
<b>RÉFÉRENCES</b>	

## NOMENCLATURE

Symboles	Définitions	Unités
C	capacité batterie	[Ah]
$\cos(\varphi)$	Facteur de puissance	
dp	Profondeur de décharge	
H	Heure de marche de l'utilisation	[h]
HGE	Heure de marche du GE	[h]
HS	Hors Service	
Irr	Irradiation solaire [ $\text{Wc}/\text{m}^2/\text{j}$ ]	
$I_{\text{util}}$	Courant utile de consommation	
k	Coefficient correcteur spécifique par zone	[Wc]
N	Nombre de jours d'autonomie	[j]
n	Nombre de branches	
$N_{\text{pv}}$	Nombre de modules solaires	
$N_{\text{red}}$	Nombre de redresseur	
P	Puissance d'utilisation	[W]
$P_{\text{batt}}$	Puissance batteries	[Wh]
$P_{\text{c}}$	Puissance crête	[Wc]
$P_{\text{mod}}$	Puissance d'un module solaire	[Wc]
$P_{\text{red}}$	Puissance redresseur	[W]
$P_{\text{tot}}$	Puissance totale	[W]
t	autonomie souhaité	[h]
SGE	Puissance Apparente du GE	[kVA]
U	Tension nominale de l'utilisation	[V]
$W_{\text{sol}}$	Energie solaire	[Wc]
$W_{\text{ut}}$	Energie à fournir à l'utilisation	[Wh]

## LISTE DES ACRONYMES

Abreviation	Signification
AC	<i>Alternative Current</i>
APD	Appel d'offre
ATL	Airtel
ATS	<i>Automatic Transfert Switch</i>
AVR	<i>Automatic Voltage Regulator</i>
BB	<i>Back bone</i>
BC	Bons de commande
BDD	Base de données
BJP	Boîte de jonction partielle
BT	Basse tension
BTU	<i>British Thermal Unit</i>
CAPEX	<i>Capital expenditure</i>
CD ou Ch/Dch	Charge décharge
CDMA	<i>Code Division Multiple Access</i>
CLIM	Climatiseur
COMINVEST	Comité D'investissement
COP	Coefficient de performance
CTR	Compteur
DBR	Disjoncteur de Branchement
DC	<i>Direct Current</i>
DGE	Double Groupe Electrogène
DOE	Dossier des Ouvrage Execute
ESM	<i>Energy Site Management</i>
EXBC	Expression des Besoin du Client
FH	Faisceau Hertzien
GE	Groupe Electrogène
GO	Gazoil
HD	Hybride
HHO	Hydrogène Hydrogène Oxygène
INFRA	Infrastructure
IP	Indice de Protection
J	Jirama simple
JGE	Jirama + Groupe électrogène
KAD	Kits Anti Délestage
KPI	<i>Key Performance Indicator</i>
LVD	<i>Low Voltage Disconexion</i>
MPPT	<i>Maximum Power Point Tacking</i>
MT	Moyenne Tension
MU	<i>Memory Unit</i>
NEGO	Negotiation
NOC	<i>Network Operating Center</i>
NRJ	Energie
OFT	Offre Technique
OMA	Orange Madagascar
OPEX	<i>Operational expenditure</i>
PF	Pro Format
PLD	<i>Partial Load Disconexion</i>
PS	Pure Solaire

PVDR	Procès-verbal De Recette
PWM	<i>Pulse With Modulation</i>
RATV	
RBS	<i>Radio Base Station</i>
RED	Redresseur
RFP	<i>Request For Proposal</i>
RRU	<i>Radio Remote Unity</i>
SC	Sous-compteur
SD	Solaire Diesel ou Soldiese
T2G, T3G, T4G	Telma 2G, Telma 3G, Telma 4G
TIC	Technologie de l'Information et de la Communication
TOM	Towerco Of Madagascar
TSSR	<i>Technical Site Survey Report</i>
UPS	<i>Uninterrupted Power System</i>
VDR	Vie de réseau
VRLA	<i>Valve Regulated Lead Acide</i>

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Logo de l'entreprise TOWERCO OF MADAGASCAR.....	03
Figure 2 : Enceinte de la société TOM dans la zone GALAXY Andraharo .....	04
Figure 3 : <i>Open-space</i> dans l'enceinte de la société TOM.....	04
Figure 4 : Organigramme simplifié Opération .....	05
Figure 5 : Organigramme dans le département support énergie.....	05
Figure 6 : Classement des catégories des sites .....	07
Figure 7 : Site alimenté par énergie renouvelable et non renouvelable .....	09
Figure 8 : Site à alimentation solaire photovoltaïque autonome .....	09
Figure 9 : Panneaux solaires photovoltaïques .....	10
Figure 10 : Exemple détermination de masque .....	11
Figure 11 : les batteries stationnaires, semi-stationnaires et de démarrage.....	12
Figure 12 : baie régulateur Power one(MPPT) et BPGM (PWM).....	13
Figure 13 : Groupe électrogène OLYMPIAN 13.5kVA.....	13
Figure 14 : excitation SHUNT .....	16
Figure 15 : Inverseur électromécanique avec relais temporisateur .....	17
Figure 16 : baie système 48VDC.....	17
Figure 17 : Schéma des différents types de descente de terre d'un site .....	20
Figure 18 : regard de terre .....	22
Figure 19 : Schéma synoptique d'une typologie .....	23
Figure 20 : Schéma synoptique d'une typologie SD .....	21
Figure 21 : Schéma synoptique d'une typologie CD.....	25
Figure 22 : Site à typologie JGE.....	25
Figure 23 : Schéma synoptique d'une typologie JGE .....	26
Figure 24 : Schéma synoptique d'une typologie DGE.....	27
Figure 25 : Site de type <i>Roof Top</i> .....	27

Figure 26 : Schéma synoptique d'une typologie J.....	28
Figure 27 : Schéma synoptique d'une typologie SC .....	28
Figure 28 : Sous compteur.....	28
Figure 29 : Electrolyse de l'eau.....	34
Figure 30 : Générateur HHO en bocal.....	35
Figure 31 : Générateur HHO type <i>Dry Cell</i> .....	36
Figure 32 : Disposition des plaques d'un générateur HHO type <i>Dry Cell</i> .....	36
Figure 33 : Installation d'un générateur HHO.....	38
Figure 34 : Schéma de montage du générateur HHO <i>Dry Cell</i> .....	39
Figure 35 : Le générateur HHO <i>Dry Cell</i> .....	40
Figure 36° tension entre les électrodes.....	40
Figure 37° Courant d'alimentation du générateur HHO .....	41
Figure 38° bulles de gaz HHO .....	41

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : classification des effets de la foudre.....	21
Tableau 2 : Assistance support énergie .....	30
Tableau 3 : Les données nécessaires pour dimensionnement site PS, CD, SD.....	31
Tableau 4 Les données nécessaires pour dimensionnement site JGE .....	32
Tableau 5 Les différents électrolytes utilisables dans un générateur HHO.....	37

## INTRODUCTION

L'évolution rapide de la Technologie de l'Information et de la Communication (TIC) de ces dernières années a incité tous les acteurs en Télécommunications à renforcer ses interventions afin de mieux s'intégrer dans ce secteur en constante évolution et toujours en pleine effervescence. La société TOWERCO OF MADAGASCAR participe à L'intégration de Madagascar pour l'interconnexion à ce nouveau système, constituant une immense opportunité pour le pays. Avec l'évolution rapide de la technologie, l'augmentation incessante de la demande des consommateurs ne fait que contribuer davantage au développement du secteur. En effet, tous les intervenants dans ce secteur agissent ensemble dans l'objectif d'offrir à la majorité de la population des outils de communication modernes et efficaces, à moindre coût, permettant d'assurer un développement économique, culturel et social du pays.

La Société TOM compte développer un projet d'installation d'infrastructures passives, pylône et système de production d'énergie, pour les opérateurs de Télécommunications dans les 22 régions de Madagascar. Ainsi, ces infrastructures seront destinées à accueillir des systèmes de radio communication et de transmission, installés par les opérateurs de Télécommunication afin d'assurer un service de téléphonie mobile à la population de la zone du projet. Les devoirs et Missions du département support énergie de la société TOM sont de veiller au besoin énergétique de chaque site nouvel ou existant. La gestion des projets du cahier de charge jusqu'à la recette et la satisfaction des expressions des besoins en énergie des clients.

Sur le plan optimisation l'économie d'énergie est très recherchée pour une efficacité environnemental et financière ce qui m'amène à mon projet personnel qui est le générateur HHO économiseur de carburant il n'y a pas encore de recherches approfondies concernant le sujet mais on peut se servir des expériences que partagent les utilisateurs et les vendeurs de ces produits qui l'utilisent pour les voitures et les motos mais rarement utilisé pour les groupes électrogènes qui sont tout autant des gros consommateurs de carburant

Pour avoir un aperçu global de ce manuscrit, nous allons voir, au premier chapitre :  
La présentation de l'entreprise dans laquelle mon stage s'est déroulé ainsi que le contexte en quoi je me suis imprégné.

Au second chapitre, se trouvent les éléments bibliographiques qui permettent de mieux comprendre, les systèmes d'alimentation des sites télécoms.

Le troisième chapitre aborde le rapport d'activités de stage, relatant le déroulement et les démarches effectuées.

Au quatrième chapitre portera sur le projet personnel intitulé Générateur HHO qui est un économiseur de carburant utilisant l'eau.



# **CHAPITRE 1 : TOWERCO OF MADAGASCAR**

## 1.1 Présentation du lieu de stage

### 1.1.1 Siège et activités



Figure 1 : Logo de l'entreprise TOWERCO OF MADAGASCAR [1]

Statut Juridique : Société Anonyme (SA)

Capital : 1.000.000.000 Ar

Siège Social : Bâtiment TITAN 2 - zone GALAXY ANDRAHARO – 101 Antananarivo - Madagascar

TOWERCO OF MADAGASCAR (SA), créée en 2012 faisant partie du groupe AXIAN, est une entreprise œuvrant dans la mise en place d'installation d'infrastructures passives (pylône et système de production d'énergie pour les opérateurs de Télécommunications à Madagascar. Son Premier client est TELMA Telecom Malagasy qui est réparti dans toutes les 22 régions de Madagascar.

La construction des infrastructures se fait par sous-traitance avec d'autres sociétés comme par exemple FIRST IMMO pour les travaux de génie civil et principalement entre CAMUSAT MADAGASCAR et SAGEMCOM pour l'installation des systèmes de production d'énergie. Elle associe, avec la méthode traditionnelle de télécommunication, l'innovation technologique comme l'utilisation des énergies renouvelables, surtout le solaire photovoltaïque et récemment l'éolienne (la Wind-it) qui est en phase de test, pour alimenter un site à Anjazafotsy. Pour certains sites l'alimentation avec l'énergie de la JIRAMA et aussi l'utilisation de GE est impérative à cause de plusieurs facteurs du non possibilité d'installation de système photovoltaïque. Cela aide ces acteurs télécoms à se développer efficacement et optimiser leur répartition.

Elle opère à travers toute la Grande Île, elle est une société d'envergure dans la Région de l'Océan Indien. L'entreprise vient de se lancer également dans l'électrification rurale par l'utilisation d'un mini central photovoltaïque.



Figure 2 : Enceinte de la société TOM dans la zone GALAXY Andraharo

### 1.1.2 Organisation

LA société est divisée en deux grandes branches qui sont :

- Branche Administratif :
  - Marketing et vente,
  - Finance,
  - Juridique,
  - Administration
- Branche Opération :
  - Déploiement
  - Exploitation
  - Support contrôleur budgétaire infrastructure et système

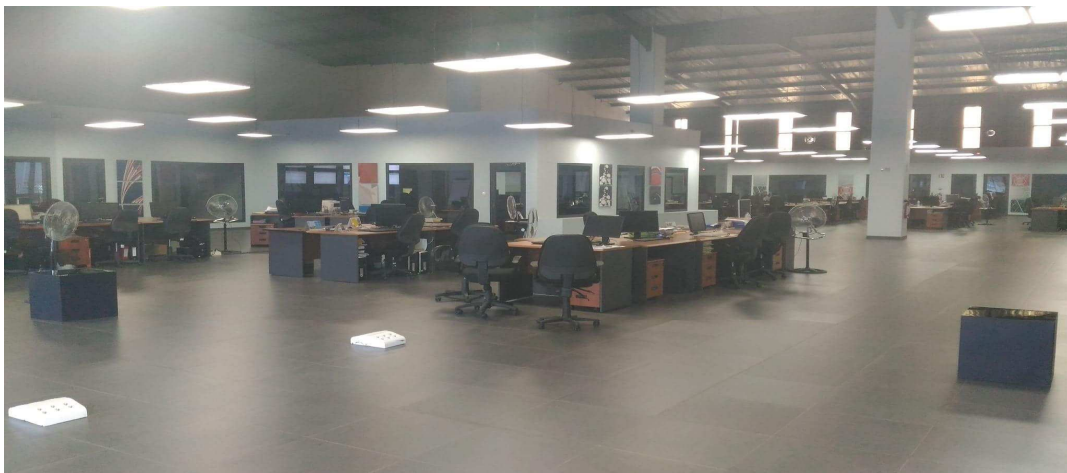


Figure 3 : *Open-space* dans l'enceinte de la société TOM

### 1.1.2.1 Organigramme

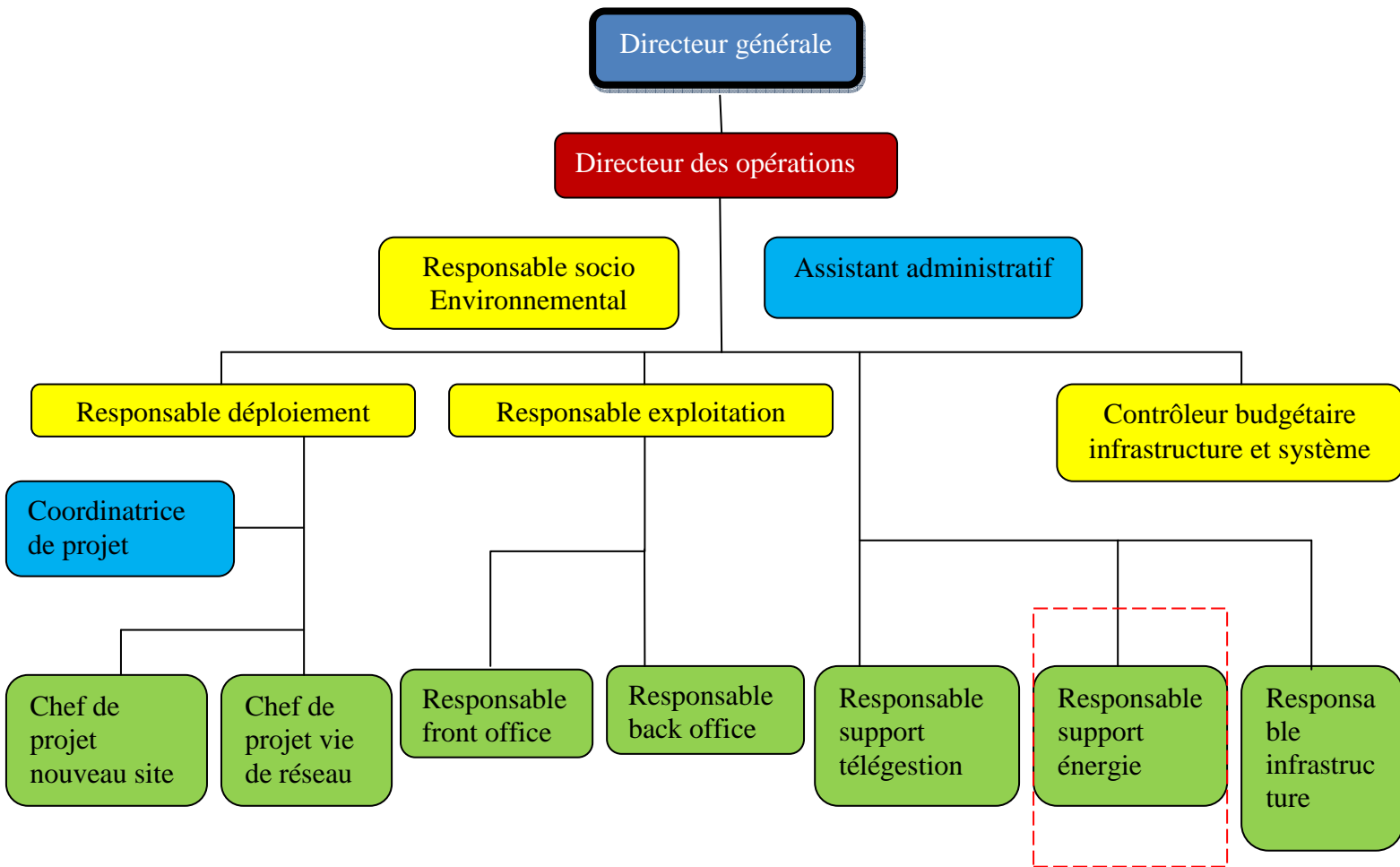


Figure 4 : Organigramme simplifié Opération

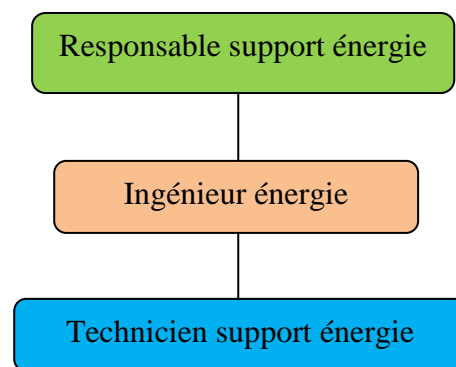


Figure 5 : Organigramme dans le département support énergie

### 1.1.2.2 Moyens Techniques

TOM utilise des véhicules 4x4 pour le déploiement de son équipe. En effet, nombre des sites sont isolés de l'infrastructure urbaine, ainsi leur accessibilité est limitée et nécessite des moyens de transport apte à franchir les chemins les plus difficiles. De plus, pour

l'acheminement des matériels lors des installations, elle possède des camions ou opère avec des sous-traitants. A chaque descente sur terrain chaque équipe, opérant sur le terrain, les mécaniciens, dispose des outils techniques (mécaniques, électriques) et informatique (Laptop, modem 4G) nécessaires pour un travail de qualité ainsi que les dispositifs de sécurité : casque de travail, gants, chaussure de sécurité, harnais, lunettes de protection...

Les données de l'entreprise sont stockées dans un serveur local et les prises de courants secteurs sont sécurisées par un système d'alimentation sans coupure ou UPS (*Uninterrupted Power System*) pour éviter toute perte de données à cause d'un délestage. Elle effectue aussi une supervision de tous les sites 24h/24 par les NOC afin de détecter le moindre problème sur n'importe quel site grâce aux outils de télégestion. Pour les lancements d'interventions de type curatives, correctives et préventives

#### 1.1.2.3 Département support énergie

Le support énergie s'occupe de tout ce qui concerne l'énergie, en étroite collaboration avec les départements :

- Déploiement, pour la vérification des énergies des nouveaux sites.
- VDR ou Vie De Réseau, pour les projets de sécurisation et des Kit anti-délestage ou KAD.
- Exploitation sur la résolution de problème de BOOSTAGE et *swap* ou remplacement des composants d'un système de production d'énergie.

#### 1.1.2.4 Contexte du Stage

Mes 6 mois de stage ont coïncidé avec la réalisation de projet de sécurisation des sites de catégorie BB ou *BackBone*, PLATINIUM et GOLD les catégories cités se réfèrent aux revenus que rapporte chaque site et aussi de la pénalisation sur leur temps de coupure en cas de problème d'énergie ou même d'infrastructure.

Aussi, les projets de *Upgrade* et *Swap* : pour certains sites où il y aura des projets de nouvelles installations venant des clients des problèmes de sous dimensionnement, vieillissement des composants sont à résoudre. Il faudrait donc un outil de travail rapide, efficace pour le dimensionnement de différentes typologies de chaque site. On a donc réalisé un outil de dimensionnement sur Microsoft EXCEL qui calcule automatiquement les données nécessaires à partir des formules de dimensionnement en introduisant les données connues. La mise en pratique de mes acquis et expériences dans la réalisation de ce projet a été bien requise que ce soit au niveau de la méthodologie de travail qu'à l'application aux travaux manuels tout en restant dans l'apprentissage et l'intégration au professionnalisme.

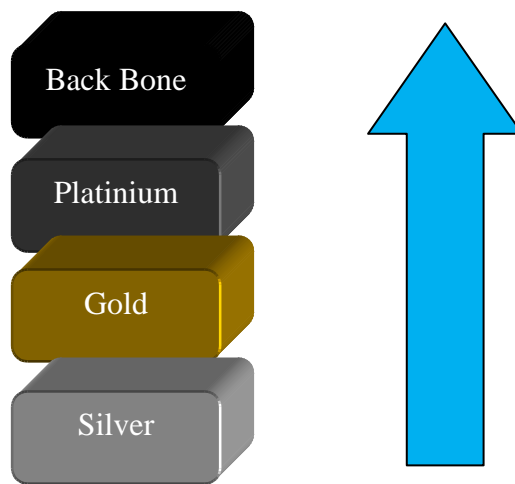


Figure 6 : Classement des catégories des sites

## **CHAPITRE 2 : ÉLÉMENTS BIBLIOGRAPHIQUES**

## 2.1 Les systèmes et source d'énergie utilisée pour les sites Télécoms

Il y a une large gamme de choix des systèmes de production d'énergie électrique pour alimenter un site télécom, le choix s'oriente surtout sur l'emplacement et les coûts d'installation la plus optimale du site en question. Les principales sources d'énergie électrique utilisée sont : l'énergie du réseau de la JIRAMA, le système solaire photovoltaïque et les groupes électrogènes. Tout cela dans le système d'alimentation industrielle -48V



Figure 7 : Site alimenté par énergie renouvelable et non renouvelable [1]

### 2.1.1 Système photovoltaïque



Figure 8 : Site à alimentation solaire photovoltaïque autonome [1]



### 2.1.1.1 Principe de fonctionnement

Une installation solaire photovoltaïque est un ensemble de plusieurs dispositifs électriques permettant de tirer une partie de l'énergie venant de la lumière du soleil pour la convertir en une énergie électrique utilisable. L'installation photovoltaïque comporte généralement 3 dispositifs principaux reliés respectivement par des fils conducteurs à savoir : le champ de panneaux photovoltaïques (PV), le parc de batteries d'accumulateurs, le régulateur de charge/décharge.

### 2.1.1.2 Les modules solaires

Le panneau photovoltaïque est la partie qui transforme l'énergie apportée par les photons de la lumière solaire en énergie électrique. Le panneau photovoltaïque est constitué de plusieurs cellules de semi-conducteurs composées par des couches dopées différemment. Le module est caractérisé par sa puissance crête : la puissance maximale ( $W_c$ ) et son rendement énergétique. Le rendement est le pourcentage de la quantité d'énergie que le module génère par rapport à celle apportée par la lumière. La Technologie du Silicium cristallin est le plus utilisé. Il existe trois types de cellule en silicium :

- Cellule en silicium poly-cristallin : avec un bon rendement de 11 à 15%, lingot moins cher à produire pourtant le rendement est faible sous un faible éclairement ou soleil diffus
- Cellule en silicium monocristallin : avec un bon rendement de 12 à 18%, mais à coûts élevé
- Cellule en silicium amorphe : fonctionne avec un éclairement faible, moins chère que les autres techniques mais son rendement est faible, entre 5 à 7%

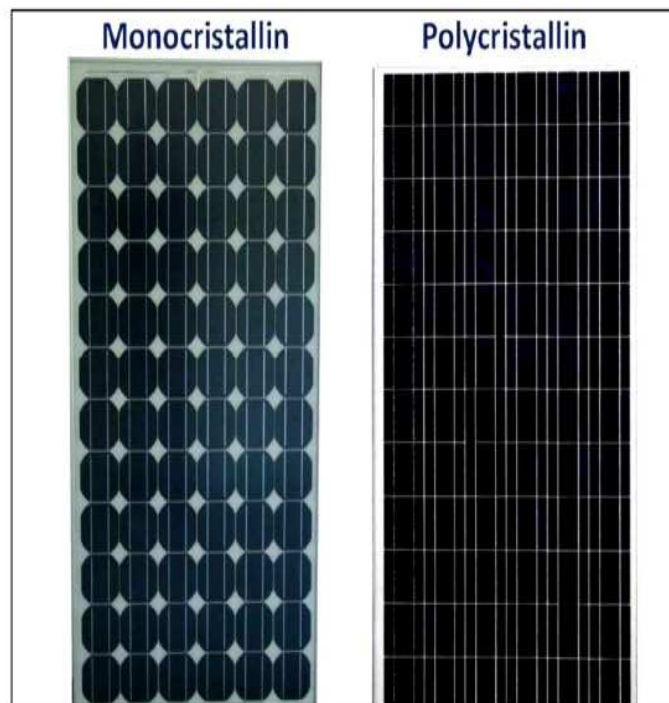


Figure 9 : Panneaux solaires photovoltaïques [8]

### 2.1.1.3 Détermination des masques

Pour que l'efficacité de l'installation du champ photovoltaïque soit efficace Il faut déterminer les masques c'est-à-dire recenser et éliminer les ombrages qui peuvent causer des pertes importantes sur le rendement du champ solaire.

Pour se faire Il faut donc :

- connaître la trajectoire du soleil par l'orientation et l'inclinaison du rayonnement solaire.
- Obtenir la courbe représentant le graphe de la course du soleil
- Faire un relevé des masques par l'intermédiaire d'un Clinomètre
- Interpréter

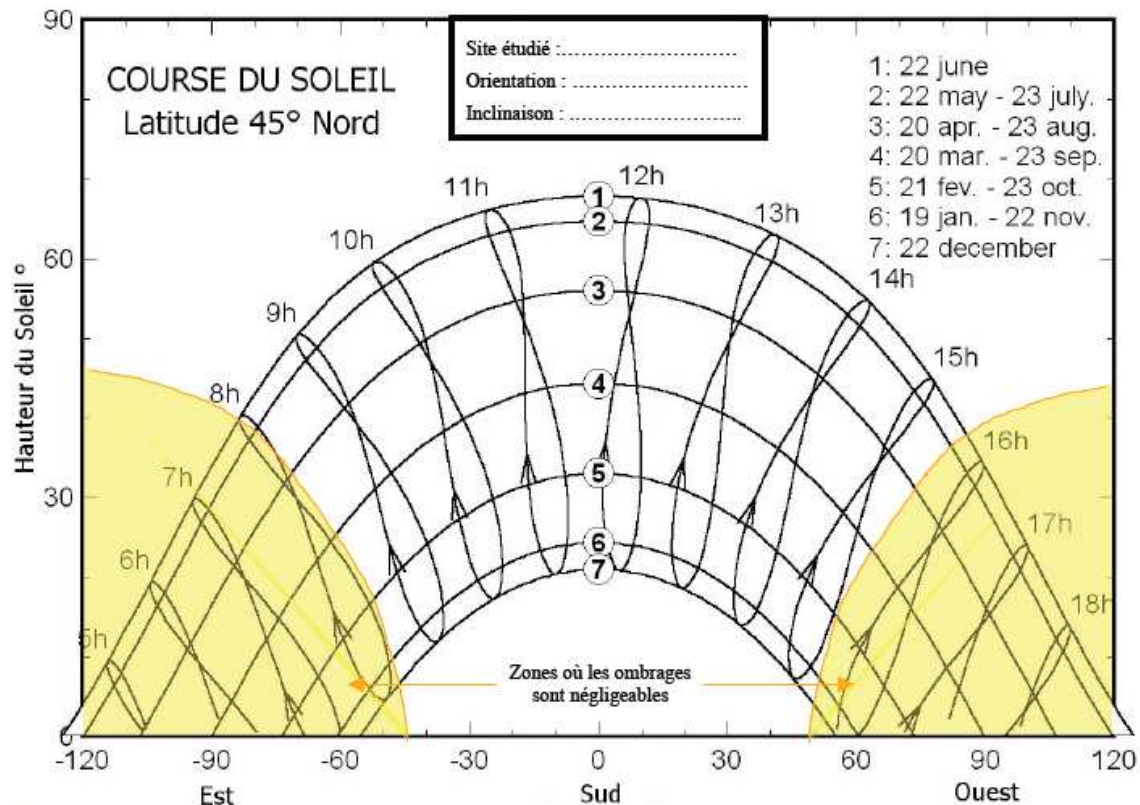


Figure 10 : Exemple détermination de masque [2]

#### 2.1.1.4 Les batteries électrochimiques

Les batteries sont des systèmes électrochimiques qui stockent l'énergie non consommée, fournie par les modules photovoltaïques sous forme chimique, pour ensuite la restituer ultérieurement sous forme électrique, notamment la nuit. Elles sont constituées par deux électrodes respectivement : positive (oxydant) et négative (réducteur). Ceux-ci sont des plaques séparées par un isolant poreux laissant passer les ions lors des réactions chimiques de charge et décharge. Le parc batterie d'une installation solaire est caractérisé par sa tension nominale, sa capacité et sa densité à 25°C.

Il y a trois catégories de batteries :

- Batterie stationnaires, utilisé pour les décharges profondes
- Batterie semi-stationnaire, à moitié stationnaire

- Batterie de démarrage, utilisé pour une décharge haute de courte durée

Il existe deux types d'accumulateurs utilisés pour le solaire :

- La batterie au plomb (électrolyte + entretien) : ce sont les batteries à électrolyte liquides, dite « batteries ouvertes »
- La batterie au gel (sans entretien) : ce sont les batteries étanches VRLA, à recombinaison de gaz



Figure 11 : les batteries stationnaires, semi-stationnaires et de démarrage [1]

#### 2.1.1.5 Les régulateurs de charges

Le régulateur de charge/décharge est un dispositif électrique qui surveille la charge du parc batterie. Il fonctionne de manière à ce que la batterie ne soit ni en surcharge ni en décharge profonde. Le régulateur est généralement constitué par un système de commutation, grâce à des transistors de puissance, coupant l'arrivée de courant venant des panneaux lorsque les batteries sont pleines. Il interrompt le circuit d'utilisation lorsque les batteries atteignent un seuil critique au-delà duquel il y a décharge profonde. Il prolonge la durée de vie de la batterie qui est le composant le plus fragile du système photovoltaïque.

Il y a trois type de régulateur :

- Régulateur TOR (Tout Ou Rien) : Le fonctionnement du régulateur est simple : le champ solaire charge les batteries, ensuite il y a déconnection avec le champ solaire quand les batteries sont chargés et la reconnexion se fait quand les batteries ont atteint un certain seuil de décharge (ce qui est suffisant pour restaurer l'état de charge d'une batterie à environ 70%).
- Régulateur PWM (*Pulse With Modulation*): Contrairement aux contrôleurs plus anciens qui n'agissaient sur le courant de charge que par ON ou OFF, le régulateur à PWM vérifie constamment l'état de charge de la batterie pour ajuster la durée et la fréquence des impulsions de courants à lui délivrer. Si la batterie est déchargée, les impulsions de courant sont longues et presque ininterrompues. Quand la batterie est presque entièrement chargée, les impulsions deviennent de plus en plus brèves et espacées.
- Régulateur MPPT (*Maximum Power Point Tracking*) : Le régulateur extrait toute la puissance du ou des panneaux solaires et augmente plus de 15% de plus la performance des panneaux solaires par rapport à un régulateur PWM



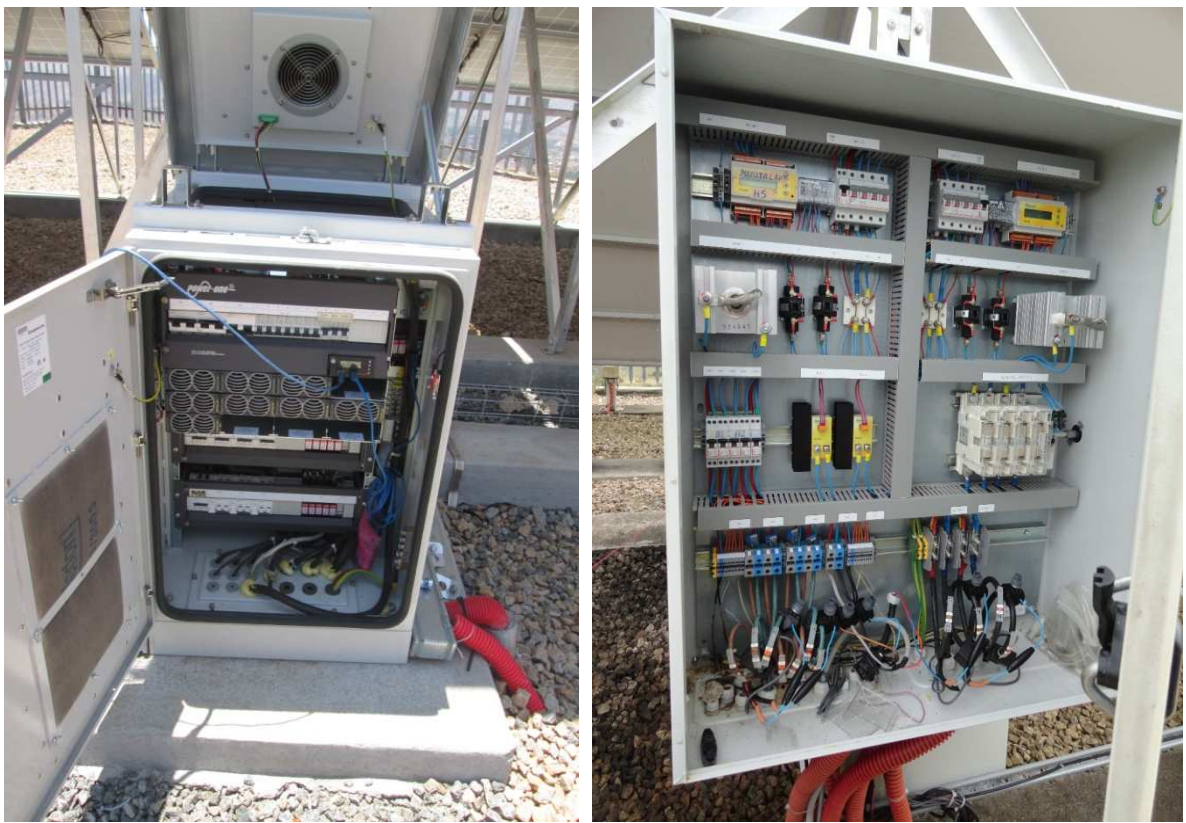


Figure 12 : baie régulateur Power one(MPPT) et BPGM (PWM) [1]

### 2.1.2 Système de génération thermique Diesel, le groupe électrogène

Le GE transforme l'énergie thermique en énergie mécanique dans la partie motrice et cette énergie mécanique sera ensuite convertie en énergie électrique dans l'alternateur de puissance.



Figure 13 : Groupe électrogène OLYMPIAN 13.5kVA

#### 2.1.2.1 Le moteur Diesel

Le moteur diesel est constitué de pistons coulissants dans des cylindres, fermés par une culasse reliant les cylindres aux collecteurs d'admission et d'échappement et munie de soupapes commandées par un arbre à cames.

Son fonctionnement repose sur l'auto-inflammation du gasoil dans de l'air comprimé, et dont la température est portée de 600°C à 1500°C environ. Si tôt le carburant injecté (pulvérisé), celui-ci s'enflamme presque instantanément, sans qu'il soit nécessaire de recourir à un allumage commandé par bougie. En brûlant, le mélange augmente fortement la température et la pression dans le cylindre (60 à 100 bars), repoussant le piston qui fournit une force de travail sur une bielle, laquelle entraîne la rotation du vilebrequin.

### 2.1.2.2 Le gasoil

La combustion au sein du moteur à combustion interne est une réaction chimique entre un carburant qui est ici le gasoil et le comburant, l'air.

Le carburant est composé :

- d'un mélange d'hydrocarbures qui comportent de 12 à 22 atomes de carbone (97 à 98%)
- de résidus, d'impuretés et d'additifs (2 à 3%) : eau, soufre, Plomb, Alcool

Caractéristique du gasoil :

- Densité :  $0.82$  à  $0.85 \text{ Kg/dm}^3$  à  $15^\circ\text{C}$
- Température d'ébullition :  $180$  à  $360^\circ\text{C}$  , peu volatile (hydrocarbures lourds)
- Température d'auto inflammation :  $250^\circ\text{C}$

### 2.1.2.3 Architecture d'un moteur

Le moteur est composé de trois parties qui sont : la partie fixe, la partie mobile et la distribution.

La partie fixe est composé de :

- Bloc moteur : Les blocs sont en alliage ou en fonte. Bloc –cylindre est généralement divisé à la hauteur des paliers de vilebrequin et parfois des paliers de l'arbre à cames, les chapeaux de palier sont fixes par le bas au moyen de vis. Cette disposition présente l'avantage de faciliter la dépose du vilebrequin. La partie inférieure représente le carter d'huile ce dernier est vissé au bloc cylindre et rendu étanche par un joint. La fixation élastique du moteur au châssis est réalisée à l'aide de support en métal et en caoutchouc (appelé Silentbloc)
- Culasse : Disposée à l'extrémité supérieure du bloc moteur la culasse ferme le cylindre et constitue la chambre de combustion. Elle est fixée par des vis sur le bloc cylindre et séparée par celui-ci par un joint de culasse. Dans la culasse se trouvent les logements des injecteurs et les éléments de commande d'entrée et sortie des gaz (soupapes et arbre à cames)
- Carter : Réserve d'huile du moteur pour le graissage fixé sous le poste moteur, soit en tôle ou en alliage léger.

La partie mobile est composé de :

- Piston : Le piston tout en étant mobile doit contribuer à l'étanchéité entre la chambre de combustion et le carter. Il doit supporter la pression des gaz créée par la combustion et la transmettre par l'intermédiaire de la bielle au vilebrequin. La bielle relie le piston au vilebrequin. Elle transmet la force du piston au vilebrequin.
- Soupapes : commandées par l'arbre à cames, leurs ouvertures et fermetures assure l'admission d'air et l'échappement des produits de combustion

- Le vilebrequin : Le vilebrequin ou arbre moteur est la manivelle en forme de Z qui reçoit la poussée de bielle et fournit un mouvement rotatif à partir du mouvement alternatif du piston.
- Le volant moteur : Le volant moteur situé en bout de vilebrequin emmagasine de l'énergie durant le temps moteur (combustion/détente). Le volant moteur est une masse d'inertie qui régularise et équilibre la rotation du vilebrequin

La distribution : la distribution est le mécanisme qui commande l'ouverture et fermeture des soupapes et des injecteurs par la liaison volant moteur-arbre à came. Il y a trois types de distribution :

- Distribution par pignon : la commande de l'arbre à came est faite par engrenages
- Distribution par chaîne : la commande de l'arbre à came est faite par une chaîne
- Distribution par courroie : la commande de l'arbre à came est faite par une courroie

#### 2.1.2.4 L'alternateur de puissance

##### a) Principe de fonctionnement

La mise en mouvement d'un aimant ou électro-aimant dans une bobine fait apparaître aux bornes de celle-ci une tension électrique.

L'ensemble {aimant + bobine} constitue un alternateur. L'aimant en mouvement est appelé rotor, la bobine fixe est appelé stator.

- Le rotor ou inducteur est constitué d'un aimant permanent générant donc un champ constant, dans ce cas la tension délivrée par la machine n'est pas réglable et sa valeur efficace et sa fréquence varient avec la vitesse de rotation. Pour un électro-aimant, le bobinage est alimenté en courant continu, soit à l'aide d'un collecteur à bague rotatif amenant une source extérieure soit par un excitateur à diodes tournantes et sans balais. Un système de régulation permet l'ajustement de la tension et de la phase du courant produit.
- Le stator ou induit est constitué d'enroulements qui vont être le siège de courant alternatif induit par la variation du flux du champ magnétique due au mouvement relatif de l'inducteur par rapport à l'induit

##### b) L'excitation *SHUNT*

Le système *SHUNT* : est extrêmement simple du fait de sa conception et parfaitement adapté aux besoins basiques. Le système *SHUNT* n'accepte pas de surcharge élevées et n'offre pas de capacité de court-circuit.

La tension d'alimentation du régulateur de tension est prise en dérivation sur les bornes de sortie de l'alternateur. La référence tension est également prise sur les mêmes bornes de sortie. Le régulateur de tension génère et régule le courant d'excitation en fonction de la tension de sortie de l'alternateur

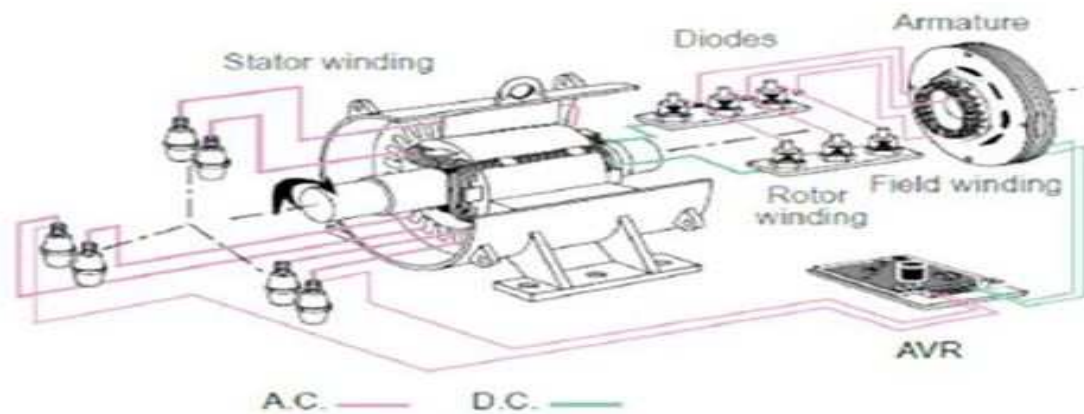


Figure 14 : excitation SHUNT [3]

### c) Régulateur Automatique de tension (AVR)

Pour réguler la tension de l'alternateur, le système AVR excite l'excitatrice dans un premier temps, à son tour, l'excitatrice va exciter l'alternateur ce qui induit une tension. Le système AVR dispose de la mesure de la tension de sortie de l'alternateur, et la tension de référence, à partir de l'écart entre ces deux signaux, l'AVR agit en permanence pour corriger, réguler la tension de sortie de l'alternateur par l'intermédiaire de l'excitatrice.

#### 2.1.2.5 Inverseur de source

Le coffret Inverseur de source automatique / *Automatic Transfert Switch* (ATS) permet la commutation entre une ligne d'alimentation principale de type réseau et une source d'alimentation de secours de type groupe électrogène. Le coffret assure la surveillance de la ligne principale d'alimentation en tension et en fréquence ; si l'un de ces deux paramètres sort des limites qui ont été définies par l'utilisateur (par programmation sur le coffret lui-même) le coffret ferme un contact sec (après un temps également prédéfini par l'utilisateur) qui donne l'ordre de démarrage au GE.

Lorsque la tension et la fréquence du GE sont dans les tolérances définies par l'utilisateur, le coffret assure la fermeture des contacteurs de puissance de la ligne de secours et l'utilisateur est ainsi à nouveau alimenté. Lorsque la ligne principale est à nouveau disponible, le coffret assure le basculement de l'utilisation sur la ligne principale (après un temps défini par l'utilisateur) et ouvre le contact de commande du groupe électrogène pour que celui-ci cesse de fonctionner.



Figure 15 : Inverseur électromécanique avec relais temporisateur [1]

### 2.1.3 Système 48V



Figure 16 : baie système 48VDC [4]



### 2.1.3.1 Généralité

Un système d'énergie 48VDC secondaire permet la production d'énergie continue résultant de redressement d'une source primaire alternative. Elle est insensible aux perturbations qui peuvent être engendrés par les sources primaires, raison pour laquelle elle est d'autant plus utilisée dans les applications professionnelles et stratégiques : télécommunications, informatique et industrielle...etc.

### 2.1.3.2 Principe de fonctionnement

En usage télécom, la polarité positive est conventionnellement reliée à la masse, alimentation négative -48VDC

La masse est toujours reliée à la terre, donc une potentielle positive. La production d'énergie 48VDC est effectuée à partir d'une baie d'énergie constituée de module redresseur. L'ensemble est géré par un automate ou de divers composants assurant la gestion de divers fonctions.

- Baie type *INDOOR* : ce type est utilisé pour une installation dans un local technique à l'abri des intempéries. A priori, elle doit être installée dans un local climatisée dont la température ambiante convient aux caractéristiques des différents éléments : modules redresseurs, batterie d'accumulateur, automate de gestion et contrôle. L'indice de protection est compris entre IP20 et IP54.
- Baie type *OUTDOOR* : ce type est conçu pour fonctionner en plein air, il est soumis à niveau d'imperméabilité et d'étanchéité assez importants, des ventilateurs et résistances y sont installées pour la régulation de la température interne ambiante. L'indice de protection est supérieur ou égale à IP54

Les différents éléments d'une baie d'énergie 48VDC sont :

- L'entrée secteur : L'énergie primaire entre en premier lieu dans la baie en traversant des unités de protection : disjoncteurs, fusibles, parasurtenseur, parafoudre, éclateur... et des filtres anti perturbations pour éviter les perturbations électromagnétiques et les déformations de signaux. Les éléments de mise à la terre d'équipotentialité qui contribue à l'efficacité de la protection foudre.
- Le redresseur : composés plus précisément de composants électroniques actifs : diodes, thyristors, etc. Le redresseur constitue la fonction fondamentale dans la transformation d'énergie alternative en énergie continue. La dernière est à son tour utilisée pour l'alimentation des équipements DC et la recharge batterie.
- Batterie d'accumulateur : Les batteries sont utilisées pour stocker les surplus d'énergie produite par les redresseurs. Les énergies stockées seront utilisées à son tour pour l'alimentation des équipements ou utilisation en cas de coupure de la source AC ou défaut quelconque.
- Automate : l'automate réalise plusieurs fonctions :
  - Surveillance des tensions d'entrée AC et sortie DC
  - Régulation des charges batteries d'accumulateurs
  - Contrôle des différents paramètres : LVD, PLD,...
  - Gestion des alarmes et des boucles sèches
  - Contrôles des protocoles de communication

### 2.1.3.3 Dimensionnement

Capacité batterie : La capacité batterie est le produit de l'intensité utile ou consommée des équipements et la durée d'autonomie désirée.

$$C = \frac{I_{\text{util}} * t}{dp}$$

Redresseurs : afin de dimensionner les redresseurs nécessaires, les éléments suivants s'avèrent importants : Puissance utile, capacité batteries nombre de branche batteries

$$P_{\text{batt}} = \frac{C}{10} * n * U$$

$$P_{\text{tot}} = P * P_{\text{batt}}$$

Nombre de redresseur :  $N_{\text{red}} = P_{\text{tot}} / P_{\text{red}}$

### 2.1.3.4 Installation et mise en service

Avant toute manipulation il est important de se rendre aux règles de sécurité avant toute manipulation :

- Avant toute intervention isoler la baie du secteur et des batteries
- Toute intervention doit être effectuée par un personnel qualifié et habilité, ayant pris connaissance de la documentation.
- Il est impératif de ramener le conducteur principal de protection sur la barre de masse du bâti ou sur la borne repérée (couleur vert/jaune)
- La baie redresseur doit être impérativement raccordée en aval d'un dispositif de protection adapté au régime de neutre de l'installation.

Les procédures d'installation :

- Mise en place du bâti 48VDC
- Câblage des conducteurs de mise à la terre
- Câblage de la source primaire AC (hors tension, ouverture des unités de protection et d'isolement)
- Installation des batteries
- Câblage des batteries (hors tension, ouverture des unités de protection et d'isolement)
- Mise en place des modules redresseurs
- Câblage de renvois d'alarme et de signalisation
- Après vérification des câblage et polarités, mise en service de la baie par enclenchement de l'entrée AC ensuite de la sortie DC

## 2.1.4 Système de protection électromagnétique

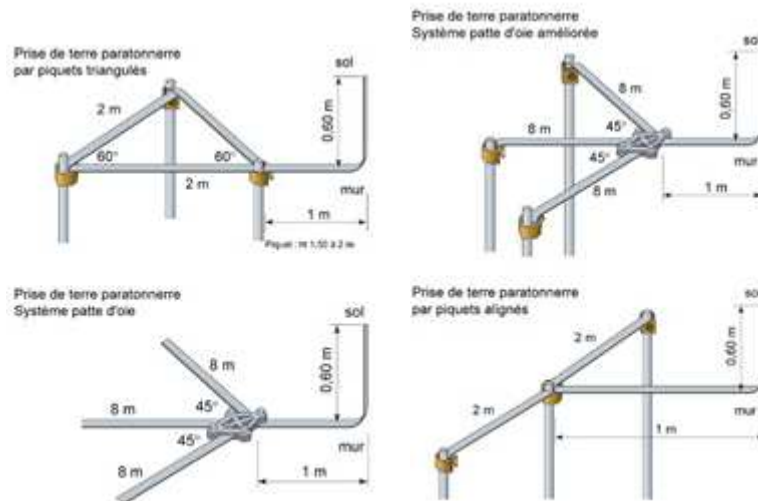


Figure 17 : Schéma des différents types de descente de terre d'un site [5]

### 2.1.4.1 La Foudre

La foudre est une décharge électrique aérienne résultant d'un phénomène atmosphérique, elle est accompagnée d'éclairs, les intra ou inter-nuages dont la décharge se produit à l'intérieur même du nuage ou entre deux nuages ou entre nuage et sol dont la décharge se produit du nuage vers le sol.

Les nuages de type cumulo-nimbus qui occupe jusqu'à plusieurs dizaines de kilomètres carrés, sa base se situe à environ 2 à 2km au dessus du sol et se développe en altitude jusqu'à plus de 10km. Un vent violent au sein de ce nuage sépare les charges électriques ; le nuage se voit alors chargé positivement à son sommet et négativement à sa base. La surface du sol se concentre des charges positives. Une différence de potentiel de millions de volts apparaît entre sol et nuage ; lorsque l'équilibre électrostatique se rompt, une décharge électrique de plusieurs milliers d'Ampères traverse l'air pendant quelques millièmes de secondes : c'est la foudre.

Les effets de la foudre sont :

- Effets thermiques : Ces effets sont liés aux quantités de charges à écouler lors du coup de foudre. Ils se traduisent par des points de fusion plus ou moins importants au niveau des impacts lorsqu'il s'agit de matériaux conducteurs et par une élévation de température aux endroits de mauvais contacts pour des matériaux de grande résistivité.
- Effets acoustiques : Les forces électrodynamiques liées au courant s'écoulant dans l'éclaircie créent une dilatation de l'air du canal de foudre et une élévation de pression dans le canal. Cette suppression et sa disparition brutale crée une onde de choc
- Effet lumineux : Engendré par les arcs électriques et l'amorçage des traceurs
- Effet électrique :
  - Surtension par conduction : Lorsqu'un coup de foudre frappe une ligne électrique, l'onde électrique se propage le long du conducteur, c'est une très forte tension de courant de foudre supplémentaire qui est injectée dans la ligne électrique, telle qu'elle provoque une surtension et presque toujours un court-circuit.

- Les remontées de terre : La résistivité des sols fait que les prises de terres sont résistantes et qu'elles ne peuvent empêcher lors du passage du courant de foudre une montée brutale en potentiel de l'installation
- Induction magnétique : L'impact de foudre est accompagné d'un rayonnement électromagnétique, si ce dernier atteint un conducteur (une ligne électrique par exemple), le flux électromagnétique est générateur de tension induites élevées.

Tableau 1 : classification des effets de la foudre

Effets	Manifestations	Types de protection
<b>Directs</b>	La foudre frappe directement la structure, causant des incendies, brûlures et destructions	Paratonnerres installé sur ou autour des structures à protéger
<b>Indirects</b>	La foudre frappe ailleurs sans toucher la structure (bâtiment ou installation concernée) : les ondes de choc et surtensions arrivent à l'installation par conduction ou par rayonnement	Parafoudres installés sur les circuits électriques

#### 2.1.4.2 Protection des personnes

- Eviter les activités de plein air en temps orageux
- S'abriter dans un bâtiment clos si possible, à défauts dans une voiture
- Eviter les abris naturels (grottes)
- Ne pas s'abriter sous un arbre isolé
- Eviter de courir, de faire de grands pas
- Eviter de faire la bicyclette
- Eviter l'utilisation de téléphone
- Eviter tout contact avec les objets métalliques
- En montagne, ne pas se plaquer contre une paroi rocheuse mais s'en éloigner

#### 2.1.4.3 Protection des installations électriques

Deux grands types de protection permettent de supprimer ou limiter les surtensions :

- Type de protection primaire (contre les coups directs)
  - Paratonnerre qui est la plus ancienne et connue
  - Les fils tendus
  - La cage maillé ou cage de Faraday
- Protection secondaire (contre les coups indirects)
  - Parafoudre

- Mise à la terre et équipotentialité

#### 2.1.4.4 Mise à la terre

La mise à la terre a principalement pour but de protéger les personnes contre les électrocutions par contact indirect, c'est-à-dire contre l'apparition d'une tension dangereuse sur le châssis d'un appareil électrique lors d'un défaut d'isolement. L'électricité se déchargera donc dans la terre et non sur la personne. Mettre un équipement à la terre c'est relier l'enveloppe métallique à une prise de terre, à condition que cette enveloppe soit considérée comme une masse.

La prise de terre est le conducteur métallique ou l'ensemble des conducteurs métallique agissant de la même manière, enterré dans le sol et électriquement en contact avec le sol ou intégré dans du béton, le quel étant en contact avec le sol sur une large surface.

Réalisation d'une prise de terre :

- Par ceinturage à fond de fouille : la prise de terre peut être constitué par un conducteur en cuivre nu de section de  $25\text{mm}^2$  ou par un feuillard en cuivre nu de  $30\text{mm}^2 \times 2\text{mm}$  (ou 95mm pour l'acier galvanisé) ce conducteur est donc enfoui dans le sol et entoure la centrale, bâtiment, maison, etc...
- Par piquet de terre : Le piquet vertical de 25 mm de diamètre ayant une longueur de 1 à 2 m est d'utilisation courante. Pourtant, cette technique est d'un résultat moyen si elle est utilisée sur un sol pierreux, calcaire ou granitique ; c'est-à-dire terrain sec. Sur un sol plutôt humide, cette technique offre une bonne qualité de résistance (très faible) une réalisation simple. Plus il y a de piquet et plus la prise de terre est efficace
- Par plaque mince ou grille en métal déployé : Plaque carrée ou rectangulaire de  $1\text{m}^2$  de surface, de 2mm d'épaisseur minimale pour le cuivre et 3mm pour l'acier galvanisé, enterré verticalement de manière à ce que son centre se trouve au moins à 1m de profondeur.

La mesure de la résistivité du sol se fait à l'aide d'un terra contrôle et la mesure de la résistance de la prise de terre se fait avec un telluromètre cette résistance devait être inférieure à  $10\Omega$  mais dans le domaine de la télécom la résistance de prise de terre devrait être inférieure à  $5\Omega$



Figure 18 : regard de terre [1]

## 2.2 Les différentes typologies pour chaque site

Par l'utilisation des différents systèmes ou source d'énergie renouvelable ou non renouvelable la société TOM a classé par typologie les parcs d'énergie possible pour un site.

### 2.2.1 Typologies Pure Solaire(PS)

Cette typologie est un système de production d'énergie solaire photovoltaïque autonome c'est-à-dire que lorsqu'elle est isolée de tout autre source électrique notamment le cas d'un réseau de distribution électrique ou bien d'un groupe électrogène

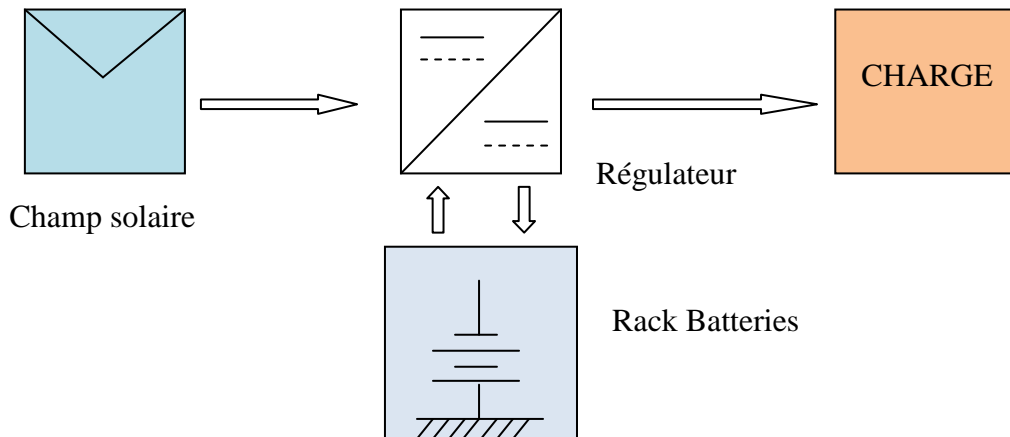


Figure 19 : Schéma synoptique d'une typologie PS

#### 2.2.1.1 Principe de fonctionnement

Pendant la journée le régulateur charge les batteries par le courant venant du champ solaire et le alimente l'utilisation. Pendant la nuit les batteries se déchargent pour alimenter l'utilisation

#### 2.2.1.2 Les différents éléments composant la typologie

Cette typologie est composée principalement :

- D'un champ solaire
- D'un régulateur MPPT ou PWM
- D'un ou plusieurs parcs de batteries stationnaires, dont un parc est composé de 24 éléments de batterie à 2V la tension par élément

### 2.2.2 Typologies Solaire Diesel ou Soldiese(SD)

Cette typologie est un système de production d'énergie solaire photovoltaïque assisté, c'est-à-dire que pour la plupart des cas 70% de la production est assuré par le système photovoltaïque et 30% par un groupe électrogène diesel.

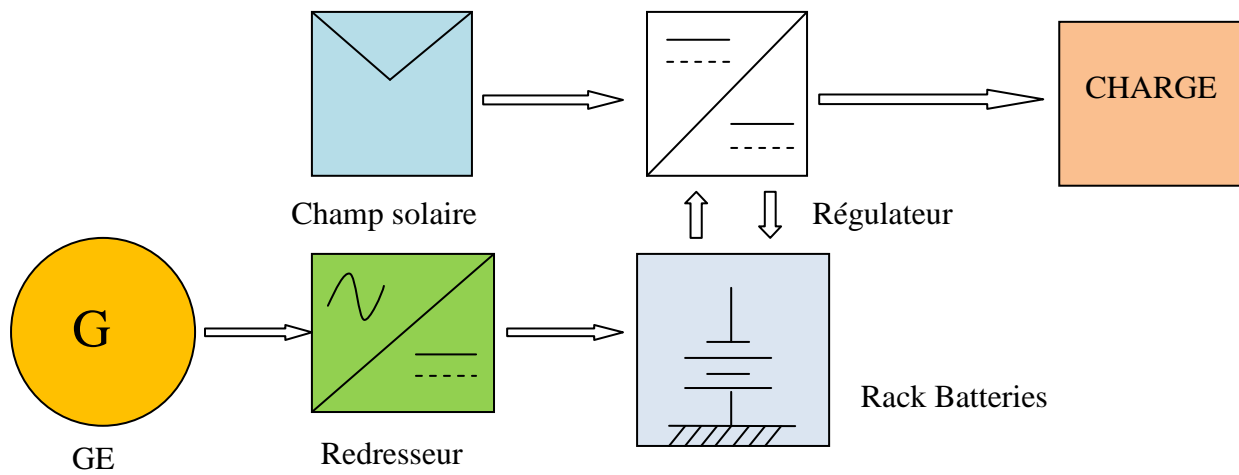


Figure 20 : Schéma synoptique d'une typologie SD

#### 2.2.2.1 Principe de fonctionnement

Pendant la journée le régulateur charge les batteries par le courant venant du champ solaire et le alimente l'utilisation. Pendant la nuit batteries se déchargent pour alimenter l'utilisation et lorsque la tension seuil de décharge, généralement aux alentours de 47 à 46V, est atteint l'automate de la baie redresseur démarre le GE pour charger les batteries et alimenter l'utilisation. Le GE s'arrête automatiquement commandé par l'automate lorsque la tension de charge des batteries est atteinte, généralement aux alentours de 54 à 56V. Dans le cas où la fonction commande démarrage automatique du GE est indisponible, le démarrage du GE se fait manuellement par le gardien du site.

#### 2.2.2.2 Les différents éléments composant la typologie

Cette typologie est composé principalement de :

- Un champ solaire
- Un régulateur MPPT ou PWM
- Un ou plusieurs parcs de batteries stationnaires, dont un parc est composé de 24 éléments de batterie à 2V la tension par élément
- Un groupe électrogène
- D'une baie redresseur

### 2.2.3 Typologies Charge Décharge(CD)

#### 2.2.3.1 Principe de fonctionnement

Dans un premier temps le GE, ou le réseau de la JIRAMA si disponible, alimente l'utilisation et charge les batteries stationnaires via une baie redresseur. Quand la tension seuil de charge des batteries est atteinte l'automate dans la baie redresseur arrête le GE et les batteries se déchargent pour alimenter l'utilisation. Lorsque la tension seuil de décharge est atteinte aux alentours de 47 à 46V l'automate commande le démarrage du GE



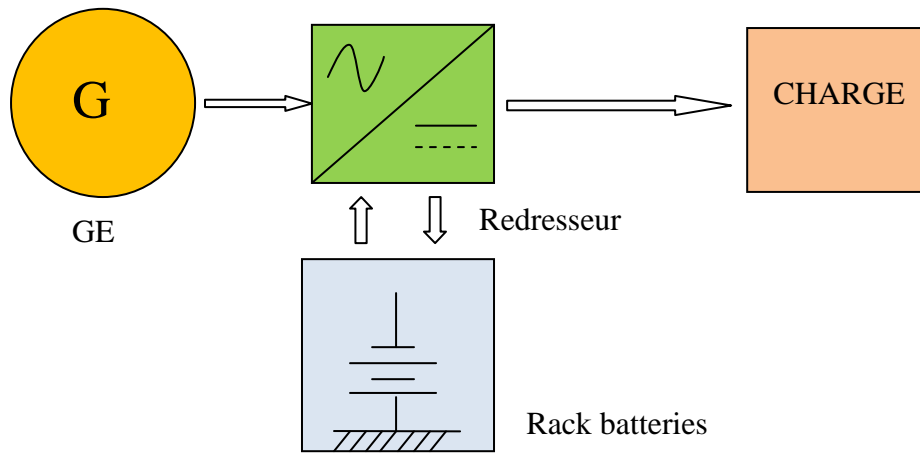


Figure 21 : Schéma synoptique d'une typologie CD

### 2.2.3.2 Les différents éléments composant la typologie

Cette typologie est principalement composée de :

- Un Compteur et disjoncteur de branchement de la JIRAMA
- Un inverseur de source si li y a présence du réseau JIRAMA
- Un ou plusieurs parcs de batteries stationnaires, dont un parc est composé de 24 éléments de batterie à 2V la tension par élément
- Un groupe électrogène
- Une baie redresseur

### 2.2.4 Typologies JIRAMA+GE(JGE)

Cette typologie est surtout utilisée pour les sites en zone urbaine dont la source primaire est l'énergie du réseau JIRAMA et secourue par un GE en cas de coupure.



Figure 22 : Site à typologie JGE [1]



#### 2.2.4.1 Principe de fonctionnement

L'énergie de la JIRAMA alimente le site et en cas de coupure il y a basculement vers la source secondaire qui est le GE, au retour de la source primaire l'inverseur bascule la charge vers l'énergie primaire et le GE s'arrête. La commande de démarrage et arrêt automatique du GE est effectué par l'inverseur. Si cette commande est HS le démarrage et arrêt du GE se fait manuellement par le gardien du site.

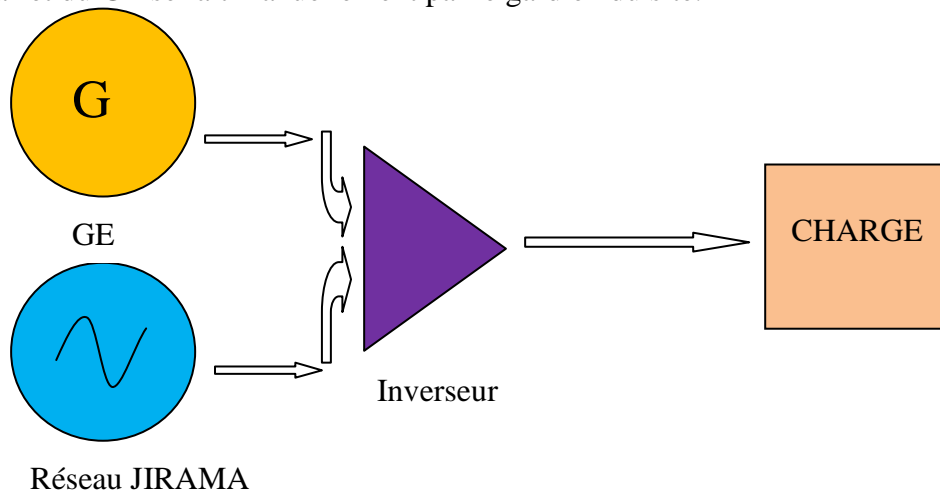


Figure 23 : Schéma synoptique d'une typologie JGE  
2.2.4.2 Les différents éléments composant la typologie

Cette typologie est principalement composé de :

- Un compteur et disjoncteur de branchement de la JIRAMA
- Un inverseur de source
- Un groupe électrogène

#### 2.2.5 Typologies Double GE(DGE)

Cette typologie est la moins optimale qui soit, elle est surtout utilisée comme solution provisoire quand le site doit être actif, en attendant l'installation du système définitif

##### 2.2.5.1 Principe de fonctionnement

Les deux GE marchent pendant 12heures chacun le basculement, arrêt et démarrage des GE est assuré par l'inverseur de source. Sinon le démarrage et arrêt du GE se fait manuellement par le gardien du site.

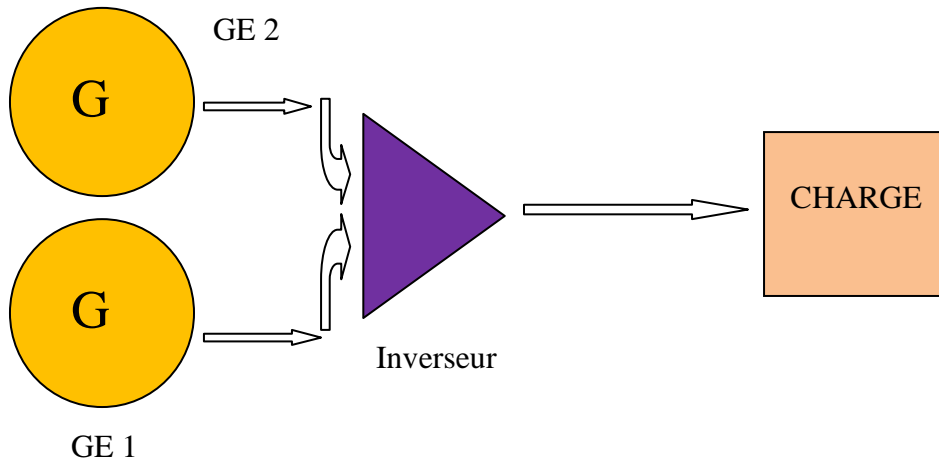


Figure 24 : Schéma synoptique d'une typologie DGE

#### 2.2.5.2 Les différents éléments composant la typologie

Cette typologie est principalement composé de :

- Un inverseur de source
- deux groupes électrogènes

#### 2.2.6 Typologies JIRAMA simple(J)

Cette typologie est utilisée dans les zones urbaines où les sites sont installés sur le toit des maisons, elle n'est donc pas sécurisée par un GE pour cause d'espace ou bien de nuisance sonore pour le bailleur et/ou le voisinage.



Figure 25 : Site de type *Roof Top*

### 2.2.6.1 Principe de fonctionnement

Un nouveau réseau de la JIRAMA est installé pour alimenter le site, sans se raccorder à celui du bailleur.

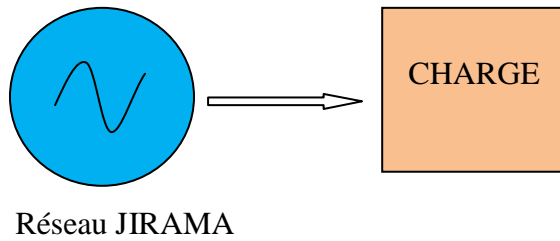


Figure 26 : Schéma synoptique d'une typologie J

### 2.2.6.2 Les différents éléments composant la typologie

Cette typologie est principalement composé de :

- Un compteur et disjoncteur de branchement de la JIRAMA

### 2.2.7 Typologies Sous-compteur(SC)

Cette typologie est utilisé quand li n'y a pas de solution définitive sur le système de production d'énergie à installer sur site, or la seule source disponible appartient à une tierce personne, une société ou bien le client.

#### 2.2.7.1 Principe de fonctionnement

Le site est raccordé à la source d'énergie disponible et un sous-compteur est installé en amont pour compter le kWh consommé et qui sera ensuite payé par la société au propriétaire.

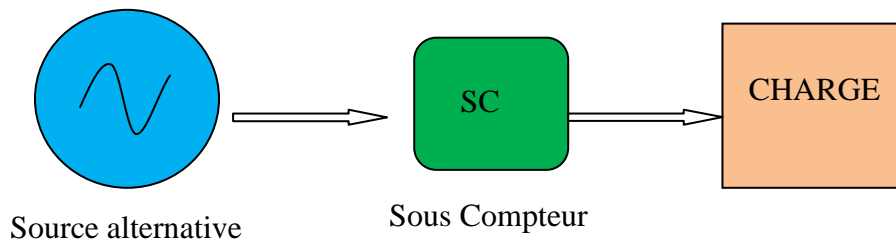


Figure 27 : Schéma synoptique d'une typologie SC

### 2.2.7.2 Les différents éléments composant la typologie

Cette typologie est principalement composé de :

- Un sous-compteur



Figure 28 : Sous compteur [1]

## **CHAPITRE 3 : DÉROULEMENT DU STAGE**

### 3.1 Le pôle support énergie

Le département du support énergie s'occupe de tout ce qui concerne l'énergie dans la société :

- Dimensionnement du parc énergie de sites selon les expressions de besoin reçues
- Proposition de solutions techniques permettant de réaliser des gains énergétiques
- Planification et gestion des projets
- Appui aux services NOC et Exploitation Energie
- Conseil en support technique

Le support énergie travail en collaboration avec les départements déploiement, exploitation et VDR sur leurs projet pour la partie énergie/

- Déploiement : concernant les nouveaux sites
- VDR (Vie De Réseau) : sécurisation, kit anti délestage, *upgrade*
- Exploitation : Résolution sur le problème de boostage (intervention pour charger les batteries d'un site PS), *swap* équipements

Tableau 2 : Assistance support énergie

SUPPORT ENERGIE	
SUPPORT AU DEPLOIEMENT DES SITES	SUPPORT A L'EXPLOITATION DES SITES
Validation DOE, APD,TSSR, suivi besoin NRJ en interaction avec les sites en déploiement (kits solaires, éclairage canopy, éclairage loge gardien,...)	Interface pour amélioration de l'indisponibilité des sites
Recherche de solutions NRJ pour les cas spécifiques (solutions provisoires, sous-comptage, etc.)	Etude approfondie des besoins exprimés et préconisations données par l'Exploitation
Intégration des nouveaux sites dans périmètre de maintenance par passation des cahiers de recette	Observation du comportement des matériels NRJ des sites en exploitation et <i>reporting</i>
Interface pour suivi demande nouveau branchement JIRAMA (avec les gestionnaires Opération&Exploitation), commande matériels pour connexion en BT/MT.	Descente sur terrain si nécessaire

## 3.2 Activités durant le stage

### 3.2.1 Travaux au bureau

#### 3.2.1.1 Gestion de projet nouveau branchement JIRAMA

Il est priorisé pour la société de brancher les sites au réseau de la JIRAMA. Les nouveau ou ancien sites où le projet de branchement au réseau de la JIRAMA est validé, l'équipe support énergie fait donc un suivi avec le gestionnaires opération et exploitation sur les matériels JIRAMA pour chaque site.

D'abord la JIRAMA envoie les devis sur les matériels (poteaux, Transformateur, fils et accessoires..) Mon travail a été de recenser les matériels et les classer dans un tableau suivant leurs catégories et unités. Ensuite, après vérification on envoie ces matériels à plusieurs fournisseurs pour APD (Appel D'offre), les PF (Pro Format) reçu des fournisseurs est alors analysé sur la correspondance entre l'unité, disponibilité et prix. Le choix du fournisseur sur l'achat des matériels se porte sur celui qui le vend au prix le plus compétitifs. Le montant de l'achat des matériels est donc à envoyé au COMINVEST (Comité D'investissement) pour validation.

#### 3.2.1.2 Rédaction TSSR et RATV

Après une descente sur terrain pour observation avant le lancement d'un projet quelconque. L'équipe fait un *survey* c'est-à-dire faire des mesures et des rapports photo. Après tout *survey* il faut rédiger un TSSR ou *Technical Site Survey Report* mentionnant les différents valeurs avec rapport photo, un croquis du plan du site les avantages et obstacles par rapport au projet.

Lorsqu'un projet est arrivé à sa réalisation, on procède à la recette du projet, c'est-à-dire une descente sur terrain avec les sous traitants qui on réalisé le projet d'installation pour vérification à la conformité des demandes de la société. Un Rapport de Travaux au RATV est à rédiger après la recette pour résumer les travaux effectué avec les rapport photos.

#### 3.2.1.3 Dimensionnement des projets NRJ

Pour des travaux de dimensionnement rapide et efficace il est nécessaire d'avoir un outil informatique de dimensionnement. On a donc utilisé les formules de dimensionnement de différentes typologies en récoltant les données nécessaires.

Pour les sites CD, PS, SD les données nécessaires par site sont :

Tableau 3 : Les données nécessaires pour dimensionnement site PS, CD, SD

		Puissance utilisation [W]	Tension nominale d'utilisation [V]	Heure de marche de l'utilisation [h]	Autonomie [j]	Profondeur de décharge	Coefficient correcteur spécifique par zone [Wc]	Puissance module [Wc]	Heure de marche GE [h]
	Notation	P	U	H	N	dp	k	Pmod	HGE
Typologie	CD	x	x	x	x	x			x
	PS	x	x	x	x	x	x	x	
	SD	x	x	x	x	x	x	x	

Pour les sites JGE les données nécessaires sont :

Tableau 4 : Les données nécessaires pour dimensionnement site JGE

		Puissance utilisation [W]	Puissance relevée survey	Puissance Maximum sur ESM	Monophasé / Triphasé
Notation		P	P <sub>survey</sub>	P <sub>MAXESM</sub>	M / T
Typologie	JGE	X	X	X	X

### 3.2.2 Descente sur terrain

#### 3.2.2.1 Réception

Lorsqu'un projet est arrivé à sa réalisation, on procède à la recette du projet, c'est-à-dire une descente sur terrain, avec les sous traitants qui ont réalisé le projet d'installation, pour vérification à la conformité des demandes de la société. Pour ce faire un des prises photos et mesures sont nécessaires. Ensuite on remplit le PV de recette qui est un document détaillé sur l'état du site et de l'installation effectué au terme du remplissage du PV de recette l'intervenant ou missionnaire de TOM a le choix entre :

- Validé : Tout est conforme
- Refusé : Il y a un ou plusieurs problèmes majeurs
- Validé avec réserve : Il y a un ou plusieurs problèmes mineurs à rectifier

#### 3.2.2.2 Survey

Le *survey* que j'ai effectué est surtout porté sur le projet de sécurisation des sites à typologie JIRAMA simple et RT (*Roof Top*) Il est donc nécessaire de faire des mesures sur l'énergie électrique consommé par le site, les places disponibles pour l'installation du Groupe électrogène et de l'inverseur, la distance entre les différents éléments qui sont le GE, l'inverseur le AC Box pour déterminer la longueur des fils à installer. Les prises photos sont nécessaires pour la rédaction du TSSR. En même temps l'obtention du contact du bailleur est nécessaire pour la négociation effectuée par l'équipe NEGO plus tard.

#### 3.2.2.3 Intervention

Certaines interventions sont réalisables par les techniciens du support énergie si elles sont aux alentours d'Antananarivo. Moi et un technicien du support énergie a effectué une intervention *swap* redresseur d'un site CD. Tout en respectant les règles de sécurité et du respect des polarités On a débranché les câbles de l'ancienne baie redresseur de marque EMERSON et rebrancher ces câbles sur la nouvelle baie redresseur ELTEK. Une configuration s'impose alors sur le paramétrage de l'automate pour qu'il détecte l'entrée AC et les modules redresseurs, les informations sur les batteries du site (nombre capacité, nombre de banc) la tension d'égalisation ou *floating* pour arrêt GE des batteries et la tension minimale pour démarrage du GE. Or le GE sur site est à démarrage manuelle le gardien fait marcher le GE pendant 06H par jours pour que la charge et la baie redresseur marche par défaut.

## **CHAPITRE 4 :**

### **MINI PROJET : GENERATEUR HHO**

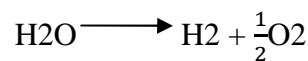


## 4.1 Les générateurs HHO

Découvert par un chercheur du nom de Yull BROWN A la fin des années 1960, on pouvait réaliser l'électrolyse et utiliser l'hydrogène et l'oxygène sans les séparer. Ce « nouveau gaz » a été estampillé « Brown's gaz » et il est plus connu depuis peu sous le nom de Gaz HHO. Les brevets de Yull BROWN couvraient principalement des champs d'application utilisant de très gros électrolyseurs, inutilisables pour une automobile, mais utilisés pour alimenter des chalumeaux. Sans oublier que Yull BROWN a été un des premiers à émettre l'idée de pouvoir utiliser le gaz HHO dans les moteurs automobile.

Pour rappel l'électrolyse est un procédé chimique de dissociation des éléments chimiques qui compose l'eau, le dihydrogène et l'Oxygène, par l'énergie électrique. Une cellule d'électrolyse est constituée de deux électrodes (anode et cathode, conducteurs électroniques) reliées à un générateur de courant continu, et séparées par un électrolyte (milieu conducteur ionique). L'oxygène se dégage au niveau de l'anode et l'hydrogène au niveau de la cathode. Plus la surface de contact avec l'électrolyte de la cathode est grande plus la production de dihydrogène est importante.

La décomposition de l'eau par électrolyse s'écrit de manière globale:



Avec une enthalpie de dissociation de l'eau :  $\Delta H = 285 \text{ kJ/mole}$

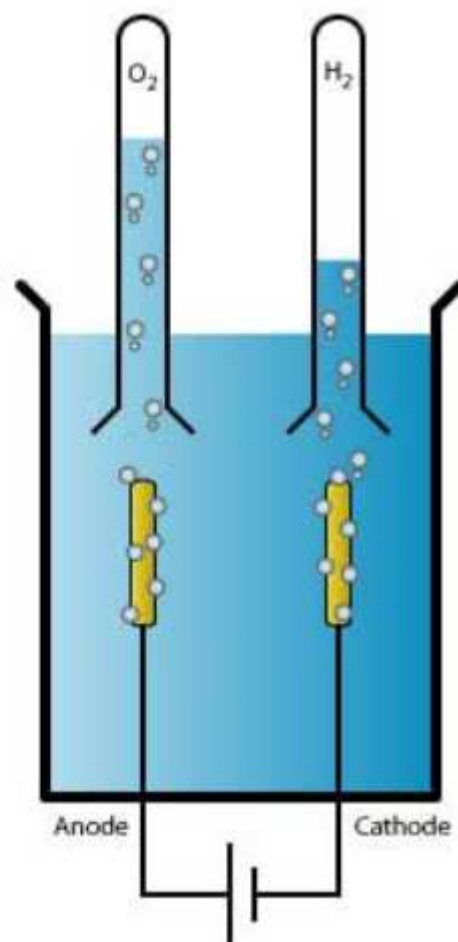


Figure 29 : Electrolyse de l'eau [9]

## 4.1.1 Les différents types de générateurs HHO

### 4.1.1.1 *Wet cell* : En bocal ou Mason Jar

De son nom *Wet cell* ou cellule mouillée en français, les électrodes sont totalement immergées dans l'électrolyte. Le générateur HHO *wet cell* le plus connu et facile à réaliser, il est composé d'un bocal qui est le récipient de l'électrolyte, les électrodes avec la surface de la cathode supérieure à celle de l'anode. La forme des électrodes peuvent être variée en fonction du bocal et du choix du fabricant. Les électrodes utilisées sont des métaux en inoxydables pour éviter l'oxydation engendrée par l'eau et sous plusieurs formes Fils, Grilles, Plaques, Tubes



Figure 30 : Générateur HHO en bocal [9]

### 4.1.1.1 *Dry cell*

De son nom *Dry cell* ou cellule sèche en français, une partie des électrodes sont en contact avec l'électrolyte. Le générateur HHO *Dry cell* est la plus performant mais difficile à construire. Il est composé de succession de plaques inoxydables, parmi ces plaques il y a la cathode, l'anode et des neutres qui sont des catalyseurs augmentant le rendement de gaz HHO dégagé, le nombre de plaques formant la cathode doit être supérieure à celle de l'anode.

Ce type de générateur HHO présente beaucoup d'avantage que le générateur HHO en bocal :

- Diminution des problèmes de surchauffe : La *Dry cell* divise le voltage par le nombre d'intervalles entre le + et le - et réduit donc considérablement l'échauffement du générateur.
- Augmentation de l'autonomie : Du fait que c'est l'eau qui circule pour aller du générateur au réservoir et du réservoir au générateur, on n'a pas besoin de rajouter de l'eau, comme dans une *Wet cell*, chaque fois que le niveau baisse un peu et découvre les plaques.

- Elle augmente la production de HHO pour le même ampérage : A cause de l'agencement des plaques, le nombre d'intervalles entre le + et le - est un facteur multiplicateur pour la production de gaz



Figure 31 : Générateur HHO type *Dry Cell* [6]



Figure 32 : Disposition des plaques d'un générateur HHO type *Dry Cell* [7]

#### 4.1.2 Les différents électrolytes

En temps normal, l'eau seule conduit mal l'électricité. Pour que le courant électrique passe entre les électrodes, il faut ajouter un catalyseur appelé « électrolyte ». De multiples substances peuvent être utilisées, et cet électrolyte permet au courant électrique de passer entre les électrodes.

**Tableau 5 : Les différents électrolytes utilisables dans un générateur HHO**

<b>Électrolytes</b>	<b>Avantages</b>	<b>Inconvénients</b>	<b>Pour quel type de générateur HHO</b>
Eau du robinet (H <sub>2</sub> O + diverses particules)	-Facile à trouver -Pas cher -sans danger	-Faible production de gaz -provoque de l'oxydation -les diverses particules dans l'eau viennent s'agglutiner aux électrodes et gênent l'électrolyse -contient du chlore	<i>Wet Cell</i>
Vinaigre Blanc (acide acétique)	-Facile à trouver -Pas cher -sans danger -Les électrodes restent propres	-Faible production de gaz -odeur forte	<i>Wet Cell</i>
Bicarbonate de soude (NaHCO <sub>3</sub> )	-Facile à trouver -Pas cher -sans danger -très bonne production de gaz	-Oxydation importante et rapide, l'eau devient marron -Le bain électrolytique "s'use" rapidement, il faut changer le bain fréquemment -Produit un peu de CO <sub>2</sub> et de CO	<i>Wet Cell</i> non recommandé pour les <i>Dry Cell</i>
Soude Caustique (Hydroxyde de Sodium – NaOH)	-Pas cher -Très bonne production de gaz Production de HHO pure entre 95 - 100% -Les électrodes restent propres -Ne mousse pas Antigél pour les endroits où il gèle l'hiver en incluant de l'alcool isopropylique au bain électrolytique	-Corrosif, à manipuler avec précaution -La dilution du NaOH dans l'eau provoque de la chaleur, et peut même amener l'eau à ébullition	<i>Wet Cell</i> et <i>Dry Cell</i>
Potasse (Hydroxyde de Potassium – KOH)	-Pas cher Excellente production de gaz -Production de HHO pure entre 95 - 100% -Les électrodes restent propres	-Corrosif, à manipuler avec précaution -Peut produire de la mousse si le système consomme plus de 10 – 15 ampères, la mousse s'accumule dans le réservoir et peut être aspirée par le moteur. -La dilution du KOH dans l'eau provoque de la chaleur, et peut amener l'eau à ébullition, -Difficile à trouver	<i>Wet Cell</i> et <i>Dry Cell</i>
Carbonate de potassium (K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> )	-Pas cher -Excellente production de gaz Production de HHO pure entre 95 - 100% -Les électrodes restent propres -Sans danger	-Difficile à trouver -pas compatible avec l'alcool isopropylique (anti gel)	<i>Wet Cell</i> et <i>Dry Cell</i>

### 4.1.3 Optimisations

La première chose à faire pour l'optimisation du générateur HHO est l'ajout d'électrolyte dans l'eau du générateur.

Surveiller la température de l'eau car lors de l'électrolyse la température de l'eau augmente au maximum entre 50 à 60°C à une température ambiante de 20°C. L'eau à température d'ébullition peut détériorer le générateur et entraîner l'aspiration d'eau dans le moteur. Il est donc préférable de placer le générateur HHO à un endroit ventilé naturellement ou artificiellement.

En cas d'utilisation de plusieurs générateurs HHO, le branchement électrique doit se faire en parallèle puisque un branchement en série va faire baisser considérablement l'ampérage utilisé par le générateur.

Vidanger et nettoyer l'intérieur du générateur après consommation de 1l d'eau pour enlever les dépôts de particules qui vont gêner l'électrolyse diminuant ainsi son efficacité.

Alimentation du générateur HHO avec modulateur de type PWM (*Pulse with Modulation*) Ce modulateur pulse le courant à une fréquence qui peut être variable automatiquement ou fixe selon le modulateur et limite l'ampérage à une valeur décidée. Le modulateur coupe et remet le courant à une fréquence élevée et en faisant varier la longueur des impulsions « ON » par rapport aux impulsions « OFF » pour passer uniquement la quantité souhaitée de courant. Le but est de ne pas gaspiller de courant électrique.

### 4.1.4 Installation

Le générateur HHO est alimenté par un courant continu, il est donc branché sur la batterie de démarrage du moteur et la sortie de gaz HHO est acheminé au moyen d'une simple durite équipée d'une valve anti-retour vers l'admission d'air du moteur où il vient se mélanger avec le l'air ambiant aspiré Ce mélange air/HHO est ensuite mixé avec l'essence ou le gasoil dans les chambres de combustion du moteur provoquant ainsi l'optimisation de la combustion.



Figure 33 : Installation d'un générateur HHO [6]

Il est conseillé d'utiliser des relais pour que le générateur soit en marche lorsque le moteur tourne. Dans le cas de mon projet personnel que j'aimerais installer pour un GE, l'idée n'est pas de se brancher sur la batterie de démarrage mais d'utiliser un convertisseur AC/DC où l'entrée AC est la sortie triphasé du GE. De cette manière le générateur HHO ne fonctionnera que lorsque le GE est en Marche

#### 4.1.5 Schéma du montage

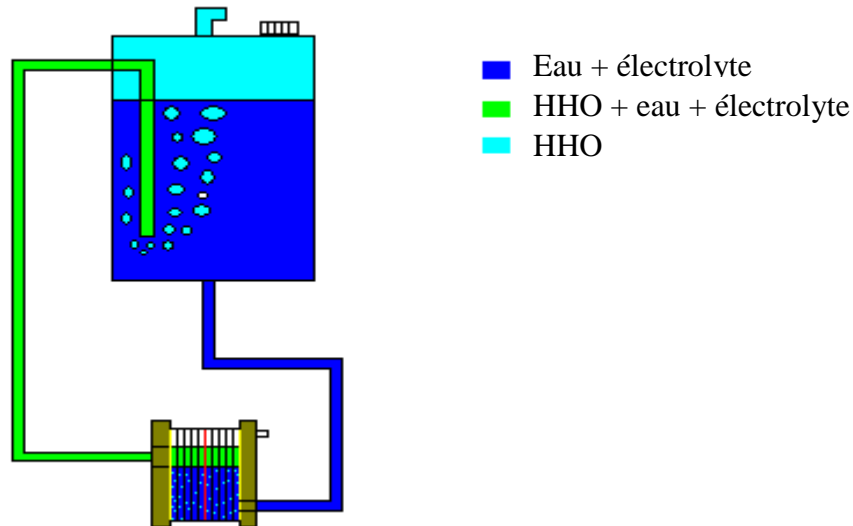


Figure 34 : Schéma de montage du générateur HHO *Dry Cell*

Du réservoir, l'électrolyte descend dans le générateur *Dry Cell* après électrolyse de l'électrolyte le gaz HHO résultant qui est encore mélangé avec le d'électrolyte remonte et sera replongé dans l'électrolyte du réservoir pour que du gaz HHO pur remonte à la surface et sera utilisable pour injection dans l'admission d'air du moteur.

#### 4.1.6 Matériels utilisés

Réservoir : Tuyau PVC, tête de bouteilles en plastique

Conduit bain électrolytique et gaz HHO : deux tuyaux en plastique et un tuyau à essence

Générateur HHO :

- Electrodes : 11 Plaques en INOX de qualité 316L de 1mm d'épaisseur, deux plaques pour la cathode et une seule plaque pour l'anode six plaques neutres. Deux boulons pour branchement des électrodes
- Inter plaques : 12 segment d'étanchéité
- Serrage : 4 boulons pour serrage des plaques inox, joints, plaques de bois



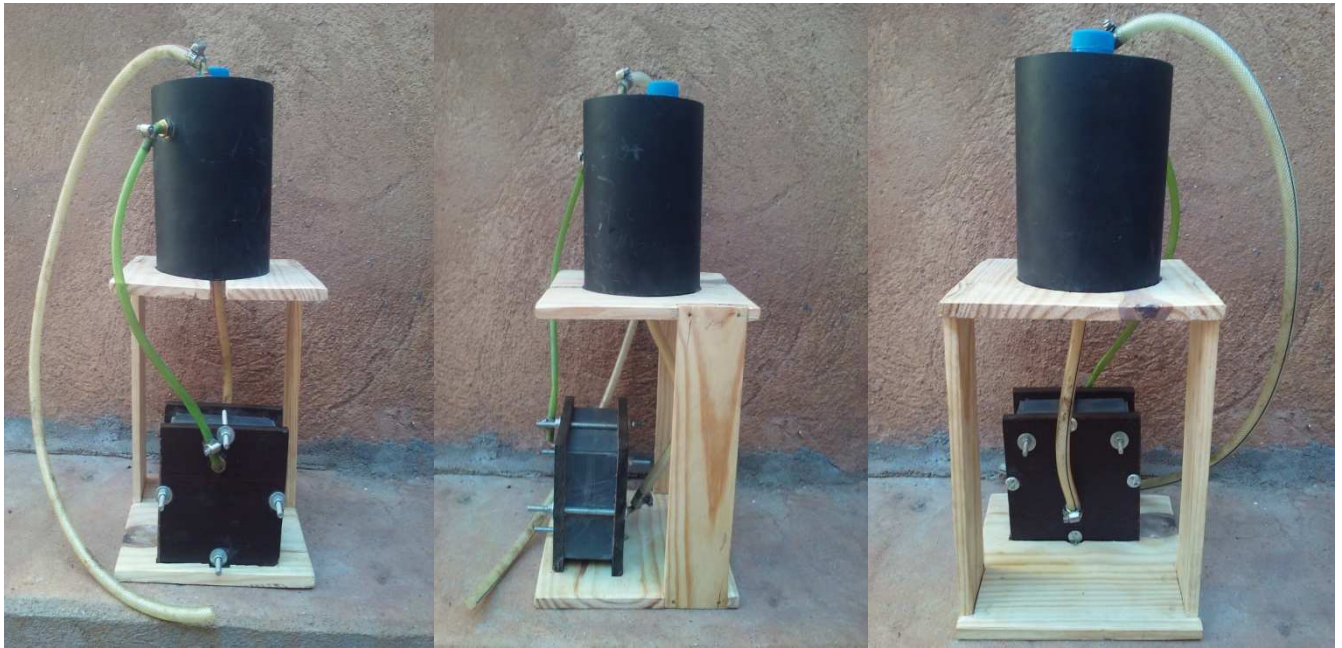


Figure 35 : Le générateur HHO *Dry Cell*

#### 4.1.7 Mesures et test

Lors du test du générateur HHO j'ai utilisé 1L d'eau distillée mélangée avec 2 cuillère à soupe équivalent à 27g de carbonate de sodium. Comme source continue, un adaptateur d'ordinateur portable à entrée 220VAC ; 2A et à sortie 18,5VDC ; 6,5A

Les mesures prises sont :

- Tension entre les électrodes : varie entre 2,59V à 6V
- Courant d'alimentation du générateur HHO : 4.68A à 6A
- Puissance consommée : 12W à 36W



Figure 36° tension entre les électrodes



Figure 37° Courant d'alimentation du générateur HHO

- Débit de gaz HHO produit : à mesurer

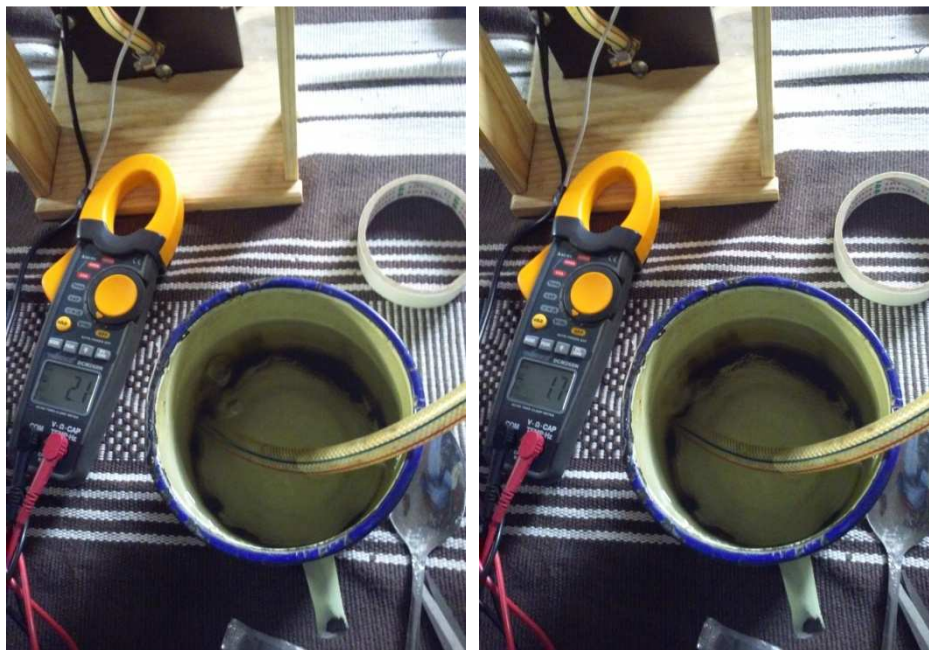


Figure 38° bulles de gaz HHO

## 4.2 Perspectives des réalisations

Plusieurs sites Télécoms sont équipés d'un GE et le nombre de site qui ne cesse d'augmenter avec le projet sécurisation qui veut dire surtout mise en place d'un GE pour secourir le site et ainsi diminuer l'indisponibilité du site s'il y a un problème côté énergie. L'eau étant l'élément de base de mon projet, le générateur HHO sera un atout majeur pour l'économie de carburant qui est entre 20 à 50%. L'objectif est la vulgarisation et la mise en place du générateur HHO sur tous les sites, offrant ainsi le maximum d'économie et aussi la diminution de la pollution engendrée par les GE par la réduction de l'émission de  $\text{CO}_2$



## CONCLUSION

Le domaine d'utilisation des énergies renouvelable ne se limite pas à l'application domestique, c'est une ressource qui peut être exploitée au profit de l'entreprise et qui garantit un développement durable. Afin de répondre à l'objectif de la banque mondiale et dans le cadre de la mise en application de la Politique Nationale sur des Télécommunications et des Technologies de l'Information et de la Communication (TIC), l'implantation de sites techniques de la société TOM ne cesse de grandir et de se répandre dans toute la grande île.

Vu que pour certaines sites télécoms, après des études de dimensionnement, il est impossible ou bien trop coûteux de faire des installations de type purement renouvelable. Ce document met surtout en valeur la bonne gestion énergétique des sites télécoms, pour chaque membre de l'équipe support énergie il est nécessaire de maîtriser chaque système et éléments de production d'énergie électrique que l'on peut trouver pour chaque typologie de chaque site.

La fonction de l'équipe support énergie, tout en restant dans l'optimisation des anciennes ou nouvelles installations des sources d'énergies pour les sites télécoms est de faire des études et veilles technologiques en équilibrant le tout pour la satisfaction des clients.

Participer pour le compte d'une société en tant que stagiaire par la mise en pratique des acquis durant la formation a été un moyen de renforcement intellectuel et d'accès à de nouvelles connaissances et acquérir des expériences dans le domaine des installations énergétique industrielles renouvelables ou non.

TOWERCO OF MADAGASCAR étant une société jeune et en pleine expansion pousse chacun de ses collaborateurs à l'innovation m'a permis aussi d'apporter, grâce aux nouvelles conceptions et analyses, une contribution pour une possibilité d'amélioration sur l'optimisation des consommation en carburant pour le département d'exploitation grâce à l'élaboration de projets personnels.

Le projet personnel, le générateur HHO qui permet de faire des économies de carburant de l'ordre de 20 à 50% en utilisant de l'eau destiné aux groupes électrogènes. Il est permis d'étendre les recherches pour la conception d'un tel dispositif pour une gamme plus améliorée apportant plus d'efficacité à la production énergétique. Ceci démontre qu'il est toujours possible d'apporter une innovation même des plus simples dans le but de développer les systèmes et installations pour plus d'efficacité et de confort.

## **RÉFÉRENCES**

### **Références Webographiques :**

- [1] <http://srv-ged-tom.tom.mg/nuxeo/nxdoc> Server GED Towerco of Madagascar, (Juin 2017)
- [2] [www.photovoltaique.info/IMG/pdf/comment\\_faire\\_un\\_releve\\_de\\_masque.pdf](http://www.photovoltaique.info/IMG/pdf/comment_faire_un_releve_de_masque.pdf) (29 Septembre 2006)
- [3] <http://slideplayer.com/slide/5277829> EXITATION SYSTEM, (Juin 2017)
- [4] <http://www.powersystem.org> , (Juin 2017)
- [5] <http://www.franklin-france.com/spip.php?article170> Systèmes de protection Principes d'installation et prise terre (Juin 2017)
- [6] [www.generateurhho.com](http://www.generateurhho.com) (Juillet 2016)
- [7] <http://zoolhho.blogspot.com/2008/12/dry-cell-hydrogen-generator.html> Dry Cell Hydrogen Generator (Juin 2017)

### **Références Bibliographiques :**

- [8] Hallou Solaire La Fabrication des cellules photovoltaïques, Hallou Solaire. (2008), 18p

**TITRE :** « Support énergie et générateur HHO *Dry Cell* »

**RÉSUMÉ :**

Ce travail fait l'objet d'un mémoire de rapport de stage de fin d'études pour l'obtention du diplôme de MASTER Professionnelle portant sur le support énergie des sites télécoms, afin de mieux comprendre les démarches à suivre concernant ce travail. Ce document rapporte les connaissances nécessaires du domaine de l'énergie pour les sites télécoms et également les activités effectuées pendant la période de stage effectué au sein de TOWERCO OF MADAGASCAR. Les demandes en optimisation m'ont permis la conception d'un générateur HHO *Dry Cell*, un dispositif économiseurs de carburants destiné aux groupes électrogènes qu'utilise la société.

Mots clés : Support énergie, TOWERCO OF MADAGASCAR, Site Télécom, Générateur HHO *Dry cell*

**ABSTRACT:**

*This work is a report of my training for the professional Master degree and based on the energy support of telecommunication site, in order to understand the steps to follow according to the job. This document also report activities and achievement during the training period at TOWERCO OF MADAGASCAR. Optimization's demand permitted me to concept a Dry Cell HHO Generator, a fuel-saver device destined for application on power generators used by the company.*

*Keywords: energy support, TOWERCO OF MADAGASCAR, telecommunication site, battery based on tap water. Dry Cell HHO Generator*

**Nombre de Pages:** 42

**Impétrant :** Ravonirina Hedelbert  
ANDRIAMANOROZAFY

**Nombre de Figures :** 38

**Tel :** +2610324053355/+2610340586622

**Nombre de tableau :** 05

**Mail :** randriamanorozafy@gmail.com

**Adresse :** Lot II E 81 Kbis Tsarahonenana

Antananarivo

Juin 2017 - Antananarivo