

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud MAMMERRI, Tizi-Ouzou



Faculté de Génie Electrique et d'Informatique
Département d'Electrotechnique

Mémoire de Fin d'Etudes

En vue de l'obtention du diplôme

D'Ingénieur d'Etat en Electrotechnique

Thème

**Maintien de l'énergie électrique par un système
UPS dans une station de compression**

Proposé par : *Mr HAMOU (ISG)*

Suivi et dirigé par : Mlle R. KACHENOURA

Présenté par :

OUDELHA Redouene

SOUIDI Mahfoud

Promotion 2010

UMMTO

Département d'électrotechnique

*Souidi mahfoud
Oudelha redouane*

**MAINTIEN DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE
PAR UN SYSTÈME UPS DANS UNE
STATION DE COMPRESSION**

*Mémoire d'ingénieur
Juillet 2010*

Remerciements

*Nous tenons à remercier
particulièrement notre promotrice, Mlle :
KACHNOURA.R. Pour tout ses conseils,
son aide morale et pédagogique et surtout
son engagement avec nous jusqu'à la
dernière seconde pour l'achèvement de ce
travail.*

*Nous exprimons aussi notre
reconnaissance et gratitudes à nos chers
parents, le personnel de BP, les membres
de jury qui nous honoreront par leurs
évaluations, et tous ceux qui ont
contribués à la réalisation de ce mémoire.*

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

Mes très chers parents, mes deux frères et ma sœur.

A tout mes amis (ies), chacun par son nom.

A tous ceux qui m'ont aidé de près et de loin.

A tout mes enseignants durant mon cursus.

Et à la promotion 2010 et bien sur à bouhou.

OUDELLA Redouane

Je dédie ce modeste travail à ma très chère famille, mon père, ma mère, frères et sœur, grand-père et grand-mère.

A ma fiancé KHADIDJA, et mes amis avec qui j'ai passé mes quotidiens, schmirlo, seddik et chrif et tout ceux qui m'ont soutenus.

SOUIDI Mahfoud

SOMMAIRE

Introduction générale	1
CHAPITRE I : présentation et description du projet ISG	
I-1 : Introduction à l'ISG :	3
I-1-1 : Généralités sur l'ISG :	3
I-1-2 : Politique HSE :	3
I-1-3 : Description du projet ISG :	3
I-1-4 : Localisation des champs de développement In Salah :	4
I-1-5 : Capacité de production ISG :	4
I-1-6 : Composition du gaz ISG :	4
I-1-7 : Capacité de calcul :	5
I-2 : Généralité sur le gaz naturel :	5
I-2-1 : Caractéristiques du gaz naturel :	5
I-3- Spécifications du gaz ISG :	6
I-3-1 : Canalisations inter champs et d'exportation	7
I-4 - Présentation du site HASSI R'MEL :	8
I-4-2 - Présentation générale de la station :	8
I-4-3 - Station de compression de Hassi R'Mel :	9
I-4-4 : Description du système	9
I-4-5 : Implantation de la station :	11
I-4-5-1 : Système 43 - Torche HP	11
I-4-5-2 : Systèmes 52 et 53	12
I-4-3 : Système 62	12
I-4-5-4 : Système 027 :	13
I-4-5-5 Système 031	14
I-4-5-6 Système 070	14
I-4-5-7 : Système 101 :	15
I-4-5-8 : Système 084 :	15
Conclusion :	15
I-5 : Philosophie électrique de la station GR3 :	15
I-5-1 Distribution des charges et utilitaires :	18
CHAPITRE II : le modele SAFT protect 3.31/xxx	
II.1-Introduction :	21
II.1.1-Les coupures de tension :	21
II.1.2-Les coupures brèves de tension et les creux de tension :	21
II.1.3-Les microcoupures :	22
II.1.4-Les surtensions :	22
II.1.5-La distorsion en tension :	23
II.2- Les différents types d'ASI :	23
II.2.1 -Les systèmes ASI en attente passive (passive standby UPS) :	23
II .2.2 -Les systèmes ASI en interaction avec le réseau (line-interactive UPS)	24
II.2.3-les systèmes ASI à double conversion (double conversion UPS) :	24
II.3-Architecture des convertisseurs et leurs modes de pilotage :	25
II.3.1-Description et fonctionnement :	26

SOMMAIRE

II. 3.2-Les constituants principaux du protect 3.31/xxx :	27
II.3.2.1-L'étage alternatif/continu :	27
II.3.2.2-La partie onduleur :	27
II.3.2.3- Le commutateur statique (CS)	27
II.3.3-Les éléments fonctionnels du protect 3.31 /xxx :	27
II.4-Modes de fonctionnement :	29
II.4.1-Fonctionnement avec alimentation par le réseau :	30
II.4.2-Fonctionnement en autonomie :	30
II.4.3- Fonctionnement sur by-pass de secours :	31
II.4.4- Fonctionnement sur by-pass manuel	31
II.5-Fonctionnement des interrupteurs de puissance :	32
II.5.1-Interrupteur Q28 :	32
II.5.2-Interrupteur Q1 :	32
II.5.3-Commutateur manuel de by-pass Q29 :	33
II.5.4-Contacteur de sortie onduleur K7 :	33
II.5.5-Le commutateur statique (CS) :	33
II.6-Entrées et sorties du protect 3.31/xxx	34
II.7-Compartiment de Raccordement	35
II.8-Description des circuits de puissance :	35
II.8.1- Vue d'ensembles de circuit de puissance d'entrée :	35
II.8.2-Vue général du système protect 3.31/xxx	37
II.8.3-Le filtre d'EMI :	37
II.8.4-Le redresseur :	38
II.8.5-Circuit PCF (power factor corrected, facteur de puissance corrigé) :	41
II.8.6-Sortie du redresseur vers les contrôleurs et la batterie :	42
II.8.7-L'onduleur :	43
II.8.7-Schéma bloc du commutateur statique :	43
 CHAPITRE III batterie d'accumulateur	
III –Introduction :	44
III.1- Paramètres batterie :	45
III.2-Caractéristiques générales	45
III.3-Types d'applications :	46
III.3.1-UPS :	46
III.3.2-Eclairage de sécurité :	46
III.3.3-Equipements auxiliaires et système de contrôle :	46
III.3.4-Télécommunications :	47
III.4-principe de la technologie a recombinaison des gaz :	47
III.5-caractéristique de la construction :	49
III.5.1-Les plaques :	50
III.5.2-Les bacs :	50
III.5.3-Les séparateurs :	51
III.5.4-L'électrolyte :	51
III.5.5-Les soupapes :	51

SOMMAIRE

III.5.6-Les bornes et les connexions :	51
III.6- caractéristiques techniques :	52
III.6.1-La capacité :	52
III.6.2-La tension par élément :	52
III.6.3-La capacité en relation avec la température :	53
III.6.4-Le court-circuit :	54
III.6.5-La résistance interne :	54
III.7-la capacité en relation avec le régime de charge :	54
III.7.1-Le circuit ouvert :	54
III.7.2 Le dégazage :	55
III.7.3-Le montage en parallèle :	55
III.8-La charge :	55
III.8.a-charge rapide :	56
III.8.b-charge d'égalisation :	56
III.8.c-charge floating :	56
III.9-Application sur le modèle étudié :	57
III.9.1.a- la charge flottante ou « floating »pour la batterie étudiée :	57
III.9.1.b-Décharge :	58
III.9.1.c-Tension d'EOD :	58
III.9.1.d-Tension d'arrêt / décharge profonde :	59
III.9.2.a-L'autodécharge :	60
III.9.2.b- La recharge après une décharge :	60
III.10-- La définition des batteries :	61
III.10.1-Le calcul :	61
III.10.2-Exemple :	62
III.11- Détermination des chantiers :	63
III.11.1-Exemple :	64
III.11.2-Exemple :	64
 CHAPITRE IV : <i>Modélisation et simulation du système</i>	
IV-Introduction :	66
IV .1-Architecture des convertisseurs et leurs modes de pilotage	66
IV.1.1- Convertisseur d'entrée	67
IV.1.2-Définition du Facteur de puissance :	69
IV.1.3-Influence de l'impédance de source et de la commutation :	72
IV.2- Convertisseur onduleur :	75
IV.2.1-Modélisation du convertisseur de sortie	76
IV.2.1.1-Principe d'un onduleur	76
IV.2.1.2-Fonction de connexion	76
IV-2-1-3 : Fonctions de conversion	78
V-3 : Commande MLI :	79
IV-3-1 : Onde MLI unipolaire	81
IV-3.2 : Modélisation par bilan des puissances :	82

SOMMAIRE

IV.4- La partie filtre	88
IV.4.1-Onduleurs classiques :	89
IV.4.2-Relation entre l'impédance de sortie et la fréquence :	89
IV.4.3-Onduleurs à Modulation de Largeur d'Impulsion (MLI) et régulation :	90
IV.4.4-Impédance de ligne et sa valeur	94
Conclusion :	95
 CHAPITRE V :	 <i>Choix, dimensionnement et installation d'une ASI</i>
V.1-Introduction :	97
V.1.1-Choix et dimensionnement de l'ASI :	97
V.1.1.1- Choix du système :	97
V.1.1.2- Dimensionnement de l'ASI :	98
V.1.1.2.1-Caractéristiques de tension et de courant en régime permanent :	98
V.1.1.2.2-Puissance instantanée en régime permanent :	98
V.1.1.2.3-Capacité de surcharge :	98
V.1.2- Choix et dimensionnement du stockage d'énergie :	99
V.1.2.1-Exemple :	99
V.1.2.2-Exemple :	99
V.1.3- Mode d'utilisation des ASI :	100
V.1.3.1- Les ASI monophasées compatibles avec les prises de courant 16 A	100
V.1.3.2- Les ASI de moyenne et forte puissance :	100
V.1.3.2.1 Choix du schéma des liaisons à la terre :	100
V.1.3.2.1.a-Exemple :	101
V.1.3.2.2- Raccordement des ASI au TGBT (tableau général basse tension) :	101
V.1.3.3- Installation de la batterie d'accumulateurs :	103
V.1.3.4- Lieu d'installation et bruit acoustique :	103
V.1.3.5- Pertes thermiques des ASI :	103
V.1.4 Différents moyens :	104
V.1.4.1-Communication par contacts secs :	104
V.1.4.2-Communication de type informatique :	104
V.1.4.3-Communication de type industriel :	104
V.1.5-surveillance et entretien du système d'alimentation :	104
V.1.5.1- Surveillance de l'ASI :	105
V.1.6- Maintenance de l'ASI :	105
V.1.6.1- Maintenance préventive :	105
V.1.6.2- Entretien de la batterie d'accumulateurs plomb-acide :	106
V.2.1-Mode d'installation :	106
V.2.1.1Système parallèle avec commutateur de transfert automatique CTA	106
V.2.1.2-Système parallèle avec coffret de mise en parallèle :	107
V.2.1.3-Système parallèle en cascade « haut standby » :	107
V.2.1.4-Système parallèle avec logique centralisée :	108

SOMMAIRE

V.2.3-Groupe de secours :	108
V.2.4-Interface ASI- groupe électrogène :	110
V.2.5-Installation des batteries :	110
V.2.6-Calcul de la ventilation :	111
V.2.7-Communication locale :	112
V.2.7.1-Communication ASI / utilisateur :	112
V.2.7.2-Communication série :	112
V.2.8-Réseau de communication :	112
V.2.8.1-Communication entre ASI et un centre d'assistance technique :	113
Conclusion :	113
Conclusion générale :	114
Bibliographie	
Annexes	

Introduction générale :

L'électricité est l'une des branches qui ont le plus progressées ces dernières années. Aussi concerne-t-elle aujourd'hui un univers très vaste qui s'est progressivement structuré, divisé en thèmes de recherches et en spécialités, l'électricité est devenue incontestablement un moyen de base pour le développement.

La production de l'énergie électrique se fait dans des centrales qui transforment d'autres formes d'énergies (nucléaire, éolienne, thermique, solaire ...) en énergie électrique. Après sa production, cette énergie passe par une étape de transport, puis de distribution pour arriver aux consommateurs. Ces deux étapes relient le point de production et le point de consommation de l'énergie électrique à travers des réseaux en haute moyenne et basse tension.

Lors du transport de l'énergie électrique, il est nécessaire de respecter certaines conditions de fonctionnement des réseaux électriques, faute de quoi les installations en place peuvent subir des dégradations prématurées de leurs matériels. Ce qui pourra provoquer des défauts de fonctionnement important. Ces conditions imposent l'élaboration d'un plan de tension qui respecte les limites admissibles de tension et de fréquence.

Les exploitants dans ce domaine s'efforcent de garantir une énergie électrique de bonne qualité et continuellement. Mais l'accroissement démographique crée de nouveaux points de consommation sur le réseau déjà dimensionné. Ce qui leur impose de faire fonctionner les réseaux de plus en plus proches de leurs limites.

Dans ce mémoire, nous allons définir les problèmes liés au transit de l'énergie dans leurs phases finales (phase de consommation). Qui sont certes nuisibles aux charges sensibles aux variations brusques de tension et de fréquence. Si nous trouvons un moyen de régulation de ses deux paramètres essentiels, qui sont la tension et la fréquence. Nous aurons de ce fait résolu le problème. Cette solution représente d'une manière générale le principe de régulation de tension, du filtrage des harmoniques et de maintien de l'énergie en cas d'absence de celle-ci sur le réseau, ce qui fait appel à des moyens capables de répondre aux échanges rapides et réversibles de puissance entre la source et les charges.

Le système étudié dans notre mémoire est un système de maintien d'alimentation sans échec (UPS) dans une station de compression de gaz intitulé HRM du projet ISG

Nous avons entrepris un plan de travail qui se résume essentiellement : à la description du projet ISG, la définition du système UPS (le SAFT protect 3.31/xxx), les batteries d'accumulateurs, la simulation des composantes du système, leurs dimensionnement, nous terminerons par l'illustration des différents modes d'installation de ce système.

Présentation de SONATRACH et de BP: [1]

SONATRACH (*Société Nationale de Transport et de Commercialisation des Hydrocarbures*), est une entreprise publique algérienne et l'acteur majeur de l'industrie pétrolière. Dès sa création en Décembre 1963, le rôle essentiel attribué à SONATRACH était de garantir un développement à l'Algérie dans le domaine des hydrocarbures secteur vital de l'économie nationale. Son objectif visait d'abord à générer des revenus externes mais aussi à faire face aux exigences et demandes futures en matière d'hydrocarbures en Algérie.

Elle est la première entreprise d'Afrique, avec un chiffre d'affaire plus de trois fois supérieur à celui de Old Mutual, classée deuxième. Elle est le 12^{ème} groupe pétrolier au niveau mondial, 2^{ème} exportateur de GNL et de GPL et 3^{ème} exportateur de gaz naturel.

Elle est la première entreprise d'Algérie. L'entreprise, qui emploie environ 50 000 salariés (120 000 avec ses filiales), produit à elle seule 30 % du PNB de l'Algérie. Son chiffre d'affaires s'élève à 61,2 milliards de dollars. Première entreprise d'Afrique par son chiffre d'affaires, elle a doublé celui-ci en 3 ans grâce à l'envolée du cours du brut.

La société **BP**, anciennement nommée *British Petroleum* puis **BP Amoco**, est une compagnie britannique de recherche, d'extraction, de raffinage et de vente de pétrole fondée en 1909. Après sa fusion avec Amoco, Atlantic Richfield (Arco) et Burmah Castrol, elle est devenue la plus grande société du Royaume-Uni et la troisième compagnie pétrolière mondiale. La division BP de Londres est évaluée à environ 50 milliards USD (environ 39 milliards d'euros). Internationalement, BP est présente dans plus de 100 pays et emploie environ 115 000 personnes (2006). À la fois par responsabilité sociale et pour garantir sa pérennité, la société investit depuis quelques années dans l'énergie solaire.

Le choix du slogan de la société BP, « *Beyond Petroleum* » (Au-delà du pétrole), serait dû à l'imminence du pic pétrolier. Il peut également être dû à l'action du groupe d'actionnaires militants Sane BP (dont Greenpeace fait partie), qui propose des résolutions environnementales depuis 1999 à chaque assemblée générale.

BP Amoco fut formée en 2001 par ce qui a été officiellement décrit comme la fusion de British Petroleum et Amoco pour éviter toute concurrence. Cependant, après un an d'opérations communes, les deux géants ont regroupé la plupart des opérations et se sont renommés BP.

I-1 : Introduction à l'ISG : [2]**I-1-1 : Généralités sur l'ISG :**

L'Entreprise Nationale Sonatrach et BP Exploration ont conclu un contrat d'association, connu sous le nom de In Salah Gaz (ISG), en vue de développer et de commercialiser le gaz de la région du District 3 (GR3) dans la zone centrale du Sahara algérien. Le projet In Salah Gaz concerne la mise en valeur de 7 champs gaziers principaux dont trois champs, notamment Krechba, Reg et Teg, seront initialement développés pour la phase de production "1er gaz" ; la production des quatre autres champs (Gour Mahmoud, In Salah, Hassi Moumene et Garet El Befinat) est prévue à une date ultérieure.

Le plan de développement est basé sur l'installation d'une unité de traitement centrale (CPF) à Krechba où le CO₂ est éliminé du gaz préalablement à la déshydratation et l'exportation du gaz par canalisation vers Hassi R'Mel. Les installations de traitement de Krechba comprennent également la collecte du gaz des champs gaziers de Krechba suivis des processus de séparation, de contrôle du point de rosée et de stabilisation de condensat. Des systèmes d'utilités et de support procédé appropriés sont également prévus au niveau de chaque station et de l'unité CPF de Krechba.

A Hassi R'Mel, le gaz est recomprimé et soumis à un comptage fiscal préalablement à son acheminement vers les collecteurs CNDG (centre national de distribution de gaz). Dans le but de :

- La baisse progressive des pressions de gisement, des compresseurs de champ et surpresseurs de ligne seront installés dans le futur à l'unité CPF de Krechba.
- La baisse de production des trois champs situés le plus au nord, qui commencera la mise en exploitation séquentielle des champs situés plus au sud. Au niveau des stations de production des champs sud, le gaz sera collecté, déshydraté et transporté dans un réseau de canalisations inter champs vers l'unité CPF de Krechba.

I-1-2 : Politique HSE : [3]

L'ISG s'est fortement engagé à respecter les normes HSE les plus rigoureuses dans les différentes activités et les phases du projet.

Les objectifs de la politique HSE de ISG visent à protéger les personnes, les installations et l'environnement, elles sont exprimées par les trois déclarations suivantes :

- Pas d'accidents, Pas d'incidents, Pas d'atteinte à l'environnement.

I-1-3 : Description du projet ISG :

Sept champs principaux ont été identifiés (Krechba, Teg, Reg, Garet el Befinat, Hassi Moumene, In Salah et Gour Mahmoud). Dans le programme de développement actuel,

Krechba, situé à environ 440 km directement au sud de Hassi R'Mel, est le champ localisé le plus au nord. Les autres champs principaux sont répartis dans une zone située à 250 km au sud de Krechba. La Figure I-1. Comporte un plan de localisation des champs de développement.

I-1-4 : Localisation des champs de développement In Salah :

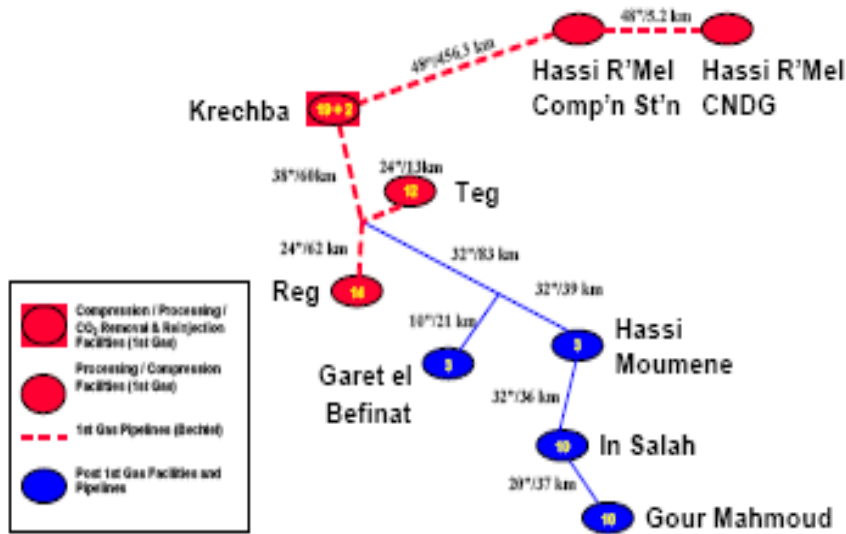


Figure I-1 :Le schéma conceptuel du projet

I-1-5 : Capacité de production ISG :

- La capacité totale de gaz de vente est de 9 milliards de mètres cubiques/an,
- Le taux de production horaire maximal est de 1.243.365 Cm³/h de gaz du District 3 livrés au CNDG, équivalent à 1.184.157 Cm³/h de gaz algérien (Algerian Blend).
- La totalité de la production de gaz du District 3 sera exportée de Krechba au moyen d'une canalisation (pipeline) de 456,30 km/48 pouces de diamètre vers une nouvelle station de compression auxiliaire, et unité de comptage fiscal situées à Hassi R'Mel près des stations de compression GR1/GR2 existantes d'où le gaz sera acheminé dans une ligne de 5,2 km/48 pouces de diamètre au point de raccordement du Centre National de Distribution de Gaz (CNDG).

I-1-6 : Composition du gaz ISG :

Les données sur la composition du gaz des gisements Teg et Reg et du gisement dévonien de Krechba indiquent que le gaz ne contient aucun volume d'hydrocarbures lourds libres tandis que le gaz du gisement carbonifère de Krechba contient des quantités limitées de matières de condensat légère (le gaz qui contient plus de 5 carbone dans sa molécule). Tous les gisements

contiennent diverses quantités de CO2 variant de 1,0 % molaire pour Krechba “C” à 9 % molaire pour Krechba “D”.

Les premières phases du projet comportent l’exploitation des champs suivant phase1 :

- **Krechba** : assure 25% du gaz, c’est le champ le plus important sur le plan d’installation et personnel. Parmi les procédés d’exploitation de ces gaz on trouve la séparation, la déshydratation, la décarbonatation et la réinjection de CO2.

- **Teguentourine (Teg)** : elle produit 50% de la totalité du gaz .Ces procédés d’exploitation sont : la séparation et à la déshydratation.

- **Reg** : ses procédés d’exploitations sont similaires à Teg mais assurant que 25% de la totalité du gaz.

- **HRM** : La station GR3 de Hassi R’Mel : la totalité du gaz des champs précédent est envoyée vers la station de compression GR3 de Hassi R’Mel à travers un pipeline de 450 Km de longueur et de 122 Cm de diamètre, le gaz est comprimé puis injecté vers le Centre National de Dispatching de Gaz (CNDG) pour l’exploration vers les marchés du sud de l’Europe.

I-1-7 : Capacité de calcul :

Les installations de production, de conditionnement et d’exportation de gaz de la phase 1 de Reg, Teg, Krechba et Hassi R’Mel sont conçues pour livrer au CNDG les quantités de gaz de vente d’exportation définies au tableau suivant :

Caractéristiques	quantités	Unités
Quantité annuelle contractuelle	9.10 ¹²	Cm ³ /an
Taux horaire moyen	1 027 397(gaz algérien)	Cm ³ /h
Facteur de charge	0.8676	
Taux horaire maximal	1 184 157	Cm ³ /h
Conversion de valeur calorifique	+5	%
Volume de gaz de vente de calcul	1 243 365	Cm ³ /h

Tableau I-1 : Taux de production et calcul de gaz de vente.

I-2 : Généralité sur le gaz naturel :

Le gaz naturel est un combustible fossile, il s'agit d'un mélange d'hydrocarbures trouvé naturellement sous forme gazeuse. Il représente la deuxième source d’énergie la plus utilisée dans le monde après le pétrole, et son usage se développe rapidement.

Le gaz naturel provient des couches géologiques du sous-sol où il se trouve soit seul, soit en association avec du pétrole. Il est issu de la transformation naturelle, durant des millions d'années des matières organiques.

Il est principalement composé de méthane (70% environ), un des hydrocarbures les plus simples d'un point de vue chimique. Le gaz naturel contient aussi d'autres composés, présents en proportions plus ou moins importantes selon les gisements. On y trouve des hydrocarbures plus lourds que le méthane mais aussi des composés inorganiques comme la vapeur d'eau, le gaz carbonique et des sulfures d'hydrogène (qu'il faut éliminer), et même de l'hélium. En comparaison avec d'autres énergies fossiles le gaz naturel est considéré comme une énergie plutôt propre et son état gazeux permet en outre l'obtention d'une combustion complète, les gaz de combustion ne contiennent presque pas d'hydrocarbures imbrûlés et peu de monoxyde de carbone (CO).

I-2-1 : Caractéristiques du gaz naturel :

Le gaz naturel possède des caractéristiques le spécifiant tels que :

I-2-1-a : La densité : qui est le rapport de sa masse volumique à celle de l'air dans les conditions normale de pression et de température.

I-2-1-b : Le pouvoir calorifique : qui est la quantité de chaleur dégagée par la combustion d'une unité de volume du gaz, mesurée dans les conditions normales. Le pouvoir calorifique pour le gaz naturel s'exprime en joules par mètre cube (J/m^3).

Il existe deux types de pouvoir calorifique.

I-2-1-c : Pouvoir calorifique supérieur (PCS) : Correspondant à la chaleur dégagée lorsque tous les produits de combustion (hydrogène ou produits d'hydrogène) sont ramenés à la température ambiante, l'eau formée étant à l'état liquide.

I-2-1-d : Pouvoir calorifique inférieur (PCI) : Correspondant à la combustion du gaz dans laquelle l'eau resterait à l'état vapeur.

Le **PCI** diffère du **PCS** d'une quantité de chaleur qui est égale à la chaleur latente de vaporisation de l'eau.

La composition chimique est utilisée pour l'étude de vaporisation. Elle sert aussi à calculer certaines propriétés du gaz en fonction de la pression et de la température (compressibilité, densité) et à définir les conditions de son traitement lors de l'exploration (extraction des produits liquides).

Le gaz naturel est classé selon la nature des phases en présence dans les conditions du gisement et de surface. Ceci conduit à distinguer les types suivants.

Gaz sec : ne formant pas de phase liquide dans les conditions de production, le gaz est concentré en méthane et contient très peu d'hydrocarbures lourds.

Gaz humide : formant une phase liquide en cours de production dans les conditions de surface, il est moins concentré en méthane.

Gaz à condensât : formant une phase liquide dans le réservoir en cours de production, la phase condensée est riche en constituants lourds. C'est le type de gaz qu'on retrouve à Hassi R'Mel.

Gaz associé : comprend le gaz de couverture (phase gazeuse présente en solution dans le pétrole) et les gaz dissous

I-3- Spécifications du gaz ISG :

Les installations de premier gaz produisent quatre produits principaux, à savoir : le gaz pour exportation, le condensat stabilisé, le gaz carbonique pour réinjection et l'eau pour évaporation. La production du gisement Krechba "D" commencera douze mois après la production du premier gaz. L'eau produite par ce gisement est fortement salée et sera réinjectée dans un gisement similaire au gisement carbonifère Krechba par le biais d'un puits d'injection d'eau spécial (Krechba K-9).

Le gaz de vente d'exportation produit sera conforme aux spécifications détaillées au Tableau suivant :

Spécification	Unité	Valeur
Pression maximal au CNDG	Bar Mano	71.00
Température maximale au CNDG	°C	50
Point de rosée d'eau		-10 °C à 80 Bar

Tableau I- 2 - Spécification de gaz d'exportation

Dans des circonstances normales, la production de condensat sera adaptée à la consommation par la gestion de la production des puits, notamment en arrêtant ou démarrant les puits ou par une augmentation de la production des puits de gaz pauvre aux dépens des puits de gaz riche. Normalement le condensat stabilisé sera entièrement utilisé au site de l'installation CPF de Krechba pour la production de chaleur et d'énergie.

Le tableau I.3 présente les spécifications sur la qualité du condensat pour ce projet.

Spécification	Unités	Valeur
Pression de vapeur réelle maximale	Bar abs	0.965 à 55°C
Teneur d'eau maximale	%vol	0.5

Tableau I- 3 – Spécification de condensat stabilisé

Pour des raisons de protection d’environnement, le gaz carbonique sera réinjecté dans un aquifère proche du site de Krechba comme le montre le tableau suivant :

Spécification	Valeur
Pression de réinjection de gaz	la condition de fond est de 175 bars manométrique l’injection au débit de calcul variera entre 206 à 290 bar au fond de puits dans l’aquifère pour la durée du projet
Teneur d'eau maximale	pour éviter la formation d’eau liquide/corrosion/hydrates dans le réseau de distribution

Tableau-I- 4 - Spécification de gaz de réinjection CO2

I-3-1 : Canalisations inter champs et d’exportation [2] [4]

La Figure I.2 illustrée ci-dessous comporte un schéma d’ensemble des installations de la phase 1 avec des informations clés sur les canalisations.

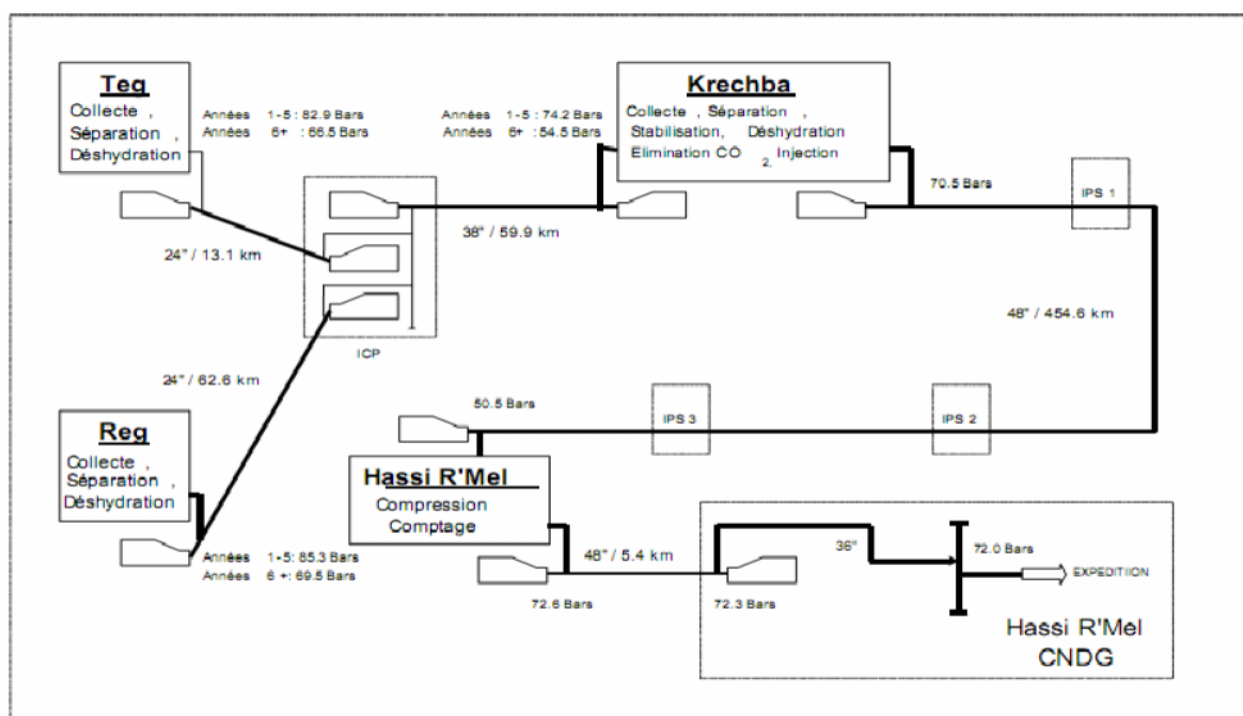


Figure-I 2 : Canalisation inter-champ

Le schéma illustre les différents sites composant le projet ISG, ainsi que les différentes opérations des procédés qui s'effectue au niveau de chaque'un.

TEG : séparation et déshydrations

REG : séparation et déshydrations

KBR : séparation, stabilisation, déshydratation, compression et élimination de CO₂

HRM : compression

I-4 - Présentation du site HASSI R'MEL : [1]

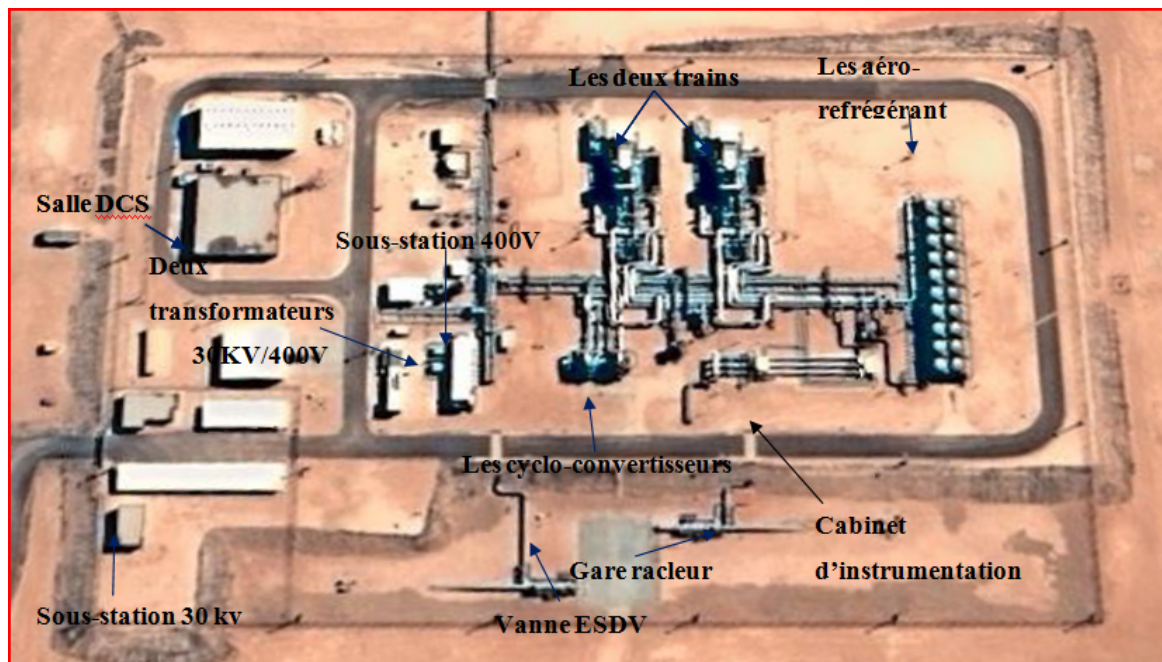


Figure I-3 : Vue du satellite de la station Hassi R'Mel

I-4-2 - Présentation générale de la station : [2] [4]

Après déshydratation et décarbonatation de gaz venant de Teg et Reg, il se mélange avec celui de Krechba et se transporte par des pipelines de 122 Cm de diamètre, il arrive à 50 bars à la station de compression GR3 et puis il est recomprimé à 72 bars par un compresseur centrifuge à deux étages après les procédés suivants :

Le gaz passe dans les cyclones séparateurs qui séparent le gaz des impuretés et de l'huile puis il entre dans les deux trains dont les compresseurs centrifuges le compriment et sort à 72 bars et il se refroidit par les aéro-réfrigérants, à la sortie il passe par le poste de comptage et il arrive à CNDG (par un pipeline de 5 Km) aux environ de 70 bars.

I-4-3 - Station de compression de Hassi R'Mel : [6] [2]

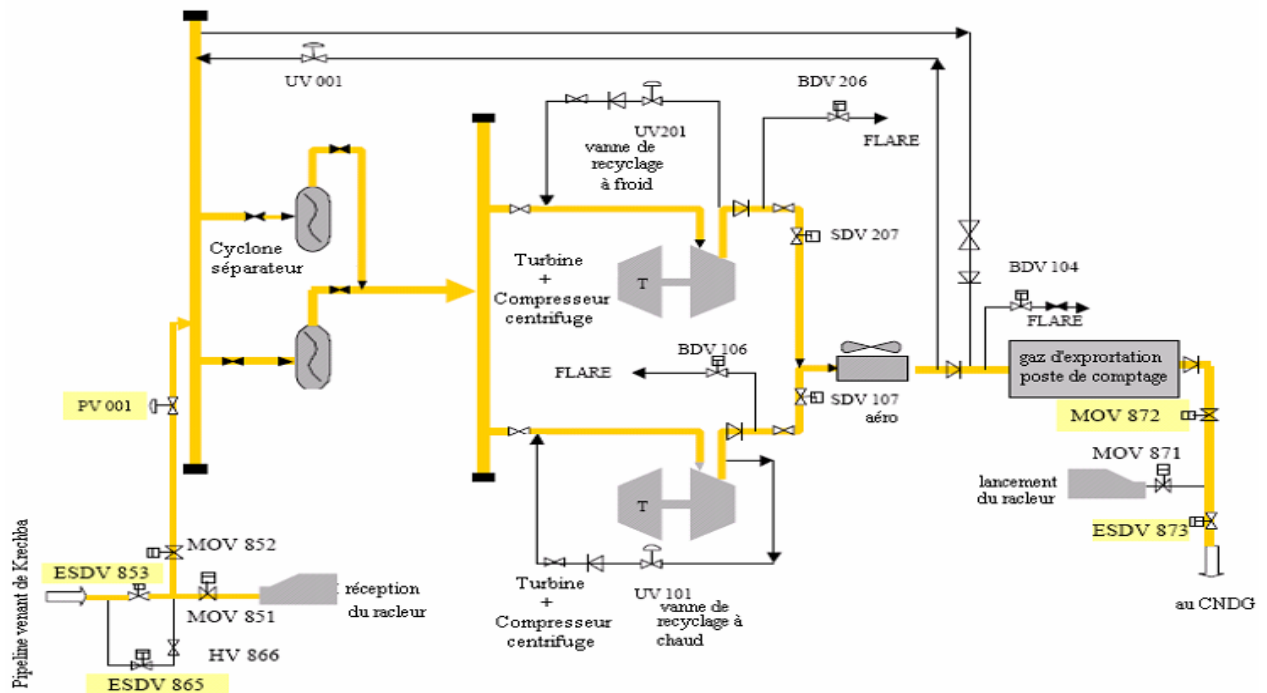


Figure I- 4 : Le schéma fonctionnel de la station Hassi R'Mel

Le gaz d'exportation traité est transporté depuis l'unité de traitement centrale de Krechba vers les installations de compression de Hassi R'Mel. La station de compression GR3 est située à environ 0,6 km au Sud- Ouest des stations de compression de ligne GR1/GR2 existantes et à quelques 5,2 km du point de raccordement aux collecteurs du CNDG.

Le gaz venant des unités de traitement centrales de Krechba arrive à l'unité de compression de Hassi R'Mel à une pression approximative de 50 bars absolus au débit nominal et à une température entre 20°C et 29°C représentant la gamme des conditions d'hiver et d'été.

La station de compression est conçue pour augmenter la pression et contrôler la température du gaz d'exportation au point de raccordement au CNDG respectivement à 71 bars manométriques et à 50°C (max).

I-4-4 : Description du système

La station de compression de Hassi R'Mel fonctionne normalement avec un seul compresseur à régime de 100% en service. Elle peut également être exploitée avec les deux compresseurs à régime de 100% fonctionnant à charge partielle et en parallèle.

Le gaz de qualité d'exportation est filtré dans un (ou les deux) des séparateurs à cyclone en parallèle à l'aspiration des compresseurs et est acheminé aux sur-compresseurs de ligne via un

collecteur commun. Une connexion de gaz combustible est prévue sur le collecteur d'aspiration commun relié aux compresseurs.

Le compresseur augmente la pression du gaz de 50 bars absolus approximativement à 74 bars absolus. Le gaz comprimé est ensuite refroidi dans l'aéro-réfrigérant complémentaire à 50°C dans tous les modes d'exploitation. L'aéro-réfrigérant complémentaire est conçu pour fournir une gamme de services opérationnels selon le mode de fonctionnement de la station de compression :

- Fonctionnement d'un seul compresseur au débit horaire maximum : 8 349 kW.
- Démarrage d'un seul compresseur en mode recyclage à un débit équivalent à 75% du débit horaire maximum : 15 064 kW.
- Fonctionnement de compresseur en parallèle en recyclage partiel à un débit de sortie de station équivalent au débit horaire maximum : 22 650 kW.

Une exploitation de compresseur en parallèle avec un débit de sortie correspondant au débit horaire maximum et un recyclage partiel pour éviter le pompage du compresseur détermine la puissance nominale (22 650 kW) de l'aéro-réfrigérant complémentaire. Le fonctionnement d'un seul compresseur est requis lorsque le débit de gaz de sortie de station tombe au-dessous de 80% approximativement du débit horaire maximum pour maintenir la température du gaz d'exportation venant du refroidisseur complémentaire inférieure à 50°C.

La température de refoulement du compresseur est de 63°C approximativement durant les mois d'été et inférieure à 60°C pendant l'hiver.

A partir de l'aéro-réfrigérant complémentaire, le gaz entre dans l'unité de comptage fiscal du gaz d'exportation. Cette unité est composée de trois lignes de comptage de qualité fiscale d'un diamètre de 24 pouces, à régime de 50%, comprenant des débitmètres à diaphragme et analyseurs de gaz pour mesurer le débit, la composition, la valeur calorifique, la teneur en H₂S et le point de rosée d'eau et d'hydrocarbure.

Chaque compresseur est entraîné par une turbine à gaz dédié à régime variable.

Le système de compression est configuré de manière à permettre la flexibilité requise pour adapter le fonctionnement de tout séparateur à cyclone à l'aspiration du compresseur à tout sur-compresseur de ligne. Une seule ligne de recyclage de débit minimum de gaz froid est prévu pour les deux compresseurs et le gaz recyclé est retourné au collecteur d'entrée de la station. Il y a également une ligne de recyclage de gaz chaud sur chaque compresseur pour assurer une protection anti-pompage dédiée et permettre la mise en régime de vitesse de régulation minimale en mode de recyclage chaud de la seconde machine avec la première machine en ligne.

Le gaz chaud recyclé est acheminé au collecteur d'entrée de la station pour permettre le mélange des gaz chauds avec du gaz plus froid au démarrage de la seconde machine.

Les filtres/séparateurs à cyclone verticaux sont conçus pour éliminer les particules supérieures à 10 microns. A partir de l'unité de comptage fiscal, le gaz quitte la station à environ 73 bars absolus et passe dans une ligne de gaz d'exportation de 48 pouces de diamètre et 5,2 km de longueur entre la station et le point de raccordement au collecteur du CNDG.

I-4-5 : Implantation de la station : [6]

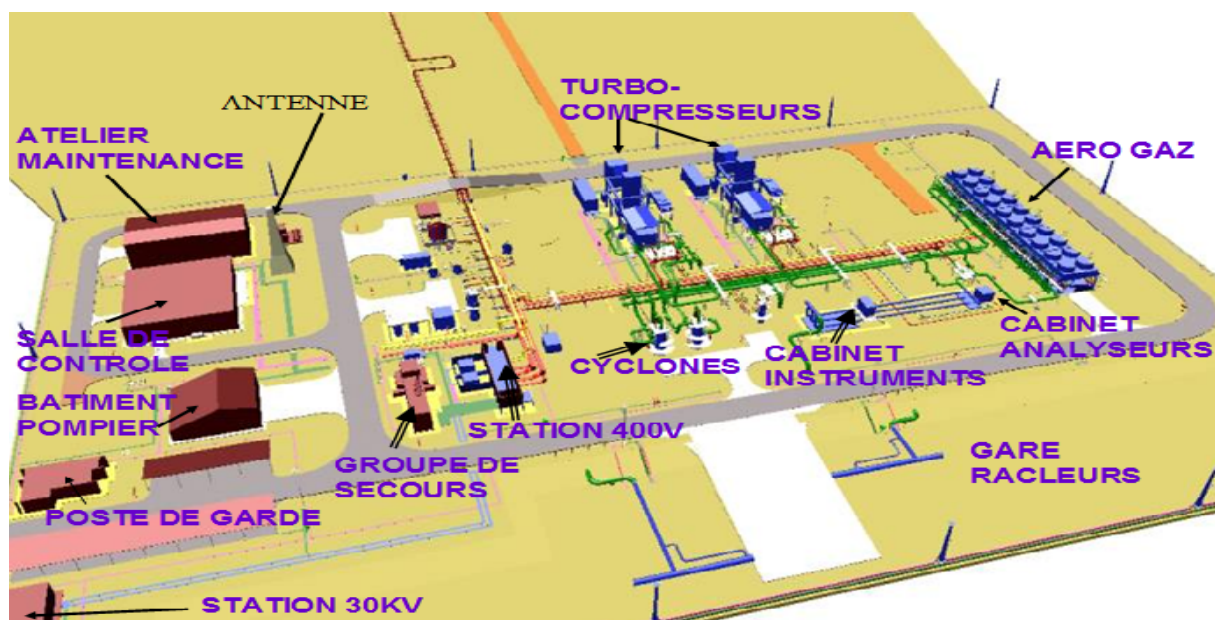


Figure I-5 : la station HRM

L'implantation de cette station est répartie comme suit :

I-4-5-1 : Système 43 - Torche HP [4]

Représente la totalité de décharge de gaz vers la torche .La station est équipée d'une torche froide balayée en continu à l'azote capable de brûler la totalité de gaz de l'installation en cas d'urgence. Les résultats mentionnés ci-dessous sont basés sur le débit de brûlage nominal et l'ignition simultanée. Les calculs ont été faits en fonction d'une vitesse du vent nominale de 12,3 m/s et une hauteur de colonne de 44 m (hauteur de la torche). En condition d'exploitation normale, il n'y a aucun cas de mise à la torche HP.

Débit (kg/h)	4,73 kW/m² Rayon de zone d'accès restreint (m)
856 674	150

Tableau I-5 : rayonnement de la torche HRM

I-4-5-2 : Systèmes 52 et 53 - Eau de service et Eau douce

Il représente respectivement les unités d'eau brute et de l'eau traitée alimentant les utilités de la station. L'unité de traitement d'eau comprend essentiellement un package d'ultra filtration et un module d'osmose inverse.

I-4-3 : Système 62 - Stockage et distribution de carburant diesel

Un système d'alimentation et de stockage de carburant diesel est prévu à la station de compression de Hassi R'Mel pour assurer l'alimentation en diesel au générateur de secours. Un générateur de secours est nécessaire en cas de défaillance du réseau d'alimentation principale. Les exigences de charge du générateur de secours sont résumées au tableau I.6.

Description de l'utilisateur	Puissance requise, kW
Compresseur d'air instrument	153
Alimentation d'eau de service/usine	16
Générateur de secours & Alimentation électrique	73
Bâtiments sur site (HVAC-Clim., etc.)	187
Utilisateurs divers	34
Sous-total	463
Marge d'augmentation	+ 20%
Total	556

Tableau I-6 : charge d'alimentation de secours

A Hassi R'Mel, le générateur de secours est dimensionné en fonction de la capacité de démarrer et d'exploiter un sur-compresseur sur perte du réseau SONELGAZ et autres charges D'alimentation de secours et a une puissance nominale de 1698 kW à une température ambiante de 40°C.

Le carburant diesel sera déchargé d'un camion-citerne au moyen d'un tuyau flexible armé relié à la tuyauterie d'aspiration de la pompe de transfert diesel, dans le bac de stockage de diesel brut. Ce réservoir cylindrique à pression atmosphérique à cuvette de protection est dimensionné pour un stockage de 5 jours avec le générateur de secours fonctionnant à pleine charge. L'unique pompe de transfert diesel sera utilisée par intermittence pour le transfert de carburant diesel au réservoir journalier du générateur de secours. Le débit de la pompe est de 10 m³/h. Pour protéger la pompe, un arrêt de niveau bas a été prévu via le système de commande centralisée (DCS). Le moteur du générateur de secours ne peut accepter du carburant diesel contaminé. Par conséquent, un coalesceur et pré filtre diesel est prévu en aval de la pompe de transfert diesel. Toute eau de contamination se dépose dans le réservoir de

stockage de diesel brut dont le fond a un revêtement anticorrosion sur un 1 mètre. Cette eau sera vidangée périodiquement dans des récipients par les opérateurs et évacuée hors site.

L'usage de carburant diesel est résumé au tableau I.7 ci-dessous.

Charge d'alimentation de secours	1698 Kw
Taux de consommation diesel	0,24 m ³ /h per MW
Usage de carburant diesel	0,408 m ³ /h
Capacité de stockage pour 5 jours	48,9 m ³

Tableau I -7 : usage diesel

La capacité de stockage de diesel brut fournie est de 50 m³. En plus, le générateur sera équipé d'un réservoir journalier dimensionné conformément aux exigences de la norme NFPA 20, section 8-4.3 (Capacité des réservoirs de combustible). Le niveau du réservoir de stockage est indiqué. Une alarme est activée sur niveau bas et une alarme sonore est déclenchée en cas de sur-remplissage du réservoir.

I-4-5-4 : Système 027 : Il est composé de :

- une station de comptage métrique du gaz d'exportation à travers trois lignes à orifices Daniel. Un cabinet de contrôle de qualité comprend des instruments en ligne ; deux chromatographes ; deux analyseurs de point de rosée eau et hydrocarbure, un analyseur H₂S. Le gaz est expédié au CNDG a une pression de 70 bars et une température maximale de 50°C.

I-4-5-5 Système 031 : Il est composé de :

- Deux turbocompresseurs (PGT25 DLE / PCL602).
- Une batterie de vingt aéro-réfrigérants.
- Deux séparateurs à cyclones à l'entrée des compresseurs.
- Une collecte de gaz et d'huile.

I-4-5-6 Système 070 (feu et gaz) :

Ce système contient plusieurs détecteurs de gaz et de feu repartis sur des sous systèmes couvrant la totalité de la superficie de l'usine .Une détection de feu ou de gaz est suivi par un arrêt dépressurisé de la station.

I-4-5-7 : Système 101 :

Il s'agit d'une unité de traitement des eaux usées par un processus aérobic avant d'injecter ces eaux dans une cuvette de rétention.

I-4-5-8 : Système 084 :

L'alimentation de l'usine en énergie électrique est assurée par un réseau Sonelgaz de 30KV. Un turbogénérateur de secours peut assurer la charge de l'unité en cas de perte de tension.

Conclusion :

Toutes les installations et équipement de la station HASSI R'MEL sont conçues pour garantir les conditions de sortie de gaz selon les exigences de la CNDG à savoir :

-*La qualité* : chose faite depuis les autres stations à savoir TEG REG et KRECHBA en final

-*La pression* : elle fixée

-*La température* : au maximal 50°C

I-5 : Philosophie électrique de la station GR3 : [7]

L'étendue des installations électriques pour ce projet couvre l'alimentation de courant électrique pour les unités de procédé, les utilités, les équipements d'instrumentation et de contrôle, les systèmes de télécommunication, les systèmes de sécurité, la protection cathodique et l'infrastructure locale comme le montre la figure I.6 suivante :

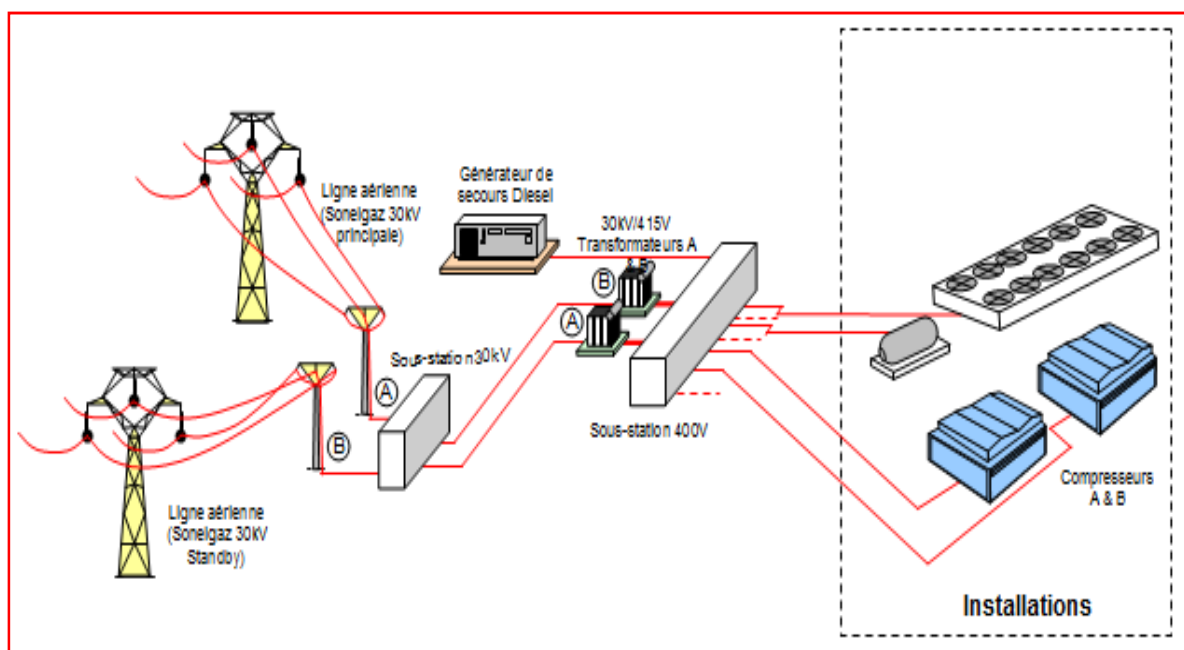


Figure I-6 : Vue générale de la distribution de l'énergie électrique de Hassi R'Mel

Le schéma ci-dessus illustre la distribution de l'énergie électrique dans la station Hassi R'Mel. Trois alimentations sont conçues, à savoir l'alimentation principale SONELGAZ avec deux lignes aériennes indépendantes en triphasés à la tension opératoire de 30 KV et une fréquence de 50 Hz. Comme toutes les charges fonctionnent avec une tension de 400V, deux transformateurs identiques abaisseurs **30 KV/0.415 KV** de type **DYn11** avec une puissance nominale de sont placés en parallèle pour fournir la tension d'appel (400V) avec laquelle fonctionnent les charges. Un système d'isolation conçu pour le transport des données de secondaire des transformateurs à la sous-station 400v appelé **bétobarre** voir les photos :



**Figure I-7-a : Transformateur
ALSTOM 30KV/0.415V**



**Figure I.7.b : Système
d'isolation en bétobarre**

En cas de coupure des deux lignes d'alimentation principale, un générateur de secours d'une puissance apparente de 2000 KVA est prévu pour garantir l'alimentation à la sous-station de 400V.



Figure I-8 : Générateur diésel de secours

En vue des perturbations rencontrées souvent sur l'alimentation principale (SONELGAZ), et le temps que met le générateur de secours pour un démarrage normal en cas de coupure d'alimentation. Une solution est prévue pour assurer la continuité d'alimentation de l'usine, et cela se fait en assurant le minimum strict des charges qui sont les utilitaires, tel que les moteurs des turbines, la salle DCS, les caméras de surveillances. Cette solution est le système

UPS qui est une interface entre le réseau d'alimentation et la charge. Et qui est l'objet de notre étude dans ce mémoire. Le système UPS a les caractéristiques suivantes :



Figure I.9.a : UPS vue de l'extérieur



Figure I.9.b : UPS vue de l'intérieur

Tension opératoire 400V à 50 Hz

Type Batterie : Nickel cadmium

Temps de décharge(Batterie) : 6hrs

Système de Batterie : Mono anodique

Ces trois sources garantissent une énergie électrique permanente à la sous-station 400V, qui est composée de :

2 Disjoncteurs d'arrivée A & B, à I_{cc} qui vaut 4000A/1s. Un Disjoncteur d'arrivée C du générateur de secours à I_{cc} de 3200A/1s. 3 Jeux de barre A, B et le jeu de barre essentiel C.

Courant nominal : 3200 A

2 disjoncteurs de section : A-B, 4000A & B-C, 3200A Courant de court circuit : 80 kA

Voltage opératoire & tolérance : 400V 3ph, $\pm 10\%$. Fréquence opératoire & tolérance : 50 Hz $\pm 5\%$ Tension de circuit de commande : 110V AC via le transformateur de contrôle interne.

La sous-station 400V est la cellule principale dans la philosophie de distribution, contrôle et commande de toutes les charges confondues de la station de compression. Les sections des trois jeux de barre A, B et C supportent un courant nominal d'ordre 4000A et une tension de 400V, chaque jeu de barre est arrangé de manière à effectuer les différentes opérations de contrôle et de commande. Voir le diagramme de distribution dessous



Figure I-10 :Sous-station 400V

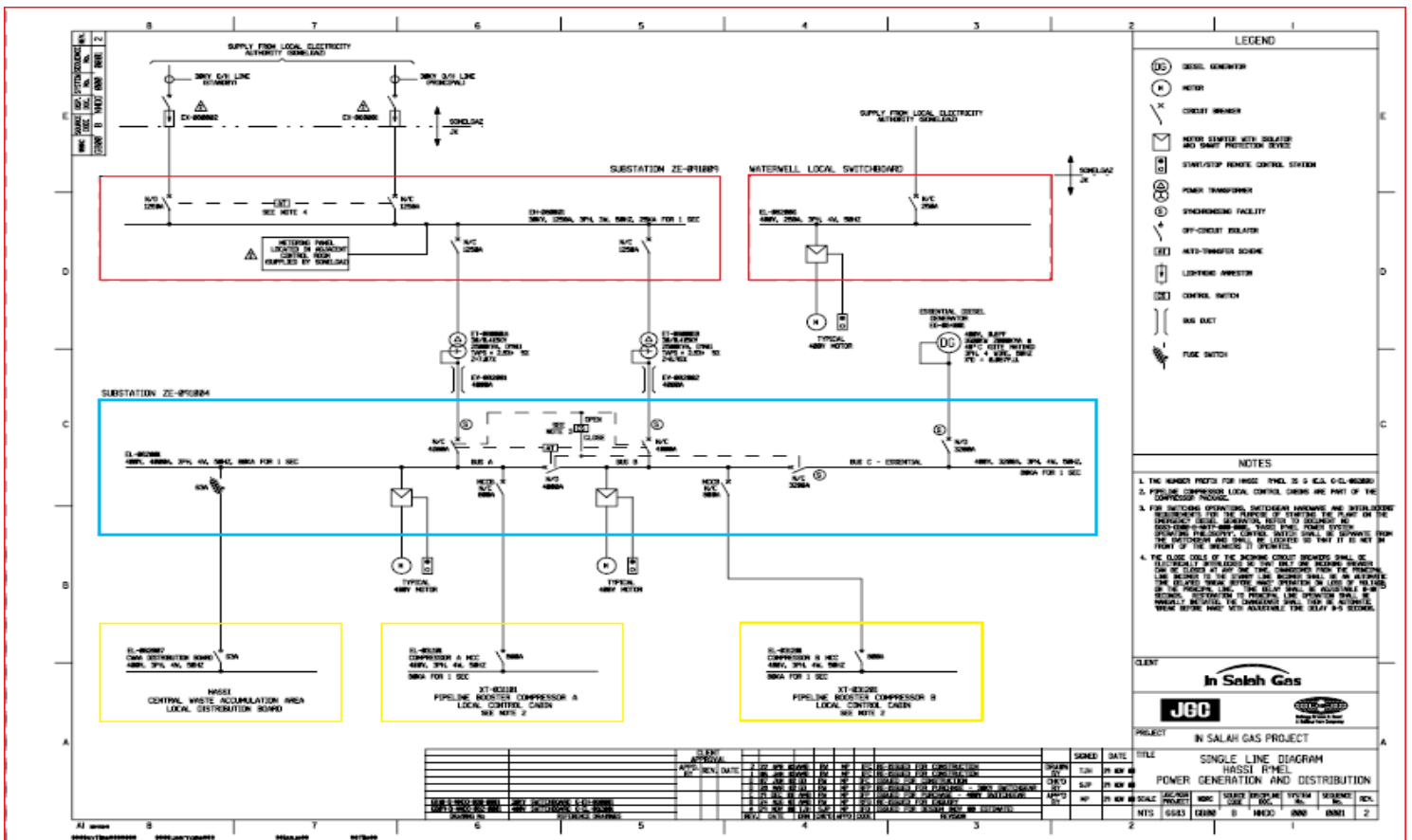


Figure I-11 : Diagramme de distribution et production de l'énergie électrique [6]

I-5-1 Distribution des charges et utilitaires : Comme l'indique la sous-station 400v constitués des armoires bloc et chaque bloc comporte des moteurs de commandes et de control indiquant les départ et arrivée de chaque charge et ils sont repartis sous un ordre alphabétique allant de A jusqu'à Z, ces armoires sont parcourues par les trois jeux de barre A, B et C.

Le jeu de barre A : contient les équipements de train 1 (turbocompresseur + ses utilités) qui sont repartis comme suit :

Bloc	Charges	caractéristiques
A	02 aéro-refrigérant de gaz	P=37 KW
	Tableau de commande de thyristors de gaz combustible	I=315 A
B	08 aéro-refrigérant de gaz	P=37 KW
C	Alimentation de la turbine à gaz	800A
	Cabine militaire	63 A
	02 Alimentation sortie de soudure	
	Tableau de distribution de gaz d'accumulation	
	Centrale de déchet	63 A
	Centrale de cabine d'instrumentation	
	Mesure fiscal de gaz d'exportation	
D	Arrivée transformateur A	S=2500kw, 30Kv 0.415V
E	Disjoncteur A/B de couplage de jeux de barre	In=4000A

Jeux de barre B : contient les éléments de train 2

F	Arrivée de transformateur B	S=2500 Kw, 30KV/0.415V
G	Alimentation de la turbine de compresseur pipeline	In=800 A
	03 spare	In=32 A
	Moteur pour pont roulant d'atelier d'entretien	In=16 A
	Cabine de mesure fiscale de gaz d'exportation	In=63 A
	Sortie de soudure	In=63A
	Tableau de distribution	
	Groupe de torche	In=4A
	Unité de tableau de lancement de la s-station de chauffage/ventilation/climatisation	In=100A
H	08 aéro-refroidisseur de gaz dont 5 sont en marche	P=37 Kw
	Dérivation d'alimentation d'UPS pour la télécommunication de CPF	
I		
J	02 aéro-refroidisseurs	
K		
L	Disjoncteur B/C	In=3200 A
M	Presse pour l'entrée de générateur de secours	
N	Entrée C de générateur de secours	

Jeux de barre C : il comporte les différents utilitaires

P	chambre de presse d'arrivée de générateur de secours	
	pompe de transformation d'eau d'usine	
	pompe de traitement d'eau fraîche	P=4 KW, $\eta=69\%$
	tableau de commande de traitement d'eau fraîche	P=5.5 KW, $\eta=75\%$
	pompe de transfert diesel	In=63 A
	cellule photo-électrique	P=1.5 KW
	tracéage électrique	In=100 A
	alimentation libre	
	groupe générateur de gaz inerte	In=63 A
	02 démarreurs de rechange (en arrêt)	In=63 A
	UPS cc d'appareils de commutation de 30KV	P=5.5 KW
UPS de commutation 400V	In=16 A	
Alimentation de bâtiment de commande de service		
R	Poste de garde	In=63 A
	Tableau de commande des arrivées	In=32 A
	Bâtiment pour les véhicules de secours	In=63 A
	Tableau de distribution essentiel de la s-station 400V	In=80 A
	02 Pompe à eau usée(en arrêt)	P=1.3 KW
	Alimentation de bâtiment de commande de secours	In=450 A
	Tableau de distribution essentiel pour la s-station 30KV	In=63 A
	Alimentation de lanceur de scraper	In=32 A
	Unité de lancement de chauffage HVAC	In=100 A
S	Dérivation d'UPS à CA pour la télécommunication	In=125A
	02 Tableau de commande de compresseur d'air de champ	In=400A
T	Tableau de commande de générateur diésel de secours	In=160A

Comme l'indique cette distribution, il y a des utilitaires très sensibles à la moindre coupure ou instabilité à l'instar des instruments de télécommunication et commande DCS. Pour palier à ce genre de problème une solution est engagée dans ce sens qui est l'UPS. Ce dernier assure une alimentation maintenue sans échec.

Dans ce qui suit nous allons détailler ce système allons de son mode de fonctionnement, ses constituant et son architecture.

II.1-Introduction : [11] [12]

Les alimentations sans interruption (ASI) sont des interfaces entre le réseau électrique et des charges sensibles.

Les ASI statiques, apparues au début des années 1970, ont été le résultat de L'arrivée d'une technologie, celle des semi-conducteurs de puissance, et du besoin d'avoir des alimentations électriques de qualité pour alimenter les grands centres informatiques de gestion. Depuis et avec l'apport de l'électronique de puissances, Les ASI ont suivi d'importantes évolutions, Notamment dans :

- Les technologies, en particulier dans le domaine des semi-conducteurs de Puissance.
- Le développement de l'informatique et de la micro-informatique, pour Répondre à ces besoins, l'offre en ASI s'est élargie pour se situer actuellement en puissance de quelques centaines de voltampères à plusieurs centaines de kilo voltampères.
- De l'extension des réseaux informatiques, l'ASI est considérée comme un Périphérique d'application. Ce qui lui impose le pouvoir de communiquer avec ces réseaux.

Dans ce chapitre nous parlerons des ASI statiques pour charge alternative, appelées communément onduleurs. En langue anglaise, l'équivalence de l'ASI est le terme UPS « Uninterruptible Power Supply ».

Pour assurer la continuité de service, les ASI mettent en œuvre des accumulateurs chimiques d'énergie, plomb-acide ou cadmium-nickel appelés batterie.

Avant la présentation et l'étude des ASI, voici un bref aperçu des perturbations rencontrées Sur les réseaux électriques.

II.1.1-Les coupures de tension : Elles correspondent à une absence du réseau pendant plus d'une minute (black out), et cela engendre des conséquences néfastes sur les charges sensibles

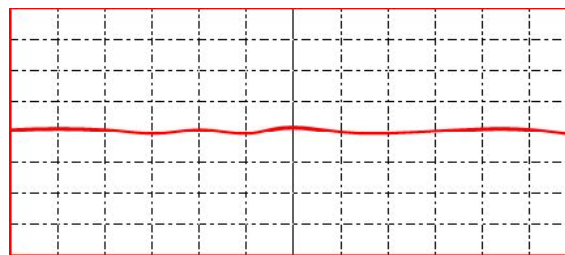


Figure II.1 : Coupure de tension

II.1.2-Les coupures brèves de tension et les creux de tension : Sont des phénomènes de 10ms à quelques dizaines de secondes entraînant une baisse de tension pouvant évoluer de 10 % à 100 % de la valeur nominale. Par exemple, on peut citer la permutation de source à la

suite d'un défaut sur une arrivée moyenne tension, l'enclenchement de transformateurs ou le démarrage de moteurs.

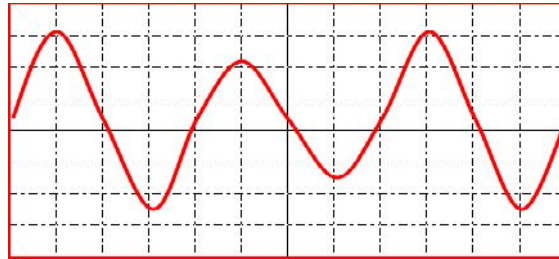


Figure II.2 : Les creux de tensions

II.1.3-Les microcoupures : Sont les perturbations transitoires inférieures à 10 ms.

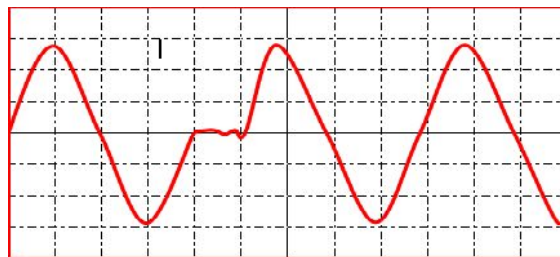


Figure II.3 : Les microcoupures

II.1.4-Les surtensions : Ils peuvent être générées par l'enclenchement ou le déclenchement de charge sur le réseau moyenne tension (MT). Elles sont transmises au réseau basse tension (BT) par les transformateurs MT/BT.

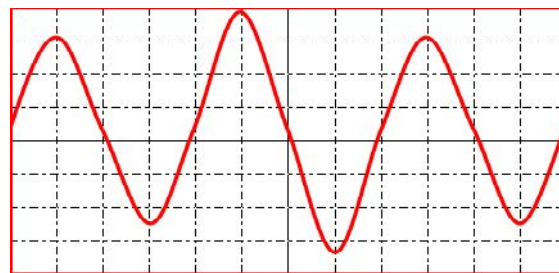


Figure II.4 : les surtensions

II.1.5-La distorsion en tension : Elle provient des charges non linéaires qui génèrent une distorsion en tension fonction de l'impédance du réseau. Le niveau de distorsion peut annuler la marge de compatibilité entre la source et la charge alimentée.



Figure II.5 : la distorsion en courant

II.2- Les différents types d'ASI : [12] [8]

Les alimentations sans interruption peuvent se présenter sous 3 catégories :

II.2.1 -Les systèmes ASI en attente passive (passive standby UPS) :

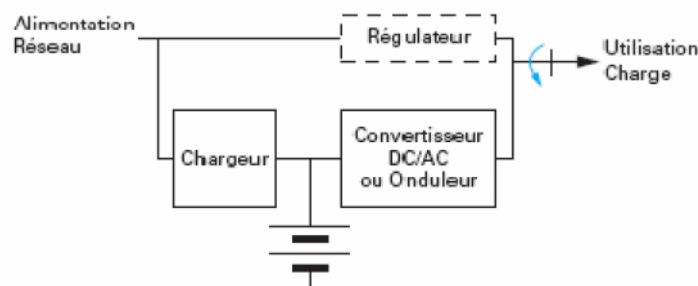


Figure II.6 : ASI en attente passive

Dans le langage courant, ces ASI sont appelées Off-Line. Dans ce système d'interface représenté sur la figure II.6, l'utilisation (la charge) est alimentée normalement par le réseau. L'ensemble onduleur chargeur de batterie est en attente passive. La charge est basculée sur l'ensemble convertisseur courant continu/courant alternatif (DC/AC) de secours-batterie d'accumulateurs, lorsque la tension et la fréquence du réseau sont incompatibles avec la charge. Le temps de basculement entre les deux voies est de l'ordre de quelques ms. Le chargeur assure la recharge et le maintien de charge de la batterie.

Dans ce type d'ASI, un dispositif de régulation de la tension sur la voie principale permet d'avoir de meilleures performances, c'est-à-dire :

- Une précision en tension de $\pm 5\%$ en sortie de l'interface ;
- Un fonctionnement sur le réseau avec une plage de tension élargie à $\pm 25\%$ (tension de tolérance).

Lorsque cette fonction de régulation de tension est insérée sur la voie normale, en discontinu sur la figure II.6 (ligne de régulation), celle-ci peut être réalisée par un autotransformateur à

commutation de prise automatique permettant ainsi d'adapter la tension du réseau à la charge par abaissement ou élévation de la tension.

II .2.2 -Les systèmes ASI en interaction avec le réseau (line-interactive UPS)

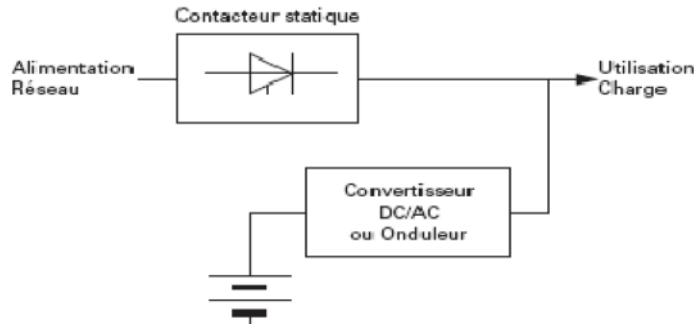


Figure II.7 : ASI en interaction avec le réseau

Ce système, schématisé sur la figure II.7 se différencie du précédent par :

- L'absence de basculement entre deux sources : l'ensemble convertisseur-stockage d'énergie est relié en parallèle avec le réseau et en permanence. Le convertisseur DC/AC fournit l'énergie à la charge si la tension d'alimentation n'est pas compatible avec les performances exigés par la charge.
- L'absence du convertisseur pour la recharge de la batterie : lorsque le réseau est présent, le convertisseur DC/AC remplit la fonction de recharge et de maintien de charge de la batterie d'accumulateurs.

Dans ce cas de figure, le convertisseur DC/AC doit donc être réversible en puissance. De plus, la fonction de pilotage doit se faire avec un fonctionnement permanent en parallèle avec l'alimentation.

Dans ce type d'ASI (en interaction avec le réseau), une impédance peut être mise en série sur le réseau pour assurer la régulation de la tension d'utilisation.

-En cas de défaillance du système, le contacteur statique isole celui-ci de l'alimentation.

II.2.3-les systèmes ASI à double conversion (double conversion UPS) :

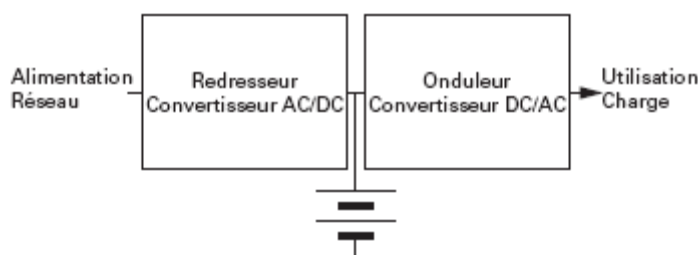


Figure II.8 : ASI a double conversion

Dans le langage courant, ces ASI sont appelés On-line parce que le système de secours, situé en série entre le réseau et la charge, est actif en permanence.

Sur la figure II.8 qui est une représentation simplifiée, la charge est alimentée en permanence en alternatif par un onduleur à partir d'une source de tension continue, elle-même alimentée par le réseau via un redresseur. En cas de défaillance du réseau, la puissance est fournie par les batteries d'accumulateurs. Ces systèmes à double conversion, reconstituent en permanence un réseau alternatif et permettent de maîtriser les performances de tension et de fréquence.

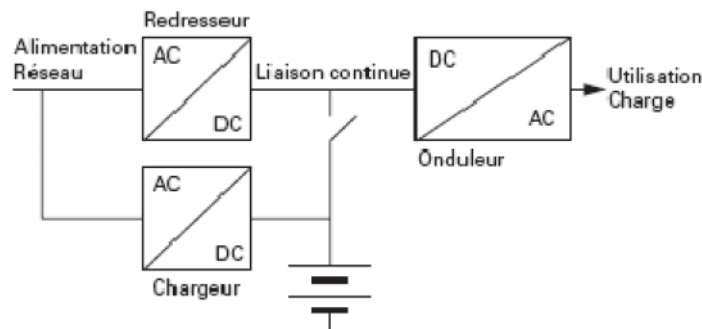


Figure II.9 : ASI à double conversion Chargeur indépendant

La figure II.9 présente un chargeur indépendant du redresseur. Dans ce cas la, le basculement sur la batterie se fait au moment de la disparition du réseau. La batterie est indépendante du bus continu, ce qui est un avantage pour gérer le maintien de la charge de la batterie, contrairement à la figure II.8 où les accumulateurs sont reliés en permanence au réseau.

II.3-Architecture des convertisseurs et leurs modes de pilotage : [8] [10] [14]

Nous allons détailler l'architecture des différents convertisseurs et montrés leurs mode de pilotages.

Deux modèles d'alimentation sans interruption sont utilisés dans la station GR3 de Hassi R'Mel à savoir le modèle TELETECNICA, et le SAFT PROTECT 3.31/xxx 120 KVA, ce dernier est l'objet de notre étude.

Ce modèle est composé par les blocs suivants :

- **Un étage alternatif/ continu** : A partir du réseau, il fournit une tension continue qui sera utilisée pour alimenter la batterie et le mutateur.
- **Un mutateur** : Il fournit, à partir de la tension continue du chargeur ou de la batterie, une tension alternative régulée en tension et en fréquence. Il découpe la tension continue en

impulsions modulées en largeur de façon à fournir après filtrage, la tension sinusoïdale exigée en sortie.

- **Un contacteur statique :** Il permet de transférer l'utilisation sur la voie de secours sans interruption en cas de défaut, ou de sortie de la tension de sa plage de tolérance. L'utilisation (la charge) est alors alimentée à travers le contacteur statique à thyristors. Dès que la tension de sortie du mutateur est revenue dans la plage de tolérance permise. L'utilisation est automatiquement re-transférée sur l'onduleur.

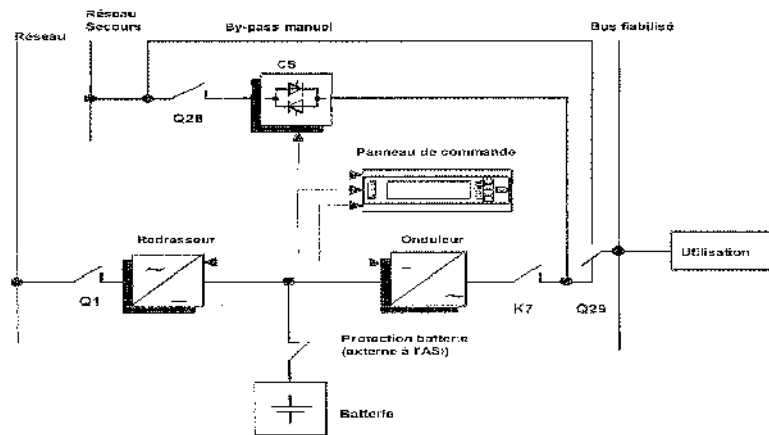


Figure II. 10 : Schéma du modèle protect 3.31/xxx

II.3.1-Description et fonctionnement :

Le protect 3.31/xxx est adapté à une gamme étendue d'applications, du fait de l'utilisation de composants électroniques largement dimensionnés. Il se distingue par sa fiabilité opérationnelle extrêmement élevée, son rendement optimal et sa possibilité de communication avec les autres systèmes grâce à ses interfaces.

Tout le control électronique du protect 3.31 /xxx est basé sur l'utilisation d'ensembles de microprocesseurs spécialisés. L'intégration logique et les liaisons entre les différents ensembles de tout le système, permet de spécifier les propriétés de l'appareil. En fournissant les paramètres adéquats au logiciel de l'appareil (COMPUWACH).

L'échange d'information entre les différentes composantes et l'utilisation se fait via un bus fiabilisés (bus CAN). Ce bus possède une immunité élevée aux interférences, il est souvent utilisé pour des applications industrielles.

II. 3.2-Les constituants principaux du protect 3.31/xxx : [8] [10]

II.3.2.1-L'étage alternatif/continu : constitué de

- Pont tout thyristors et circuit de commande.
- Self de filtrage.
- Composante de filtrage pour la batterie.
- Filtre de suppression des interférences.

II.3.2.2-La partie onduleur : avec

- Pont onduleur IGBT avec circuit de commande.
- Filtres de suppression des interférences.

II.3.2.3- Le commutateur statique (CS) : avec

- Bloc tout thyristors et circuit de commande.
- Filtres de suppression des interférences.

-La Figure II .10 montre le principe de fonctionnement de l'ASI. Le redresseur alimente l'onduleur et la batterie par l'intermédiaire de la tension continue. L'onduleur convertit la tension monophasée. Dans le cas d'un défaut du réseau, l'alimentation de l'utilisation est maintenue sans interruption grâce à la batterie. La fiabilité de l'ASI est augmentée par le commutateur statique de by-pass (CS), qui en cas de défaut de l'onduleur ou de fin de décharge batterie commute sur le réseau de secours sans aucune interruption.

II.3.3-Les éléments fonctionnels du protect 3.31 /xxx : [8] [10]

Ils sont illustrés sur les figures II-11 et II-12 :

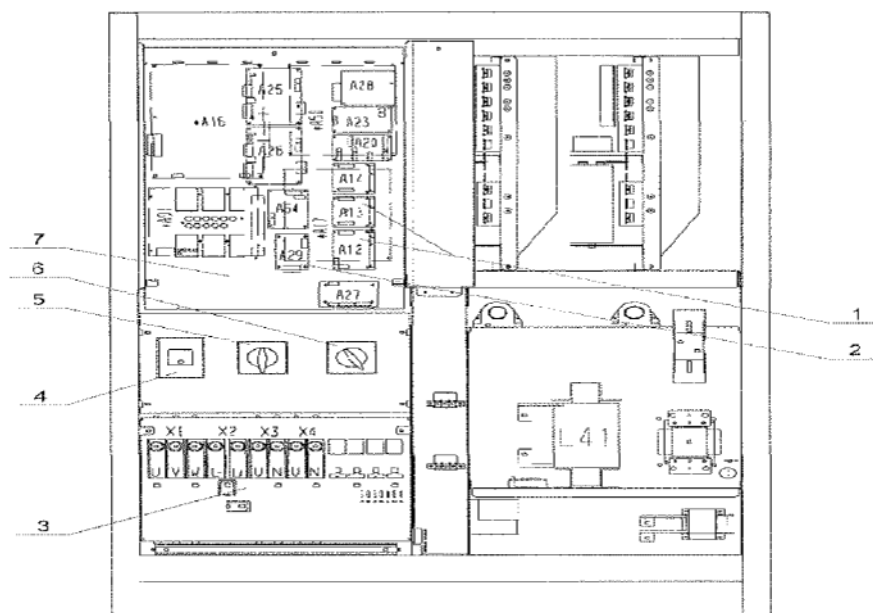


Figure II- 11 : Les éléments fonctionnels

- 1- signalisation à distance (standard et extensions).
- 2- interface RS232C.
- 3- bornes de raccordement redresseur, secours, batterie de sortie.
- 4- Q1, interrupteur circuit redresseur.
- 5- Q28 interrupteur circuit by-pass(CSB).
- 6- Q29, commutateur de by-pass manuel.
- 7- CI optionnels, fusibles auxiliaires pour le contrôle et les ventilateurs

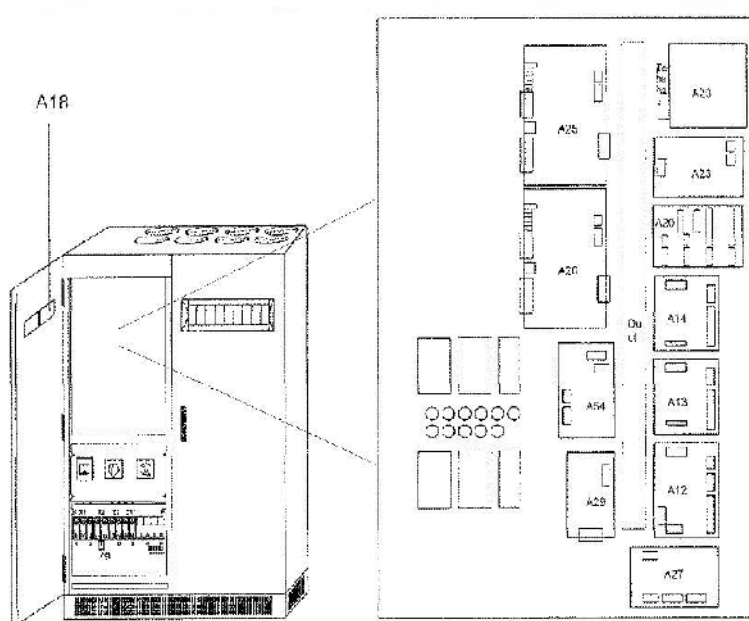


Figure II.12 -Carte situées sur la platine pivotante de l'unité de contrôle

repère	Désignation
A12	Carte principale de signalisation à distance
A13	Carte d'extension de signalisation à distance
A14	Carte 2 d'extension de signalisation à distance
A18	Carte de commande et d'affichage
A20	Adaptateur pour fonctionnement en parallèle
A23	alimentation 24V à courant alternatif
A25	Adaptateur réseau SNMP (simple network management protocole)
A27	Carte parallèle bus CAN
A28	Alimentation 12 V à courant continu de réseau SNMP A25
A29	Carte RS232C (recommended standard)
A54	Carte contrôle charge batterie/température

La figure II.13 montre les positions des cartes de contrôle situées à l'intérieur de l'appareil. La platine pivote après avoir retiré les écrous de fixation.

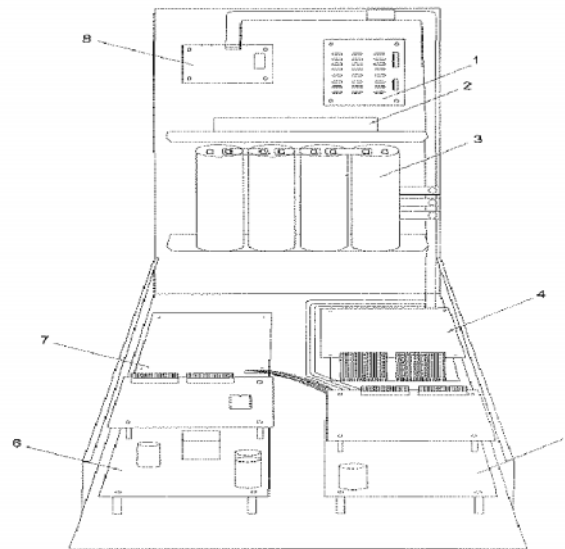


Figure II.13- Cartes situées à l'intérieur de la platine pivotante

numéro	repère	désignation
1	A1-A80	Déclencheur redresseur
2	A1-A1	Déclencheur onduleur
3	C42	Condensateur (selon puissance)
4	A17 A17-A1	Interface et contrôle onduleur
5	A50 A50-A1	Interface et contrôle redresseur
6	A16 A16-A1	Interface et contrôle CS
7	A91	Protection fusible et gestion ventilateur (face avant)
8	A1-A36	Déclencheur CS

Légende de la figure

II.4-Modes de fonctionnement : [8] [10]

Le protect 3 .31/xxx fonctionne avec quatre modes différents :

- Fonctionnement avec alimentation par le réseau.
- Fonctionnement en autonomie.
- Fonctionnement sur voie de secours.
- Fonctionnement sur le by-pass manuel.

II.4.1-Fonctionnement avec alimentation par le réseau :

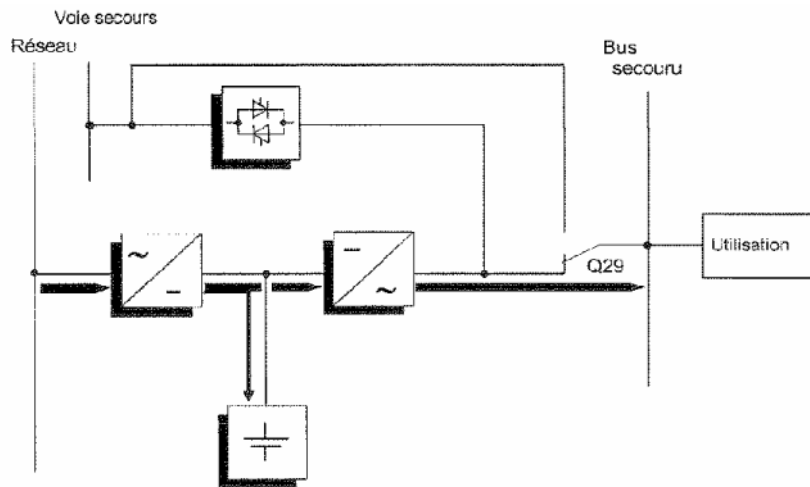


Figure II- 14 : Synoptique de fonctionnement par réseau

Le redresseur est alimenté par le réseau et convertit la tension alternative en une tension continue stabilisé .cette tension continue sert à charger ou à maintenir la charge de la batterie. L’onduleur convertit cette tension continue sécurisée en une tension sinusoïdale stabilisée qui alimente l’utilisation.

II.4.2-Fonctionnement en autonomie :

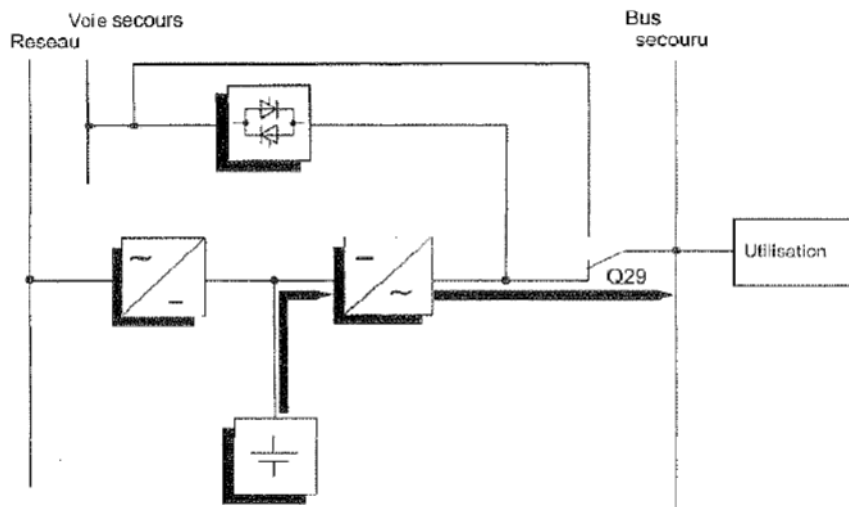


Figure II. 14 : Synoptique de fonctionnement en autonomie

Le réseau est absent ou en dehors des plages de tension ou fréquence. Dans ce cas, la puissance est fournie sans interruption à l’onduleur par l’intermédiaire de la batterie. Le temps d’autonomie est déterminé par l’état de charge des batteries et leurs capacités (Ah). L’onduleur s’arrête quand la tension de la batterie atteint une valeur prédéterminé. Quand la

tension et la fréquence reviennent dans les plages normales, le redresseur redémarre automatiquement. Il fournit alors à nouveau la tension continue d'alimentation de l'onduleur et assure la recharge des batteries

II.4.3- Fonctionnement sur by-pass de secours :

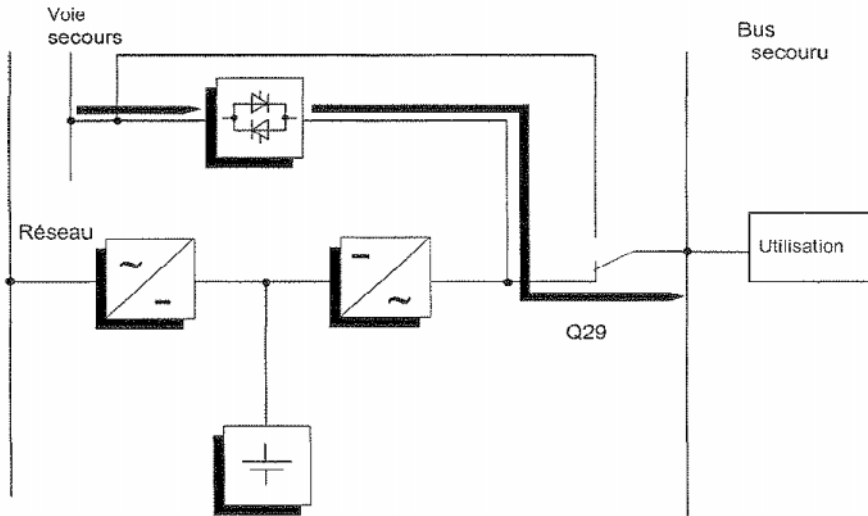


Figure II-15 : Synoptique de fonctionnement sur by-pass de secours

A la fin de la décharge de la batterie, ou bien de défaut sur la voie d'alimentation par le réseau et la voie de secours .La puissance est alors fournie à l'utilisation via le commutateur statique. Le commutateur statique est un dispositif électronique situé entre la voie de secours et l'utilisation .Le circuit de synchronisation du commutateur statique contrôle la fréquence et la phase de la tension onduleur afin qu'elles soient synchronisées avec celle du réseau.

II.4.4- Fonctionnement sur by-pass manuel

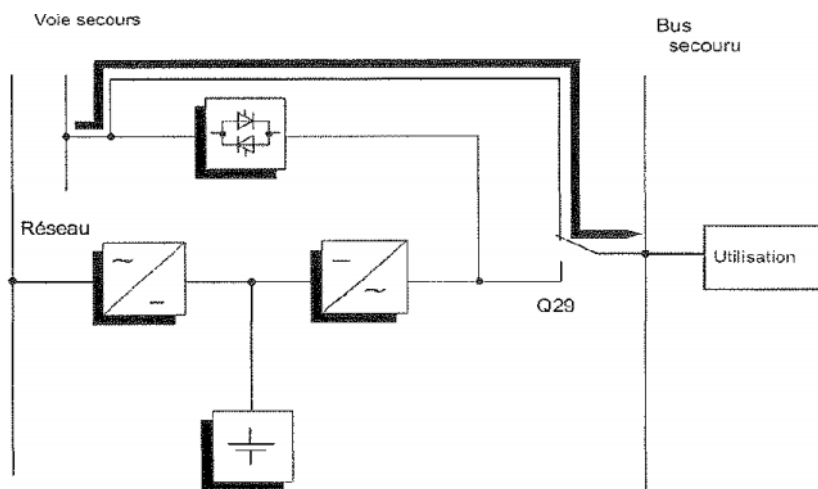


Figure II.15 : Synoptique de fonctionnement sur by-pass manuel

Le by-pass manuel permet au personnel de maintenance et de service d'intervenir sur le protect 3 .31/xxx.

NB : le commutateur manuel de by-pass Q29 ne peut être manœuvré que quand l'onduleur est arrêté. En cas de défaut sur la voie de secours, en mode by-pass manuel, l'alimentation de l'utilisation n'est plus assurée.

II.5-Fonctionnement des interrupteurs de puissance : [8] [10]

II.5.1-Interrupteur Q28 :

Il est placé sur le circuit d'alimentation du coté de la voie de secours du commutateur statique (figure II.9).

Le commutateur statique peut être déconnecté de la voie de secours par l'interrupteur Q28 pour des raisons de maintenance ou de service.

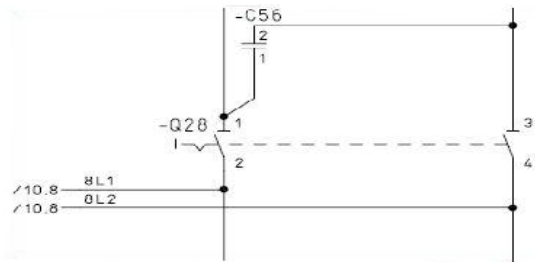


Figure II.16- Synoptique de l'interrupteur Q28

II.5.2-Interrupteur Q1 : [8] [12]

Il est placé sur le circuit d'alimentation réseau coté redresseur (figure II.10). La bobine à émission de Q1 déclenche son ouverture en cas de défaut (exemple : court-circuit) afin que le redresseur soit isolé de son circuit d'alimentation. Pour toute intervention de maintenance ou de service, le redresseur peut être déconnecté de l'alimentation par Q1 et par ouverture du circuit de protection de la batterie.

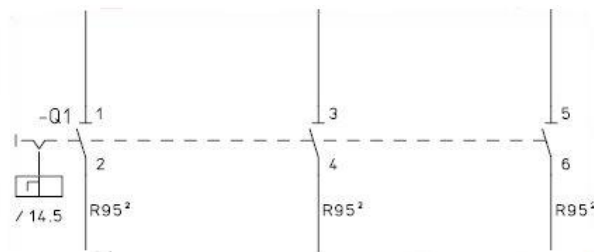


Figure II.17-Synoptique de l'interrupteur Q1

II.5.3-Commutateur manuel de by-pass Q29 :

Il permet de commuter l'utilisation sur le réseau de secours du commutateur statique .La commutation n'est possible que si l'onduleur a été arrêté et le commutateur statique activé. «Il faut noter que la position normale de Q29 est l'utilisation sur le mode onduleur /commutateur statique".

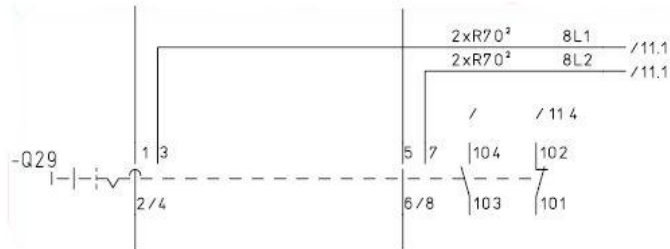


Figure II.18-Synoptique de l'interrupteur Q29

II.5.4-Contacteur de sortie onduleur K7 :

Il permet de déconnecté l'onduleur de l'utilisation, ou bien la mise en arrêt de la voie de du fonctionnement par le réseau et la voie de secours par l'utilisateur.

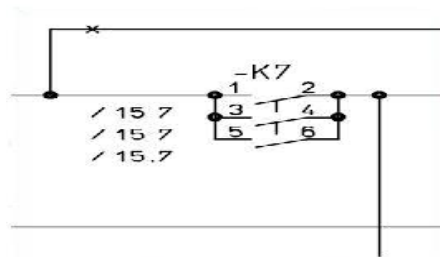


Figure II.19-Synoptique de l'interrupteur K7

II.5.5-Le commutateur statique (CS) :

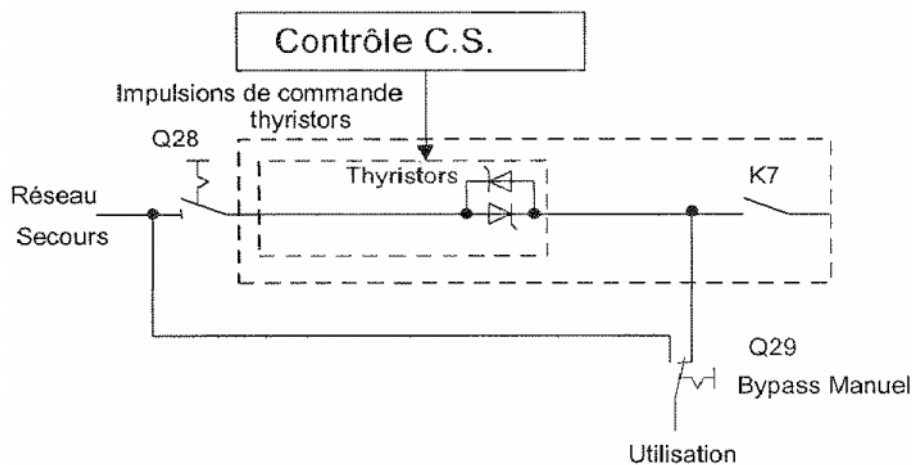


Figure II.20 : Principe de contrôle du commutateur statique

Le circuit de contrôle du commutateur statique surveille la tension de sortie de l'ASI (utilisation) en cas de défaut ou d'une surcharge sur l'onduleur, il transfère l'utilisation sur la voie de secours sans interruption. L'utilisation est alors alimentée à travers le contacteur statique à thyristors. Des que la tension de sortie de l'onduleur est revenue dans la plage de tolérance permises, l'utilisation est automatiquement re- transférée sur l'onduleur. Le transfert peut être effectué manuellement par l'opérateur en procédant à un arrêt ou une mise en marche de l'onduleur.

Le circuit de contrôle du commutateur statique gère la synchronisation de la tension de sortie avec la voie de secours. En absence de synchronisation, le commutateur statique est bloqué. Il est aussi bloqué lorsque la tension et la fréquence de la voie de secours ne sont pas dans les plages de tolérances, se qui va engendrer le blocage du basculement du mode du fonctionnement par réseau ou mode de la voie de secours .dans ce cas là, la remise en marche du système UPS nécessite une intervention manuelle pour la réinitialisation et cela en fermant l'interrupteur Q28 afin de remettre en marche l'onduleur.

II.6-Entrées et sorties du protect 3.31/xxx [8] [10]

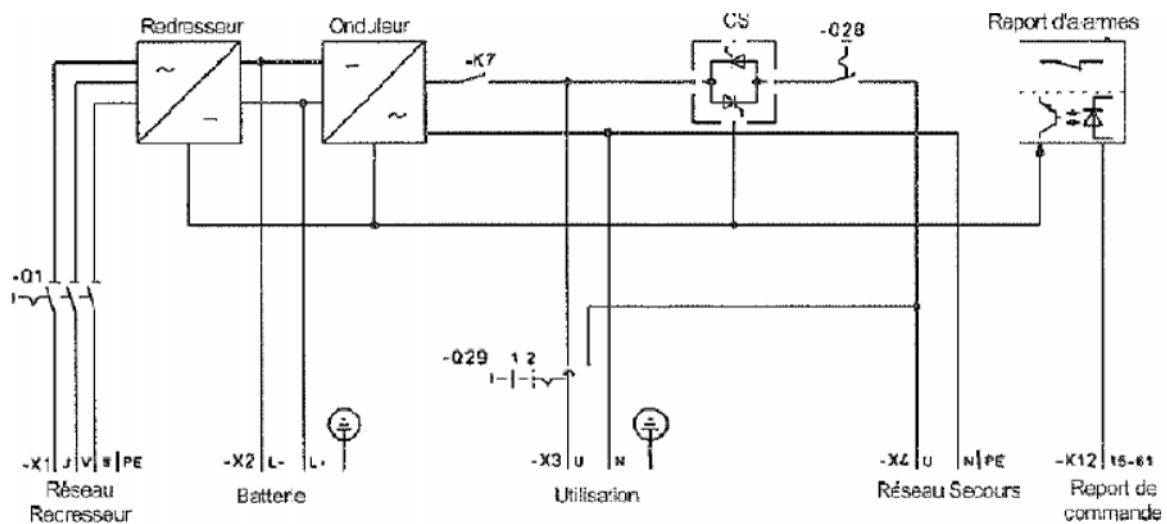


Figure II. 21 : Raccordement du protect 3.31/xxx

Les borniers de X1 à X4 sont des entrées d'alimentation. Le raccordement de deux circuits indépendants pour l'alimentation du redresseur et la voie de secours (by-pass) ou l'utilisation d'une source d'alimentation unique sont possible. La batterie est raccordée sur X2 et l'utilisation sur X3

II.7-Compartment de Raccordement [8] [10]

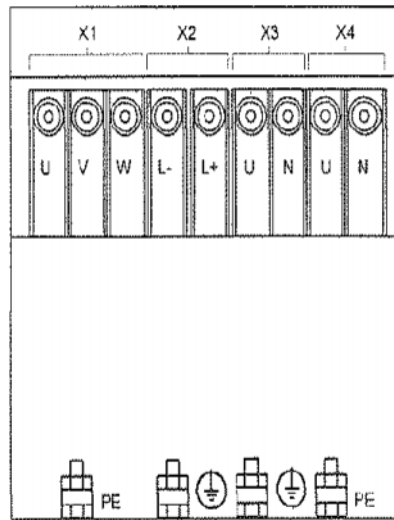


Figure II.22 : Raccordement des câbles utilisation, réseau et batterie

Le raccordement se fait comme suite toute en respectant les polarités de la batterie et le sens de rotation des phases :

- X1 c'est celui du réseau redresseur.
- X2 pour le raccordement de la batterie.
- X3 pour le raccordement de l'utilisation.
- X4 pour celui du réseau de secours

II.8-Description des circuits de puissance : [8] [10]

II.8.1- Vue d'ensembles de circuit de puissance d'entrée :

Le protect 3.31/xxx est proposé en huit modèles de puissance : 10, 20, 30, 40, 60, 80, 100, 120 KVA comme le montre le cahier de charge suivant :

Type	10 kVA	20 kVA	30 kVA	40 kVA	60 kVA	80 kVA	100 kVA	120 kVA		
Tension d'alimentation en V	3 x 400 V ± 15%									
Fréquence d'entrée redresseur en Hz	45-66 Hz									
Courant d'entrée batterie en charge en A	22	43	63	84	125	166	206	247		
Courant d'entrée batterie en floating en A	17	34	51	67	100	132	167	200		
Courant de sortie redresseur I AGR en A	25	50	75	100	150	200	250	300		
Tension continue intermédiaire (Batterie)	192 éléments plomb à 2,27 V / élément = 435 V									
Tension de sortie en V (neutre)	230 V (réglage de 220 à 240 V en option)									
Courant de sortie en A	43	87	130	174	260	348	435	522		
Fréquence de sortie en Hz	50 ± 0,05 (60 ± 0,06 en option)									
Taux d'harmonique global en % à puissance nominale en sortie	< 3%									
Capacité de surcharge	1., x I nom pendant 1 minute 1.25 x I nom pendant 10 minutes				I court – circuit =2,7 x I nom					
Pertes en kW	0,79	1,58	2,09	2,78	4,17	4,82	6,02	7,32		
Dimensions en mm sans anneaux de levage										
Armoire	Hauteur		1700		1700		1700		1900	
	Largeur		600		750		1200		1200	
	Profondeur		675		675		675		900	
Hors tout	Hauteur		1710		1710		1710		1990	
	Largeur		610		760		1210		1210	
	Profondeur		730		730		730		955	
Poids en kg	280		320		560					
Avec option 12 pulses					760					

Tableau des données techniques

Les modèles (10, 20, 30, 40 KVA) sont conçus pour recevoir, en interne une batterie en option avec une autonomie de fonctionnement donnée. En cas d'exigence supérieure à cette durée fournie par la batterie intégrée, des armoires externes sont disponibles en option d'extension. Même les autres modèles peuvent être complétés par une ou plusieurs armoires batterie externes optionnelles afin d'allonger cette durée d'autonomie et répondre ainsi aux exigences.

La conception d'un circuit de puissance pour les modèles 60 jusqu'à 120 KVA correspond à celle de 10 jusqu'à 40 KVA avec plusieurs composants additionnels, qui sont :

- Tous les disjoncteurs sont remplacés par des commutateurs isolants.
- Fusibles intégrés installés dans l'entrée principale du circuit redresseur.

II.8.2-Vue général du système protect 3.31/xxx

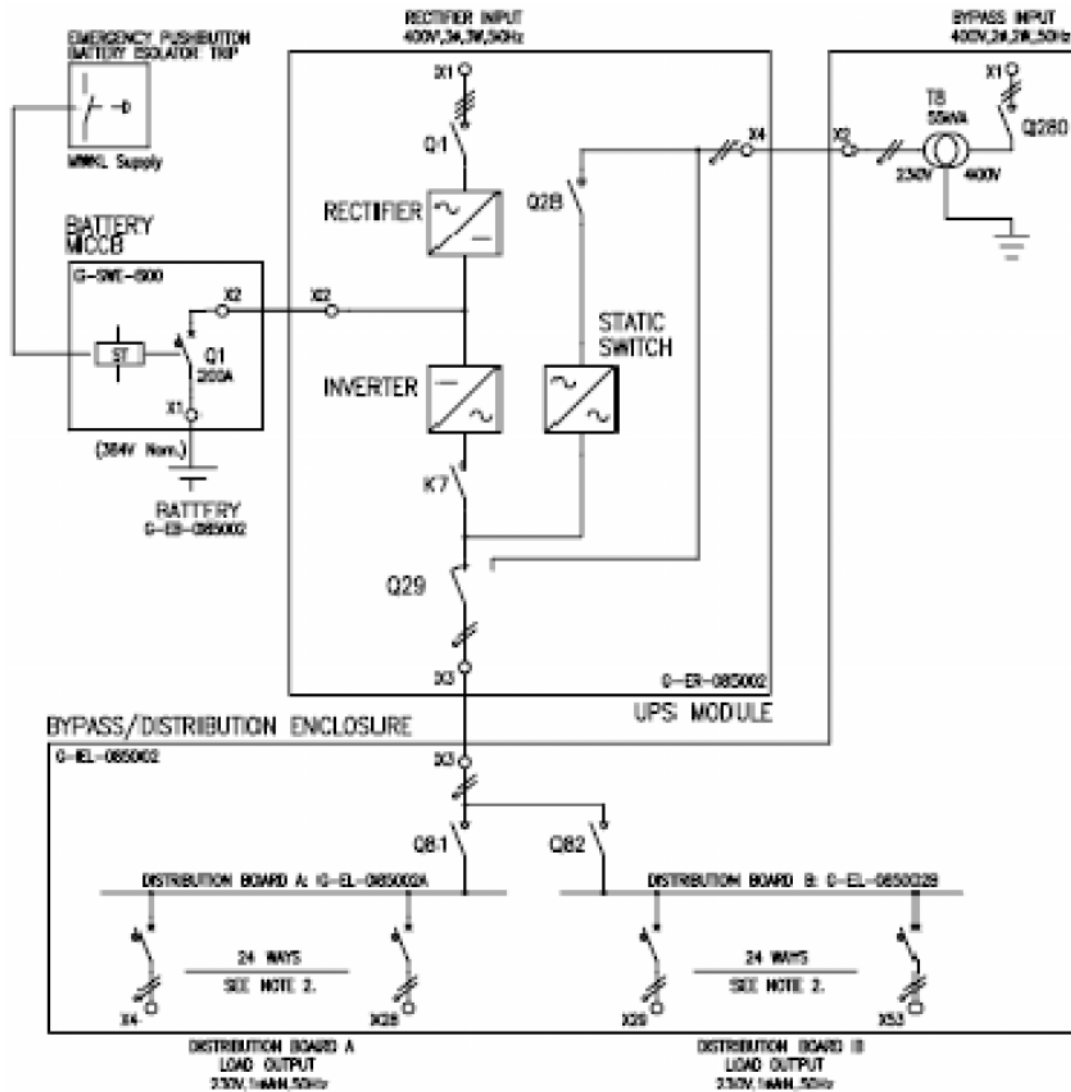


Figure II.23- Le modèle UPS 3.31/xxx et la boîte de distribution

II.8.3-Le filtre d'EMI : [8] [10] [11]

Le filtre EMI (electromagnetic interference) est un circuit électronique passif utilisé pour supprimer l'interférence électromagnétique présente sur n'importe quelle puissance. Il peut être employé pour supprimer l'interférence produite par le dispositif lui-même aussi bien que pour supprimer l'interférence produite par d'autres équipements pour améliorer l'immunité d'un dispositif aux signaux d'IEM actuels dans son environnement électromagnétique.

La figure II.24 ci contre montre le filtre EMI utilisé dans ce modèle protect 3.31/xxx.

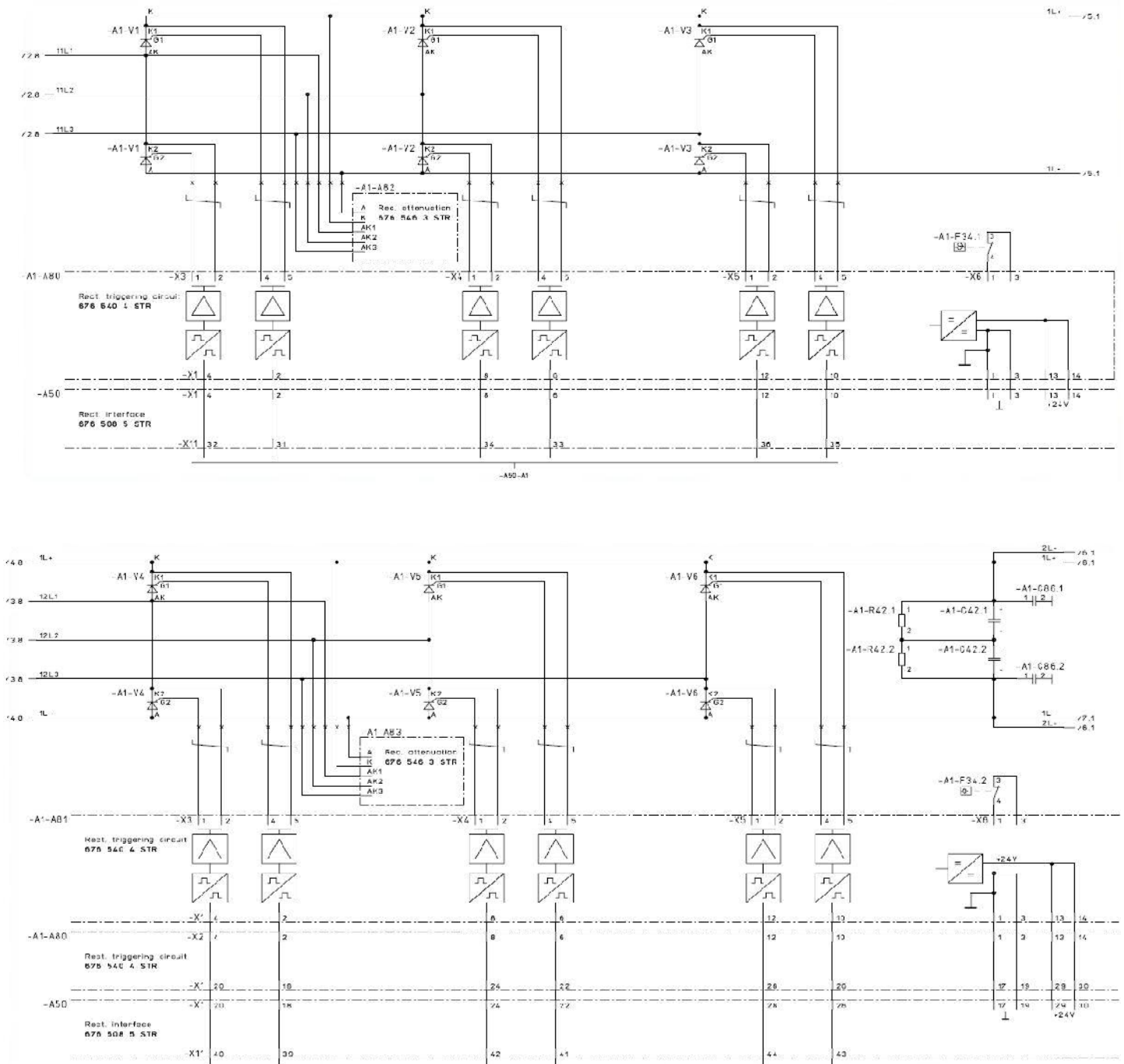


Figure II.25-Les deux redresseurs de l'UPS protect 3.31/xxx

Avec un facteur de puissance proche de 1, le redresseur limite au maximum la consommation active en entrée et permet ainsi de réduire le dimensionnement des câbles de la protection électrique, des groupes électrogènes ou des facteurs d'électricité en amont de l'ASI.

L'inductance d'entrée du redresseur est une solution palliative qui permet une atténuation de l'ensemble des harmoniques. [11]

Il consiste à insérer une inductance de filtrage L_f en amont du redresseur de l'ASI, qui s'ajoute à l'inductance totale L_s de source (générateur + câblage). Ceci permet de réduire la

distorsion d'un facteur :
$$\frac{L_s}{(L_s+L_f)}$$

$TDHU(A) = \frac{TDHU(B)}{(L_s+L_f)}$; (TDHU : taux de distorsion harmonique de tension).

Le TDHU en A est le plus souvent sensiblement la moitié de celui en B (voir figure suivante).

Cette inductance constitue le filtre de base de toutes les ASI. [13]

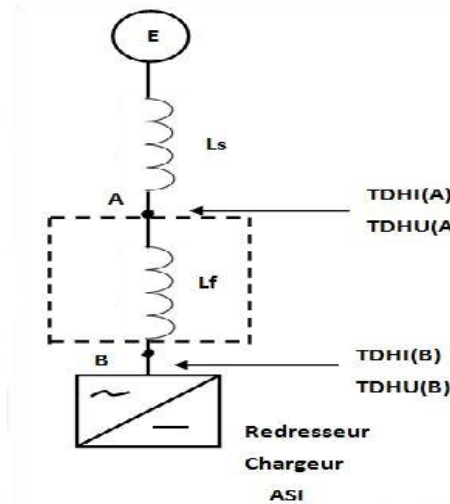


Figure II.26-l'insertion d'une inductance supplémentaire L_f en amont de l'ASI

La technologie du système de contrôle est numérique : Elle permet une surveillance parfaite et bien plus détaillée et précise qu'avec les systèmes électroniques analogiques traditionnels. Ces caractéristiques permettent à l'ASI de fournir une alimentation électrique parfaite dans de nombreuses conditions. L'ASI utilise un redresseur FPC (facteur de puissance corrigé) à contrôle vectoriel pour améliorer deux paramètres de grande valeur. L'un est la THD (distorsion harmonique totale), du courant en entrée $< 3\%$ (et l'autre le facteur de puissance d'entrée $(FP) \geq 0.99$). Le premier garantit des flux d'alimentation en amont quasiment propres, évitant ainsi la pollution et les dommages sur d'autres charges semi-critiques reliées au bus de distribution de l'alimentation en amont. Tandis que le deuxième garantit l'optimisation de l'alimentation active. Ce qui réduit ainsi les coûts d'exploitation (en terme de factures d'électricité moins élevées) et participe à l'optimisation de l'investissement dans un groupe électrogène (en réduisant sa taille).

Nombre de fabricants remplacent aujourd'hui la commande analogique par des contrôleurs de signaux numériques (Digital Signal Processing-DSP)

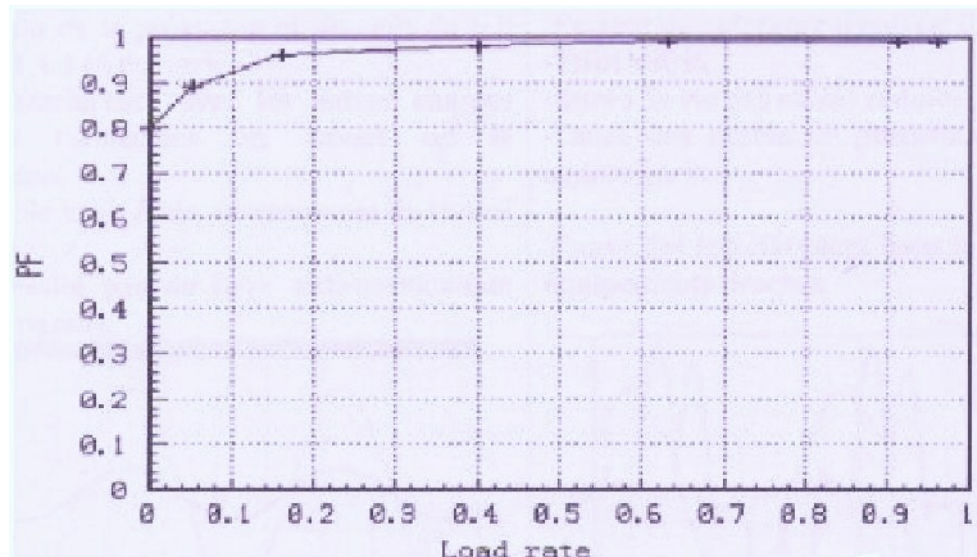


Figure II.27- PF d'entrée

Globalement, l'ASI est un système propre pour l'environnement électrique avec son redresseur transparent pour la source d'alimentation.

Les processeurs DSP sont bien plus intelligents et bien plus rapides, et prennent ainsi bien plus de décisions qui contribuent à améliorer l'efficacité.

Les circuits DSP réduisent également le nombre de composants par rapport aux circuits analogiques.

II.8.5-Circuit PCF (power factor corrected, facteur de puissance corrigé) : [8] [11]

Le circuit PFC se compose d'une self L dans le circuit d'entrée, d'un pont redresseur triphasé, et des condensateurs mis en parallèle à travers le bus DC. Ses fonctions principales sont :

Correction de facteur de puissance d'entrée et pour maintenir une tension réglée de BUS DC. En principe, le circuit PFC commande la tension CA du pont redresseur triphasé pour contrôler le courant à travers l'inductance. Le courant d'inductance se compose de deux parties, active et réactive. Le courant réactif commande le facteur de puissance d'entrée en réglant l'angle de séparation entre la tension d'entrée et le courant d'entrée, tandis que le courant actif contrôle le facteur de puissance d'entrée en réglant la tension de sortie du redresseur.

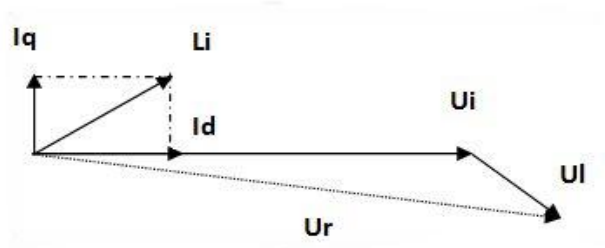


Figure II.28-Diagramme vectoriel du circuit PFC

Ce schéma montre le diagramme de vecteur du circuit de PFC, dont :

U_i représente le vecteur de tension d'entrée,

U_r représente le vecteur de tension du pont redresseur.

U_l représente le vecteur de tension d'inductance.

I_l représente le vecteur courant d'inductance.

I_d représente la composante active du courant d'entrée.

I_q représente la composante réactive du courant d'entrée.

Dans l'état stable, le vecteur de tension d'entrée U_i et le vecteur courant d'inductance I_l ont fondamentalement la même direction et le facteur de puissance d'entrée est proche de 1.

II.8.6-Sortie du redresseur vers les contrôleurs et la batterie : [8] [10]

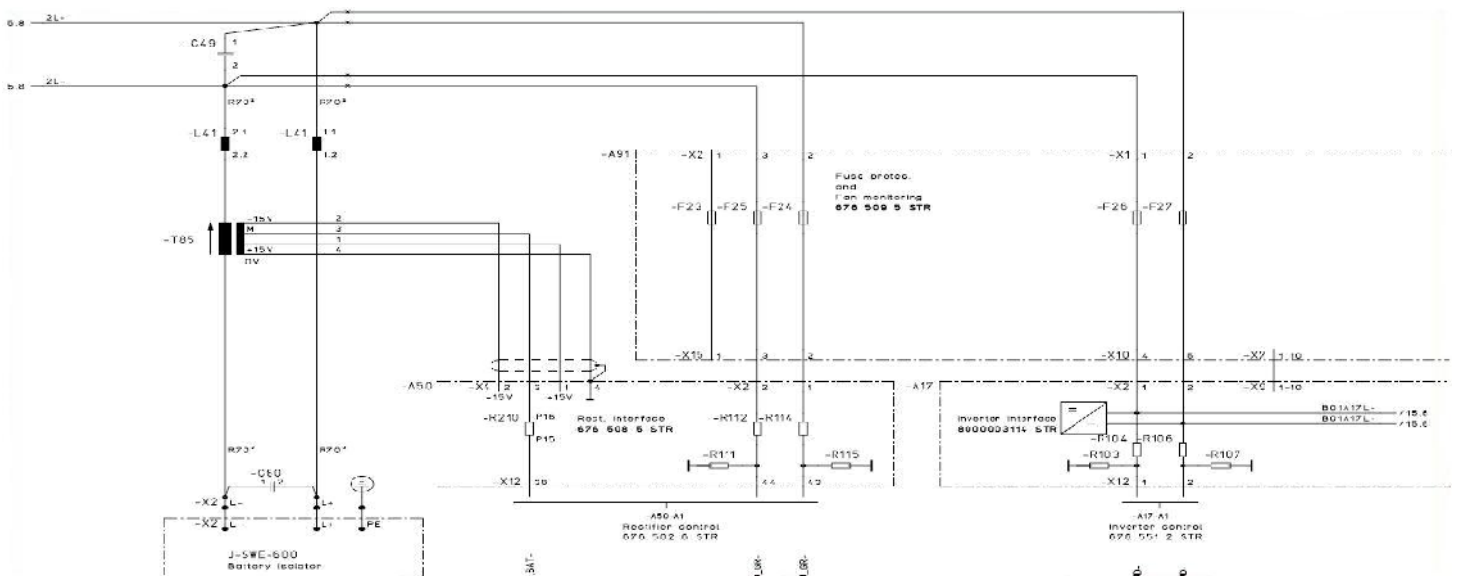


Figure II.29 .Départ du redresseur vers le contrôle de l'onduleur, du redresseur et la batterie

II.8.7-L'onduleur : [8]

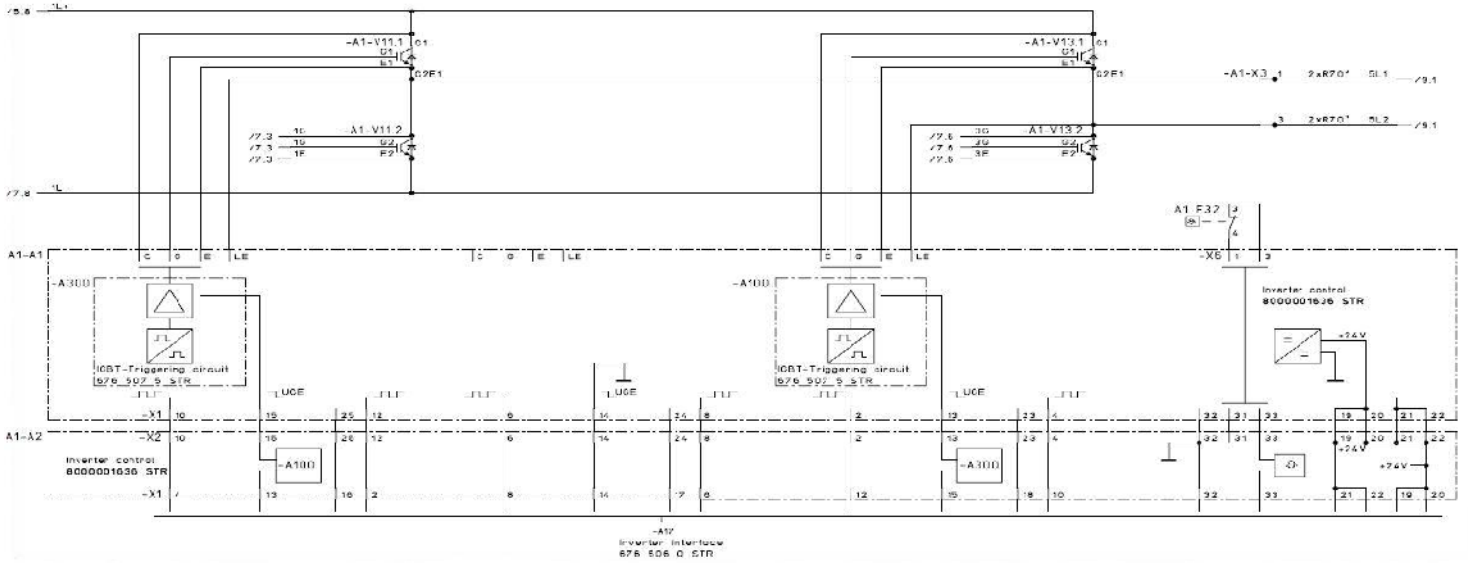


Figure II.30 .Représentation du l'onduleur et son interface

La technologie évoluée de la partie onduleur (pont à IGBT) offre la meilleure qualité d'alimentation électrique, avec une onde parfaitement sinusoïdale pour protéger les charges connectées en aval. L'onduleur supporte des charges 100% non linéaires avec un facteur de crête 3 et 100% déséquilibrées grâce a son système de contrôle onduleur spécifique, l'ASI peut fonctionner avec différentes catégories de charges y compris celles avec un facteur de puissance 0.9 capacitif.

II.8.7-Schéma bloc du commutateur statique :

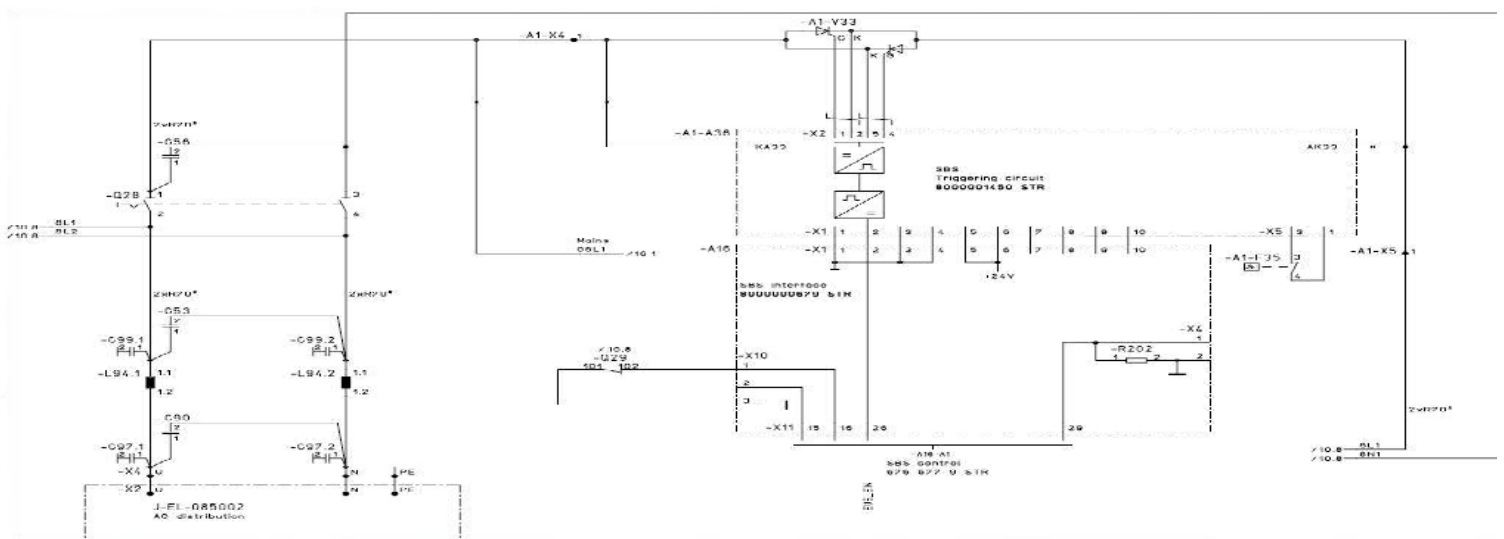


Figure II.31.Le commutateur statique et le départ vers l'utilisation

III –Introduction : [12] [19]

La source d'énergie de secours qui est dans notre cas d'étude une batterie, est une partie importante dans les ASI. Puisque l'autonomie du système dépend de celle-ci et de sa fiabilité. Car les absences de secteur inopportune peuvent engendrer des dégâts très importants sur les charges sensibles a la constantes du temps. La batterie d'accumulateurs est un générateur électrique qui utilise des propriétés électrochimiques d'un couple oxydant-réducteur. Les accumulateurs se distinguent des piles classiques par leur aptitude à la recharge. Les transformations chimiques, au cours de la charge et la recharge d'un accumulateur sont presque réversibles. C'est pourquoi celui-ci peut être chargé et déchargé un grand nombre de fois. Dans les années 80 et suite a une étude approfondie des nouveaux besoins de l'industrie, FIAMM c'est spécialisé dans le développement des batteries a recombinaison des gaz régulés par soupapes (VRLA : Valve Regulated Lead Acid battery) à séparateur imprégnés, de type "MONOLITHE". Ce dernier propose des avantages considérables comme l'utilisation direct sans remise a niveau et cela durant tout sont cycle de vie "étanche", elles peuvent être aussi installées dans des sites accessibles aux public puisque elle répond à la norme ISO 9001.

Le type de batterie utilisée pour ce système UPS est spéciale il compte 4 bancs parallèles de 64 blocs éléments de type 6 SLA 160 (Synthetic Lead Acid) montés en position adaptée



Figure III.1 Vue des étages de batterie



Figure III.2 vue d'un étage de batterie

Un isole de batterie équipe le système UPS sous la forme d'un MCCB.

Le MCCB de batterie est situé dans une enceinte montée sur le mur et inclut les dispositifs suivants :

- Un relais qui interpose 230 V AC pour arrêt ESD (230 Vac= panne) ;
- Un déclencheur shunt ;

- Un signal auxiliaire indiquant le statut MCCB ;
- Une protection de polarité inversée ;
- Un voltmètre DC

III.1- Paramètres batterie : [19]

Fabricant :	FIAMM
Type d'éléments :	plomb et acide régulés par valve
Autonomie de la batterie :	8 heures, mais avec un chargement échelonné après une Heure.
nombre d'éléments :	192
Tension nominale :	384 V
Tension minimale :	326 V
Volt/élément minimum :	1.70 V pc
Charge batterie :	33.4 K w pour 1 heure puis 17.3 K w pour 7 heures.
Type batterie :	4 cordons parallèles de 64 blocs éléments de type 6 SLA.160
Capacité batterie (C ₅) :	640 Ah.
Courant de rechargement :	64 A (0.1 C ₁₀).
Durée de rechargement :	approximativement 12heure à une capacité de 90%.
Tension fluctuante :	436 V (2.27 Vpc temps. composée à 4 Mv/°C/élément).
Tension renforcée :	non applicable – réglée à 436 V.
Température de conception :	20°C
Facteur de conception :	1.2 (20% de croissance, compris dans les chiffres de Charges Ci-dessous)
Facteur de vieillissement de la batterie :	1.25
Spécification :	BS 6290 ptIV

III.2- Caractéristiques générales [19] [12]

Les principales caractéristiques des batteries à recombinaison des gaz sont :

III.2.1- Pas de remise à niveau : Les éléments Monolithe ne nécessitent aucune remise à niveau tout au long de leur vie, le terme « sans entretien » décrit bien le concept des batteries Monolithe.

III.2.2-la comptabilité : Ils ont été étudiés pour répondre aux exigences des équipements électroniques modernes, et ils sont compatibles avec leurs systèmes de charges pour batteries au plomb, sans adaptation particulière.

III.2.3-La haute densité d'énergie : La construction compacte et les excellentes performances en régime de charge rapide permettent un gain considérable en volume et poids comparé aux batteries traditionnelles.

III.2.4-Economique : Ils permettent l'économie de l'installation dans une salle batterie spécifique ainsi que la maintenance régulière que demandent des batteries conventionnelles tout au long de leur vie.

III.2.5-La fiabilité : Ils ont été testés sur le terrain depuis de nombreuses années et répondent à l'ensemble des normes en vigueur.les batteries Monolithe ont subis tous les tests de capacités en charges et décharges, les essais de recyclage, de recombinaisons des gaz, de résistance mécanique, aux vibrations et de tenue de feu.

III.2.6-La longue durée de vie : Des tests rigoureux en laboratoire ainsi que le retour d'expérience du terrain permettent à FIAMM de fabriquer un produit de haute fiabilité d'une durée de vie de 12 ans et plus (dans les conditions normales d'utilisation).

III.2.7- Installation : Les poignées moulées dans les bacs rendent les éléments Monolithe faciles a manutentionné. Plus petits, plus compacte plus Legé que les batteries ouvertes, les éléments monolithe sont livrés remplis chargé et peuvent être immédiatement installés dans les équipements, des armoires ou des chantiers métalliques très fonctionnels.

III.2.8- Utilisation bureautique : Ils disposent de la technologie dite à recombinaison des gaz, dans le cadre d'un fonctionnement normal ils ne produisent aucun dégagement gazeux perceptible ; pour cela ils peuvent être installés a proximité du poste de travail ou de locaux recevant du public.

III.3-Types d'applications : [12]

III.3.1-UPS : Ils sont également la meilleure solution pour les applications UPS ; leur haute densité énergétique autorise des installations compactes a l'intérieure même des équipements ou des armoires adjacentes.

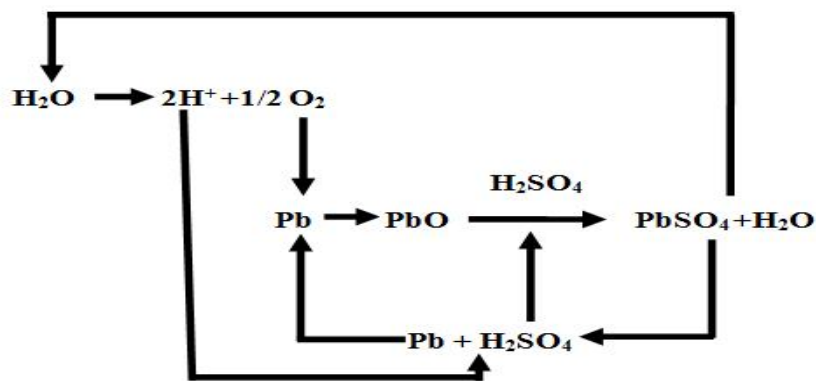
III.3.2-Eclairage de sécurité : Ils garantissent la meilleure solution dans toutes les situations ou l'absence d'éclairage peut provoquer de graves problèmes.

III.3.3-Equipements auxiliaires et système de contrôle : Ils sont utilisés également dans d'autres applications de contrôle comme, les applications photovoltaïques, démarrage de groupe électrogène, sous station, centrales de production, partout ou les systèmes d'énergie doivent être fiables et où la maintenance s'avère difficile.

III.3.4-Télécommunications : Ils ont été développées pour répondre aux besoins des nouveaux équipements Télécom numériques et restent le produit idéal pour disposer de réserve d'énergie pour les applications de télécommunication comme sont agréés par TELECOM ITALIA et FRANCE TELECOM qui ont réalisés tous les tests prévus par leurs spécifications.

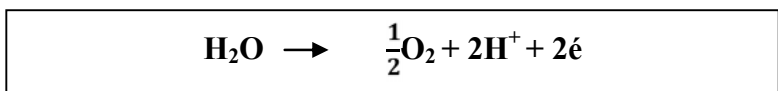
III.4-principe de la technologie a recombinaison des gaz : [17]

Les batteries au plomb ouvert durant leur fonctionnement en charge, consomment de l'eau. Cette perte est provoquée par électrolyse, qui provoque un dégazage d'hydrogène et d'oxygène entraînant une baisse du poids spécifique des éléments. Ce phénomène nécessite la mise en place de contrôles et l'addition régulière d'eau déminéralisée, afin de maintenir le bon niveau de l'électrolyte. Les batteries a recombinaisons des gaz régulée par soupapes éliminent cette contrainte grâce à la continuelle recombinaison de l'oxygène durant la charge Le procédé de recombinaison de l'oxygène se produit si le séparateur n'est pas complètement saturé d'électrolyte. Ce qui permet à des pores d'être libres pour assurer la diffusion de l'oxygène de la plaque positive (d'où il est généré) directement vers la plaque négative ou il réagit pour reformer de l'eau.



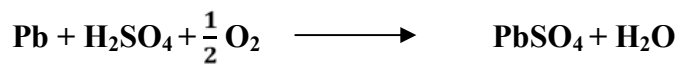
Durant la charge les réactions suivantes se produisent :

1-L'oxygène migre dans la plaque positive par réaction

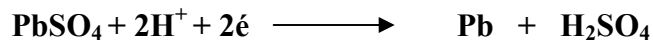


Et se diffuse au travers des pores des séparateurs vers la surface des plaques négatives.

2-Sur la plaque négative, l'oxygène se mélange au Pb et à l'acide sulfurique



3-Le processus de charge régénère le plomb électro chimiquement dans la plaque négative complétant le cycle.



Comme le résultat l'indique, le procédé de recombinaison, est supérieur à 98%, il complète et inverse le phénomène d'oxydation de l'eau. A la fin du procédé, la recombinaison a rééquilibré l'eau, l'électrolyte et le plomb de la plaque négative sans avoir modifié l'état de charge de la plaque négative.

Des séparateurs spéciaux d'une très grande porosité disposant de pores d'un diamètre très faible sont nécessaires pour faciliter le cycle de recombinaison de l'oxygène ; de plus un dosage très précis de l'électrolyte inséré dans chaque élément est nécessaire afin de maintenir un niveau suffisant permettant de garantir les performances de décharge tout en autorisant le libre passage de l'oxygène à travers d'un nombre de pores suffisant pour maintenir la diffusion des gaz . Le respect de ces contraintes permet à l'ensemble de l'électrolyte de se trouver dans les séparateurs et les plaques, il n'y a donc pas d'électrolyte libre. La pression des gaz (oxygène, hydrogène, nitrogène dioxyde de carbone) à l'intérieur des éléments durant ces opérations est normalement proche de la pression atmosphérique. Il est indispensable que chaque élément dispose d'une soupape, afin de laisser échapper les gaz non recombinaison, pour se prémunir de toute montée en pression à l'intérieur de ceux-ci. Les soupapes de sécurité sont prévues à cet effet. Il est également très important que les soupapes soient étudiées pour prévenir toute entrée d'air à l'intérieure de l'élément, et cela même si la pression de celui-ci est inférieure à l'atmosphère extérieure. Particulièrement durant les périodes en circuit ouvert ; une fuite d'air entrant en contact avec le plomb (Pb) de la plaque négative, viendrait l'oxyder chimiquement, pour répondre à ces besoins, chaque élément est équipé d'une soupape unidirectionnelle afin d'évacuer les gaz en surpression lorsque cela est nécessaire tout en interdisant toute entrée d'air. Pour cette raison les éléments ne peuvent être décrits comme étanches, mais à régulation par soupape.

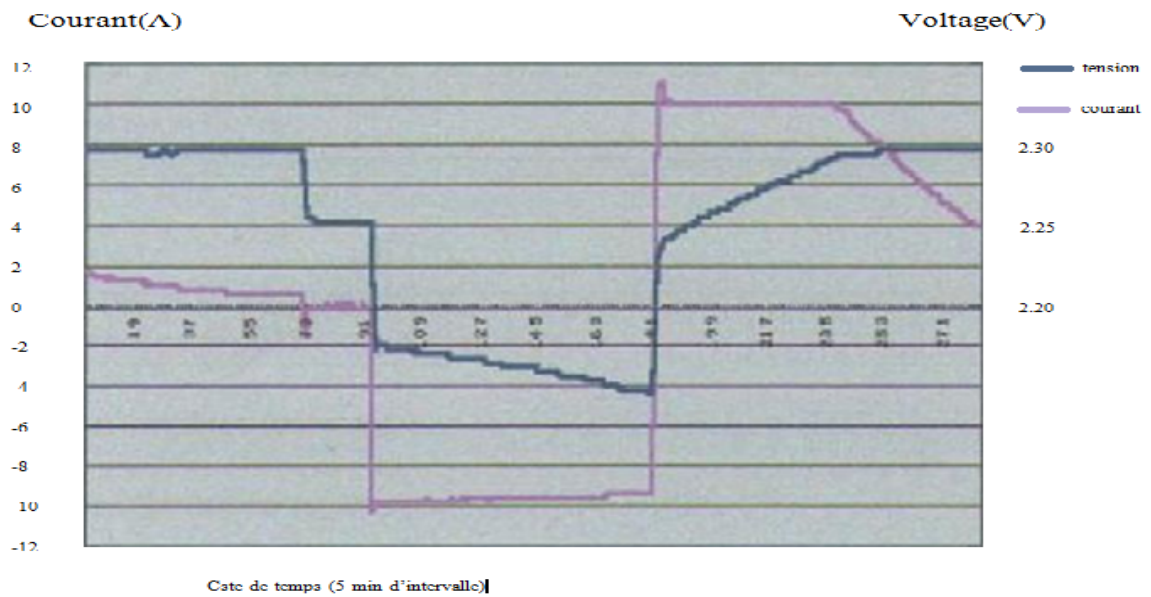


Figure III.2-Processus de charge et de décharge [19]

III.5-caractéristique de la construction : [19]

Ce tableau représente les batteries Monolithe de la production FIAMM et l'implantation des bornes

Type D'élément	Tension Nominale(V)	Capacité nominale enAH à 20°C				Dimensions(MM)			Poids (KG)	Nob.de pole(S)
		10H à 1.8 V/el	5H à 1.8V/el	3H à 1.8V/el	1H à 1.65V/el	Long L	Prof P	Haut H		
12 SLA 12	12	12	10.5	9.5	7.5	200	77	137	5	1+1
12 SLA 25	12	25	21.7	19.5	16.3	218	129	166	11.3	1+1
12 SLA 30	12	30	26.1	23.4	19.6	201	138	190	14	1+1
12 SLA 37	12	37	32.2	28.9	24.2	288	173	202	18	1+1
12 SLA 50	12	50	43.5	39	32.7	288	173	202	22	1+1
12 SLA 75	12	75	65.5	58.5	49	360	164	228	32.2	1+1
6 SLA 75	6	75	65.5	58.5	49	271	173	202	16.5	1+1
6 SLA 100	6	100	87	78	65	271	173	202	21	1+1
6 SLA 125	6	125	109	97.5	81	268	172	230	26	1+1
4 SLA 125	4	125	109	98.7	82	271	173	202	17.3	1+1
4 SLA 150	4	150	130	119	98	271	173	202	20.2	1+1
4 SLA 200	4	200	174	160	125	250	202	226	26	1+1
6 SLA 160	6	160	139	128	109	298	202	226	33.8	1+1
6 SLA 180	6	180	156	140	117	387	173	251	37.4	1+1
2 SLA 200	2	200	174	156	131	271	173	202	15.3	1+1
2 SLA 250	2	250	217	195	163	271	173	202	17.7	1+1
2 SLA 300	2	300	261	234	196	271	173	202	20.5	1+1

2 SLA 405	2	405	347	320	250	250	202	226	26	1+1
2 SLA 400	2	400	348	312	257	387	173	251	30.5	2+2
2 SLA 500	2	500	435	390	323	387	173	251	36.5	2+2
2 SLA 580	2	580	505	453	374	387	173	251	40.2	2+2

2 SLA 800	2	800	745	663	541	254	510.5	210	64	2+2
2 SLA 1000	2	1000	930	831	677	254	510.5	210	74	2+2

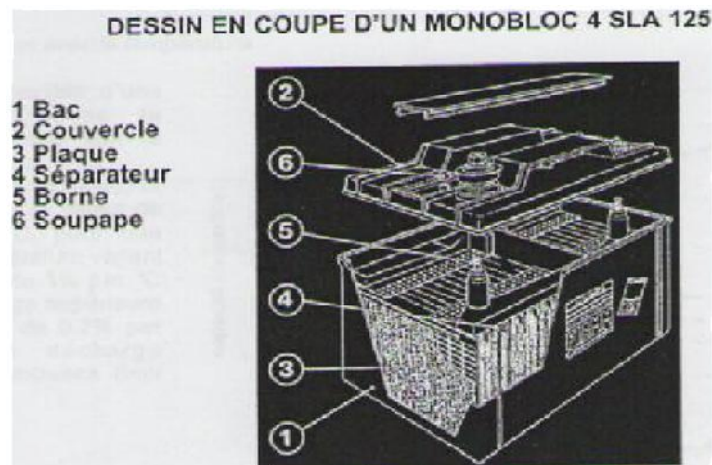


Figure III.3-la 4 SLA 125 [19]

III.5.1-Les plaques :

Les plaques positives et négatives sont du type "planes, empâtées». La matière active est composée d'une pâte contenant de l'oxyde de plomb, de l'eau de l'acide sulfurique, et d'autres composants permettant d'obtenir les performances et la stabilité désirée tout au long de la durée de vie de la batterie. Les grilles sont fabriquées avec du plomb de haute qualité alliée a du calcium et de l'étain afin d'obtenir une grande résistance à la corrosion .Elles sont étudiées pour assurer à la batterie une durée de vie de 10 ans et plus dans des conditions d'exploitation à des températures comprises entre 20° et 25°.

III.5.2-Les bacs :

Les bacs et les couvercles sont fabriqués en ABS répondant aux normes américaines UL 94, classe VO ainsi que l'IEC 707, méthode FVO. Ce matériel est résistant aux chocs et auto-extinguible. Ils sont également étudiés pour supporter les variations de la pression interne des éléments durant les différentes variations d'état de la batterie .Ceci grâce à des nervures de

renfort sur les bacs et les couvercles .Des poignées sont intégrés au design du couvercle afin de faciliter la manutention.

III.5.3-Les séparateurs :

Des séparateurs spéciaux, assurant le bon fonctionnement des opérations du cycle de recombinaison de l'oxygène, sont un des plus important composant de base des batteries MONOLITHE .ces séparateurs sont en fibre de verre réalisés grâce à un procédé spécial permettant d'obtenir une grande porosité toute en disposant de nombreux micro pores assurant une diffusion maximum de l'oxygène ce qui permet une utilisation totale de la surface des plaques et de disposer d'une faible résistance interne. Grâce à la nature chimique du matériel composant le séparateur (silice), il n'ya aucune réaction vis a vis de l'acide sulfurique et du dioxyde de cuivre et ceci toute au long du cycle de vie de la batterie. Ces caractéristiques mécaniques et électriques reste combiné au design spécifique des plaques des batteries MONOLITHE ils ont pour résultat une excellente utilisation de la matière active quelque soit le régime de décharge utilisé. Les plaques sont complètement entourées par le séparateur et l'électrolyte est entièrement absorbé par ceux-ci.par cette méthode les courts-circuits provoqués par les chutes de matière actives cumulées toute au long de vie de la batterie, que l'on rencontre avec les batteries ouvertes, sont supprimés.

III.5.4-L'électrolyte :

le poids spécifique de l'électrolyte et de 1.3 Kg/dm³ à 20° C avec la très grande pureté qui caractérise l'électrolyte utilisé pour ce type de batterie

III.5.5-Les soupapes :

Chaque élément dispose d'une soupape unidirectionnelle capable d'assurer l'évacuation du gaz lorsque la pression interne est trop forte. La soupape est tarée à environ 0.3 atmosphère (30K Pa).

III.5.6-Les bornes et les connexions :

les bornes sont du type goujon fileté M8(M6 pour la 12 SLA 12).différents types d'inter connexion (rigide)sont prévus afin d'assurer le minimum de pertes ohmique en ligne.des chanfreins sur les bornes et le passage du couvercle sont prévus pour fixer la résine mécaniquement entre ces deux composant de matière différente afin de prévenir toute fuite d'électrolyte et cela quelque soit la pression interne et les conditions de température. Dans les

monoblocs la soudure inter-élément est réalisée électriquement au travers des parois pour réduire au maximum la résistance interne de l'ensemble tout en maintenant une séparation complète entre chaque élément.

III.6- caractéristiques techniques : [12]

III.6.1-La capacité :

La capacité des batteries est indiquée en Ampère Heure (Ah), c'est la quantité d'électricité qu'une batterie peut fournir durant une décharge. la capacité dépend de la quantité de la matière active contenue dans ces plaques ainsi de régime de décharge de la température. Par exemple, une batterie de 100 Ah peut fournir un courant de 5 ampères pendant 20 heures. Cette capacité n'est toutefois que théorique. En effet, après une première décharge de forte intensité, la tension fournie par chaque élément diminue et par conséquent, l'intensité de courant débité baisse. Donc en général on appelle capacité d'un accumulateur ou d'une pile, la quantité maximale d'électricité que peut fournir ce générateur. Cette capacité est limitée par la consommation des électrodes (généralement la négative) ou de l'électrolyte. Pour un accumulateur, cette capacité est également limitée par les conditions de réversibilité des phénomènes électrochimiques. Cette quantité est de la forme :

$$Q = \int_0^T i(t) dt \quad \text{avec}$$

T : durée du passage du courant en seconde

i : intensité du courant en ampère

Q : la charge exprimé en coulomb ou bien en ampère-heure

La capacité d'une batterie est variable suivant la manière dont elle a été chargée et déchargée. Plus une batterie est chargée ou déchargée avec un courant faible, plus la capacité est importante.

La capacité nominale (C_{10}) des éléments Monolithe en accord avec les normes internationales ce référant aux 10 Heures de décharge a courant constant à 20° C pour une tension finale de 1.80 V/el.

III.6.2-La tension par élément : [12] [19]

La tension des éléments au plomb acide est due à la différence de potentiel électrochimique entre la matière active de l'électrode (PbO_2 et Pb) et la présence de l'électrolyte (acide

sulfurique). Cette valeur dépend de la concentration de l'électrolyte en contact avec l'électrode, mais cela est approximativement 2 V dans la plupart des cas en circuit ouvert. Plus précisément il est fonction de l'état de charge de la batterie. La tension en circuit ouvert des éléments Monolithe en fonction de la température est représentée dans la figure III.3 suivante :

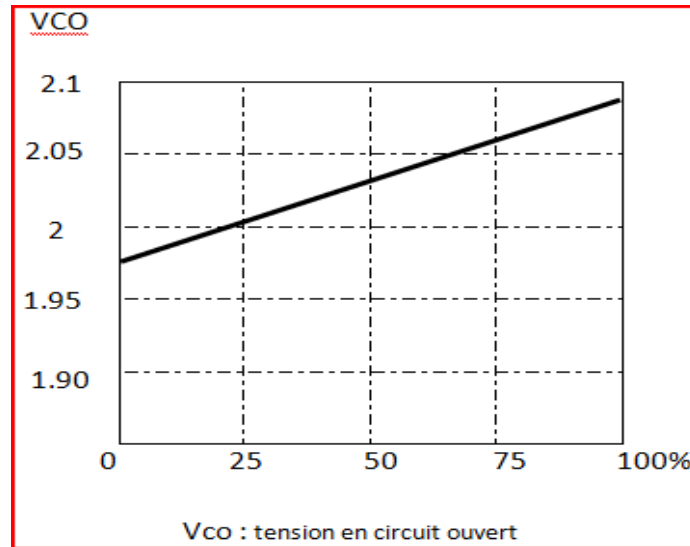


Figure III. 3 : Tension en circuit ouvert en relation avec l'état de charge de la batterie

III.6.3-La capacité en relation avec la température : [12] [19]

La capacité disponible d'une batterie, varie avec la température quelque soit le régime de décharge. Pour les batteries Monolithe, la capacité diffère de la valeur de référence à 20° C, pour une gamme de température variante entre -10 à +40° C de 1% par °C pour une décharge inférieure à 60 minutes, et de 0.7% par °C pour une décharge supérieure à 60 minutes (voir la figure III.4 ci-dessous)

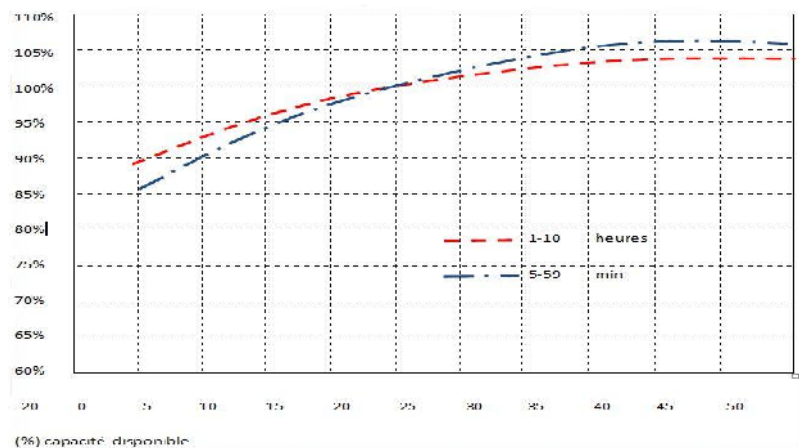


Figure III.4-relation entre la capacité et la température

III.6.4-Le court-circuit :

Les batteries Monolithe ont été conçues pour supporter un courant de court-circuit pendant 1 minute sans détérioration. Pour les batteries Monolithe à 20° C se référer au tableau ci-après :

III.6.5-La résistance interne : [19]

La résistance interne des batteries au plomb acide est fonction du type de construction interne, épaisseur des plaques, nombre de plaques, type de séparateurs, poids spécifique, température et état de charge. La résistance interne des éléments Monolithe à 100%de charge à 20° C est donnée dans le tableau suivant :

Type d'élément	Capacité (Ah)	Courant de court circuit (A)	Résistance interne (mΩ)
12 SLA 12	12	500	24
12 SLA 25	25	1150	11
12 SLA 30	30	1300	9
12 SLA 37	37	1520	8
12 SLA 50	50	2030	6
12 SLA 75	75	3000	4
6 SLA 75	75	2910	2
6 SLA 100	100	3800	1.7
6 SLA 125	125	4300	1.4
4 SLA 125	125	4450	0.8

III.7-la capacité en relation avec le régime de charge : [19]

REGIME DE DECHARGE (heure) A 1.80 V/élément	CAPACITE (% de C ₁₀ Ah)
10	100
5	87
3	78
1	61

III.7.1-Le circuit ouvert :

L'état de charge des batteries au plomb décroît lentement lorsqu'elles sont laissées en circuit ouvertes.

Les éléments Monolithe ont un taux d'auto décharge proche de 2% par mois à 20° C. durant des périodes de stockage prolongées il est nécessaire de recharger les batteries tous les 6 mois à compter de la date d'achat.

III.7.2 Le dégazage : [17]

Ils disposent d'un taux de recombinaison des gaz très performant (>98%) ; à 20°C dans le cadre d'une exploitation normale le dégagement gazeux est négligeable. Les essais en laboratoire ont donné les résultats suivant :

2 ml/Ah/élément/mois pour une tension de floating de 2.27 V/élé.

10 ml /Ah /élément/mois pour une tension de floating de 2.40V/élé.

La quantité de gaz s'échappant dans l'air (essentiellement composé à 80 à 90% d'hydrogène) est très faible, ce qui autorise le montage des éléments Monolithe dans des salles comportant des équipements électriques sous tension sans risque d'exploitation ou problème de corrosion en condition normale d'exploitation. La seule préconisation est que ces salles ou armoires doivent disposer d'une ventilation naturelle.

III.7.3-Le montage en parallèle : lorsque la capacité requise est plus importante que la capacité nominale disponible dans la gamme, il est possible de monter des batteries en parallèle afin d'obtenir la capacité désirée, les consignes suivant doivent être appliquées :

- ° L'utilisation des batteries de même type.
- ° L'égalité des nombre d'élément et de capacité.
- ° Le contrôle de l'équipotentialité du circuit afin de minimiser les variations
- ° d'impédance (longueur et section des câbles identique).
- ° Ne pas connecter plus de 4 branches en parallèle.

III.8-La charge : [12] [18] [19]

On charge une batterie au plomb en lui appliquant un courant continu d'une valeur quelconque (sous réserve de limites technologiques liées à la batterie elle-même ou à ses connexions), pourvu qu'elle n'entraîne pas aux bornes de la batterie l'apparition d'une tension supérieure à 2.35 voir 2.40 V/élément (valeur à 25°C).

l'UPS est doté d'un système de recharge batterie conçu pour prolonger la durée de vie des batteries. Le temps de recharge pour les batteries internes de l'UPS est de 5 heures maximum (à pleine charge) pour une capacité de charge de 95%.une protection contre les surtensions permet de couper automatiquement l'UPS et de transférer la charge critique sur le mode by-pass lorsque la tension dépasse les limites préfixées.

La méthode de recharge la plus courante pour les batteries VRLA utilisées en cyclage est la caractéristique en trois étapes, dans laquelle une phase à courant constant (phase "Bulk" ou charge rapide) est suivie par deux phases à tension constante ("Absorption" ou égalisation et "Float" ou maintien).

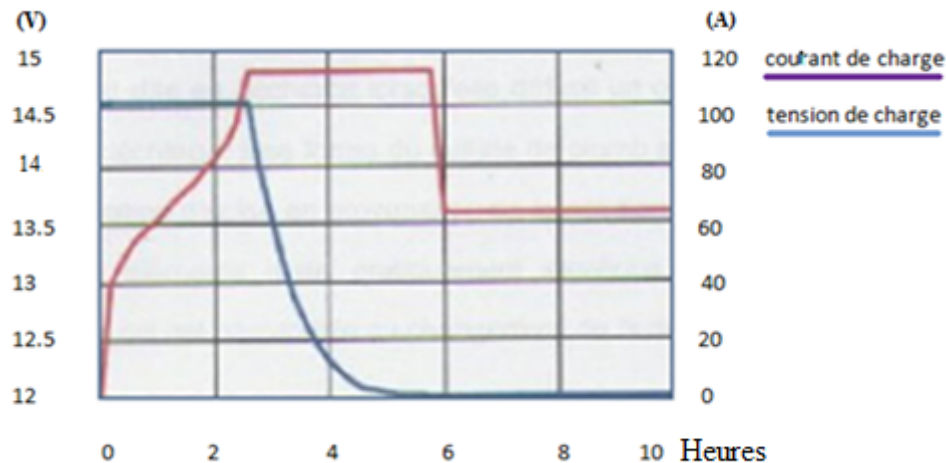


Figure III.5-Recharge batterie en 3 étapes [18]

Les trois étapes de la recharge batterie sont les suivantes !

III.8.a-charge rapide : pour recharger plus rapidement les batteries, on doit charger à tension constante de 2.35 à 2.45 V \pm 1% par élément. (Selon précautions particulières).

Note : la charge rapide est l'augmentation de la tension de fonctionnement après décharge de la batterie (consécutives à une coupure du réseau) permettant de la recharger rapidement.

III.8.b-charge d'égalisation : une charge d'égalisation a pour objet de charger pleinement chaque accumulateur afin d'éviter des déséquilibres entre les différents accumulateurs qui composent les batteries. Elle consiste à charger les batteries avec un faible courant, mais sous une tension supérieure à la tension appliquée en fin de charge.

III.8.c-charge floating : pour recharger et maintenir correctement la charge des batteries, nous préconisons la charge à tension constante à 2.26 V \pm 1% par élément (à 20°C). A cette tension, aucune limitation du courant de charge n'est nécessaire, les batteries limiteront, en début de charge, la pointe de courant ($<3 \times C_{10}$ max). Le courant d'ondulation doit être limité à 0.05 C₁₀ (C₁₀ représente la capacité de la batterie en 10h (tension d'arrêt =1.8V /élé). a noté que pour les montages en série des batteries, une dispersion des tensions de floating de chaque monobloc, due à la recombinaison des gaz, peut être observée. Cette dispersion peut être de +6% jusqu'à -3% en début de mise en marche et \pm 2% après 6 mois d'utilisation.

III.9-Application sur le modèle étudié : [19]

Après l'installation les batteries sont une source d'énergie prête à être utilisées, et il est très important que les batteries soient :

En floating afin de maintenir la batterie en pleine charge.

-La rechargée complètement lors d'une décharge .et il est conseillé de la rechargé des que possible afin d'assurer un maximum de service dans le cas d'une nouvelle absence secteur et d'optimiser ses performances tout au long de sa vie.la recharge peut être effectuée de plusieurs manières différentes, tout dépend du temps de recharge souhaité et de la durée de vie escomptée. En générale, la charge est réalisée comme suite :

-A une tension de charge égale à la tension de floating (recharge longue) ;

-A une tension de charge supérieure mais ne dépassent pas 2.4 V/élé (recharge rapide).

-La méthode de recharge nommée "à tension constante " est utilisée depuis des années selon des combinaisons différentes, afin d'obtenir le temps de recharge le plus court possible tout en assurant la durée de vie la plus longue possible. Avec cette méthode, la recharge démarre à courant constant. La tension augmente jusqu'à la valeur de réglage. La tension est maintenue à cette valeur et le courant décroît jusqu' à atteindre une valeur minimum. En final, la recharge termine à une tension constante, à la valeur de floating le courant décroît pour atteindre sa valeur usuelle.

Remarque : La procédure recommandée pour la charge des éléments Monolithe c'est qu'il est important de recharger les batteries à recombinaison des gaz en utilisant une méthode limitant au maximum les dégagements gazeux. Dans le cas contraire, on devra ajouter au dégazage, une consommation d'eau excessive qui entrainera une diminution de la vie des batteries.

-Les seules méthodes qui doivent être utilisées sont celle qui fonctionne avec une tension pré-réglée et un courant limitée à la valeur maximale définie par le constructeur. Le chargeur doit disposer d'un système de sécurité prenant en compte tout ces facteurs ci-dessous.

III.9.1.a- la charge flottante ou « floating »pour la batterie étudiée :

La tension recommandée en floating, assurant la garantie de la meilleure longévité pour les éléments Monolithe est de 2.27 V/élé à 20°C. Ces batteries peuvent fonctionner de -15 à +40°C. Toutefois, les opérations à des températures supérieures et inférieures à 20°C affecteront respectivement la vie et les performances de la batterie. La tension recommandée pour assurer une plus grande longévité dans le cadre d'utilisation à des températures comprises entre -20 et +40°C sont indiquées sur la figure III.6 .

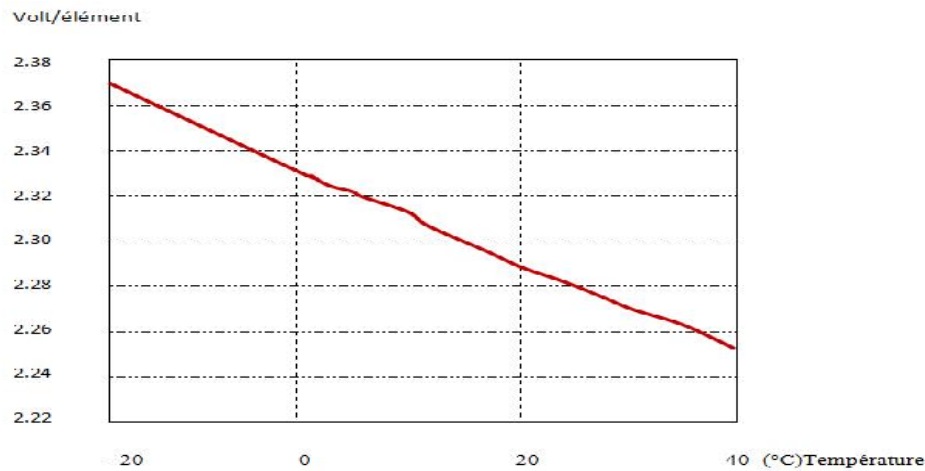


Figure III.6 : la tension de floating en fonction de la température [19]

Le courant normal d'entretien observé après une recharge complète des éléments Monolithe à 2.27 V/ élément. Pour une température de 20°C est approximativement de 0.3 Ma/Ah. Par le fait de la recombinaison des gaz, le courant d'entretien observé pour les éléments Monolithe est plus élevé que celui des batteries ouvertes et ne peut être interprété comme un indicateur de l'état de charge de la batterie.

III.9.1.b-Décharge : [12] [18] [19]

Une batterie est dite en décharge, lorsqu' 'elle délivre un courant au circuit extérieur. Quand un élément se décharge, il se forme de sulfate de plomb sur les plaques positive et négatives par incorporation d'acide en provenance de la solution électrolyte. La quantité d'électrolytes dans les éléments reste pratiquement identique. Cependant, l'acidité de l'électrolyte diminue, ce qui est perceptible au changement de la densité.

III.9.1.c-Tension d'EOD :

Si la tension de la batterie est inférieure à celle de fin de décharge « EOD » (end of décharge en anglais), le convertisseur de batterie va s'arrêter. L'EOD peut être réglé de 1V à 1.9V par cellule VRLA (ou de 0.1 à 1.3 par cellule (NiCd)

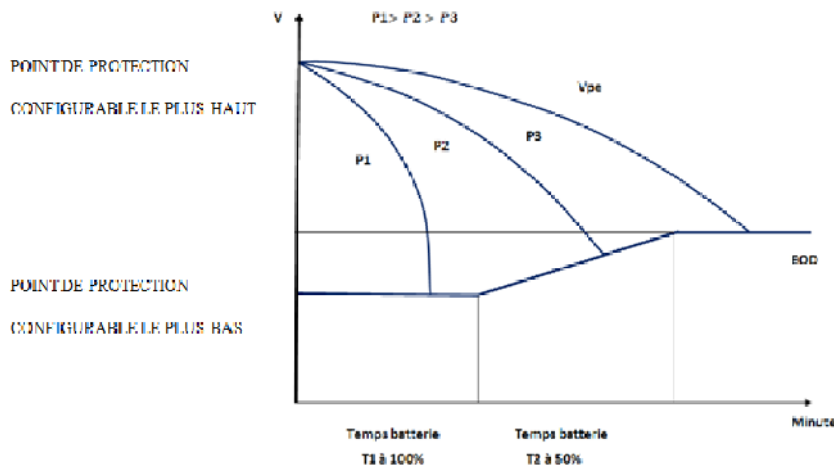


Figure III.7-la tension d'EOD

Remarque : Usuellement le rendement de charge est inférieur au rendement de décharge. Lorsque l'onduleur est en mode batterie, et que la tension batterie atteint le seuil de fin de décharge (EOD), le mutateur s'arrêtera.

III.9.1.d-Tension d'arrêt / décharge profonde :

La figure III.8 ci-dessus montre l'évolution de la tension batterie en fonction des régimes et de temps de décharge (autonomie). La ligne en pointillée indique la tension minimale recommandée en décharge.

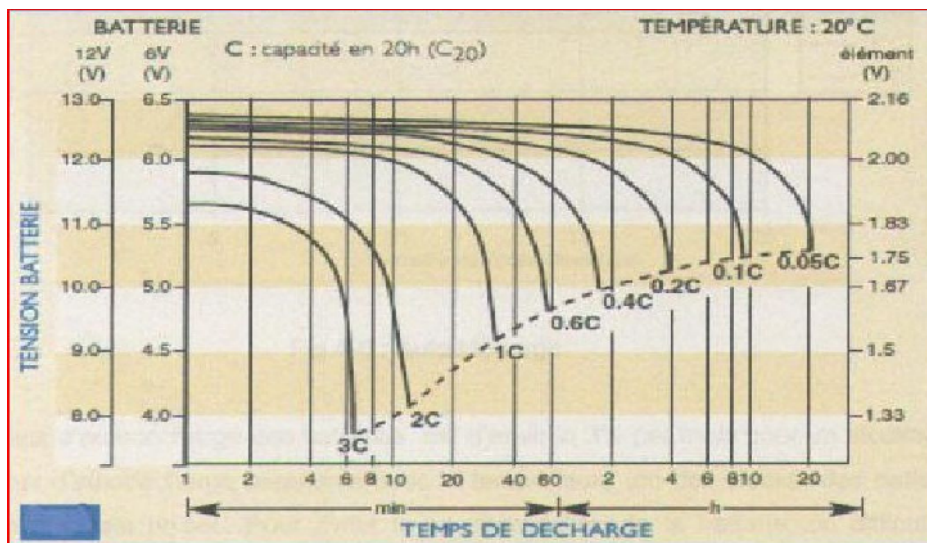


Figure III.8- la tension de d'arrêt en fonction du temps de décharge et de la température [18]

La décharge profonde est la valeur qu'une batterie ne doit jamais atteindre, sans quoi il se produit une détérioration intermédiaire qui entraîne une dégradation importante de ses performances.

Pour éviter toute décharge profonde et dégradation des batteries par sulfatation des plaques, il ne faut pas descendre en dessous de cette tension d'arrêt. Si accidentellement les batteries sont déchargées en dessous de cette limite, il faut les recharger dans les plus brefs délais.

III.9.2.a-L'autodécharge :

Une batterie même sans être utilisée. Pour un stockage sans utilisation à une température de 20°C, la perte de la capacité peut atteindre 6% par mois pour des batteries de mauvaise qualité (1% pour les batteries AGM). Plus la température se rabaisse moins cette perte sera importante.

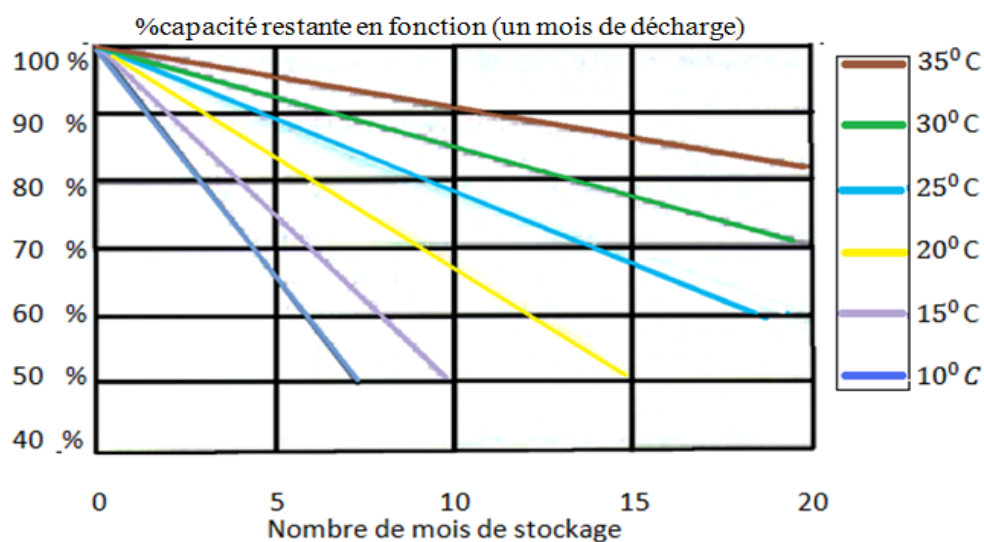


Figure III.9-1'autodécharge [17]

Le taux de d'autodécharge des batteries est d'environ 3% par mois pour un stockage à 20°C. Le taux de l'autodécharge augmente avec la température. On doit stocker des batteries dans un endroit frais et sec. Le temps de stockage doit être limité, pour éviter toute dégradation ou difficulté de recharge de la batterie.

III.9.2.b- La recharge après une décharge : [17]

La méthode de recharge recommandée pour les éléments Monolithe afin de garantir une durée de vie maximum à la batterie, est celle utilisant une tension constante de floating (2.27 V/élé. à 20° C) avec un courant de charge limitée à 0.25 C₁₀ ampères. Suivant cette méthode les temps de recharge pour une batterie déchargée à 100% à différentes valeurs de courant sont représentés sur la figure

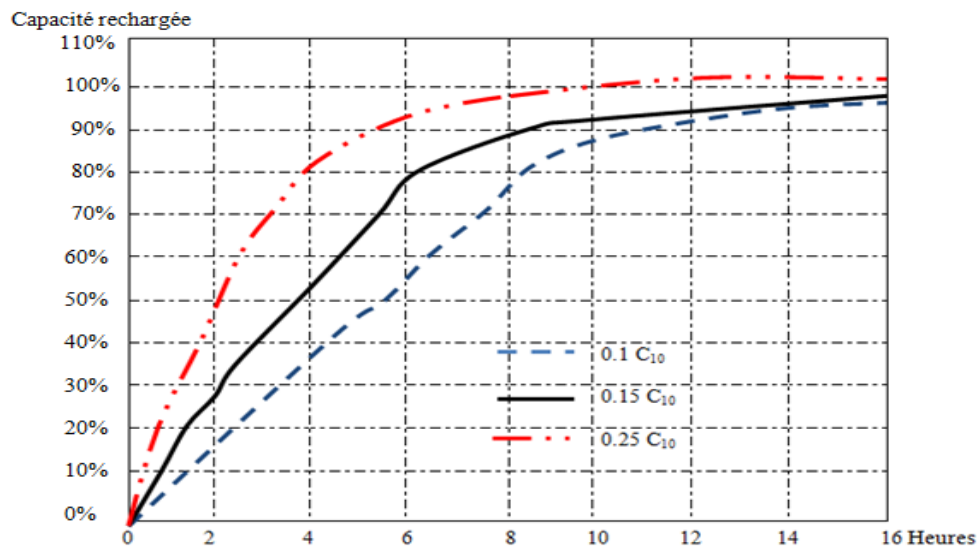


Figure III.10-La recharge après une décharge [19]

Lorsqu'il est impératif de réduire le temps de charge, la méthode de la tension constante peut être utilisée avec une tension maximum de 2.4 V/élément à 20°C avec un courant maximum de 0.25 C₁₀. Toutefois ce type de recharge ne doit pas être utilisé plus d'une fois par mois si l'on veut assurer une durée de vie maximum à la batterie.

III.10-- La définition des batteries : [19]

Une méthode pour calculer le nombre et le type d'éléments nécessaires pour une application particulière est décrite ci après. Le tableau à la fin de ce chapitre indique : Décharges à courant constant (A) pour différentes tensions de fin d'autonomie à différents régimes.

Décharges à puissance constante (W/élément) pour différentes tensions de fin d'autonomie à différents régimes.

Pour des éléments complètement chargés à une température de 20°C.

III.10.1-Le calcul : [19]

Lorsque la batterie est connectée en permanence sur l'utilisation à une tension de floating de 2.27 V/élément. Et que les équipements peuvent fonctionner dans une plage de tension comprise dans la limite définie par une tension Max et Min, le nombre total des éléments la composant est défini ainsi :

$$N_1 = \frac{U_{max}}{2.27} \quad (1)$$

Dans le cas ou la tension de charge est égale à 2.4 V/élément, le nombre total d'élément est défini comme suit :

$$N_2 = \frac{U_{max}}{2.40} \quad (2)$$

La tension finale par élément se définit ainsi :

$$U_{fn1} = \frac{U_{min}}{N1} \quad (3) \quad \text{ou} \quad U_{fn2} = \frac{U_{min}}{N2} \quad (4)$$

Dans le cas ou la batterie est connectée sur l'utilisation uniquement au moment de la décharge, le nombre d'éléments est alors calculé en considérant la tension nominale (Un) et la tension minimale (Uf) requise par les équipements :

$$N = \frac{U_n}{2} \quad (5)$$

La tension finale par élément :

$$U_{f/élé} = \frac{U_f}{N} \quad (6)$$

Une fois la tension minimum par élément et l'autonomie définie il est possible d'utiliser le tableau de performance se trouvant à la fin de ce chapitre afin de déterminer l'élément le mieux adapté.

III.10.2-Exemple :

1) *décharge à courant constant :*

A 30 minutes d'autonomie, pour un courant de 100A avec une tension minimum du système de 101V.

Tension nominale 120 V.

$$\text{Nombre d'élément} \quad \frac{120}{2} = 60 \text{ éléments} \quad (7)$$

$$\text{Tension finale/élément} \quad \frac{101}{60} = 1.68 \text{ V} \quad (8)$$

Dans le tableau de décharge à courant constant pour une tension finale de 1.7 V/élément et une autonomie de 30 minutes, il faut prendre la valeur correspondante ou la première valeur

supérieure. Dans notre cas la valeur 110 A correspond à une batterie du type 6 SLA 100.

Donc $\frac{60}{3} = 20$ monoblocs (type 6 SLA 100).

Il faut savoir que chaque monobloc 6 SLA 100 dispose de 3 éléments et le fait que la batterie va fonctionner en mode floating nécessite d'être connectée à un chargeur capable de fournir une tension minimum de 2.27×60 éléments = 136.2 Volt et un courant de recharge compris entre $0.1C_{10}$ et $0.25 C_{10}$ selon le temps de recharge souhaité.

2) *décharge à puissance constante :*

En supposant que nous ayons un UPS de 25 KVA qui requiert une puissance constante de 22 KW pour 1Heure d'autonomie dans une plage de tension comprise entre 324 V et 410 V.

Nombre maximum d'élément $\frac{410}{2.27} = 180$ éléments

Tension finale/élément $\frac{324}{180} = 1.8$ V/élément

La puissance continue requise étant de 22 KW pour 180 éléments, la puissance par élément sera de :

$\frac{22000}{180} = 122$ W/élé

La batterie correspondante devra fournir 122 W/élé. Pour 1.8 V/élé à 20°C. D'après le tableau de décharge à puissance constante pour une tension finale de 1.8 V/élé, la puissance égale ou supérieure la plus proche, est de 145 W/élé. Pour un monobloc du type 6 SLA 125.

$\frac{180}{3} = 60$ blocs type 6 SLA 125.

III.11- Détermination des chantiers : [19]

Afin de définir le type de chantier approprié il faut procéder comme suite :
 1- choisir la configuration, et/ou la disposition (exemple : 2 rangées, 2 étages voir tableau III.11) le type de chantier est identifier par un groupe de lettres et de chiffres. 2E 2R signifie un chantier de 2 étages et 2 rangées.

2- selon la configuration choisie et le type d'élément définir la longueur de l'élément « L ».

3- la longueur totale du chantier est obtenue comme suit :

$$L_t = \frac{N \times L}{n_r \times n_e} \quad (9) \quad \text{Ou :}$$

L : longueur inter-élément/monoblocs.

N : nombres total d'éléments/monoblocs de la batterie.

Nr : nombre de rangée par étage.

né : nombre d'étage.

-la conception des batteries SLA à mis en évidence les longueurs suivantes 600, 800, 900, 1100 mm. Donc la longueur totale du chantier sera composée d'un multiple de ces dimensions.

III.11.1-Exemple :

pour 156 éléments type 2 SLA 300 nous choisissons le chantier 6 étages, 3 rangées configuré selon le tableau III.11 suivant, il correspond au groupe type 6E 3R, d'après le tableau III.11 :
H = hauteur totale = 2120 (avec les éléments)

L= 300

P = profondeur du chantier = 750

$$L_t = \frac{156 \times 300}{6 \times 3} = 2600 \text{ mm}$$

Dans le cas ou les dimensions disponibles nécessite le montage d'un chantier composé d'un seul ensemble, il est préférable de choisir la configuration autorisant la meilleure implantation au niveau électrique.

III.11.2-Exemple : 3x36 2 SLA 200

1 chantier pour chaque branche de 36 éléments i.e. : 4 étages 3 rangées

$$L_t = \frac{36 \times 300}{4 \times 3} = 900 \text{ mm} \quad \text{il faut utiliser 3 chantiers de 900 mm de longueur, 750 mm de profondeur et 1420 mm de hauteur.}$$

Si le choix est le compactage du chantier sur un seul ensemble, on suppose qu'il y a 3 branches en parallèle dans ce cas on peut utiliser un chantier composé de 6 étages de 3 rangées en connectant les branches en parallèle tous les 2 étages.

$$L_t = \frac{300 \times 36 \times 3}{6 \times 3} = 1800 \text{ mm} \quad \text{donc les dimensions du chantier sont : } 1800 \text{ mm de longueur, } 750 \text{ mm de profondeur et } 2120 \text{ mm de hauteur.}$$

Chantier Métallique	type de chantier	DIMENSION (mm)	Type d'élément/monobloc							
			12SLA25	12SLA30	12SLA75	12SLA37 12SLA50 6SLA75 6SLA100 4SLA125 4SLA150 2SLA200 2SLA250 2SLA300	6SLA125	6SLA180 2SLA400 2SLA500 2SLA580	6SLA160	4SLA200 2SLA405
Hauteur et profondeur	1 étage 1 rangé	Long	220	210	370	300	300	180	305	260
		Prof	250	250	250	250	250	500	350	350
		Haut	415	440	480	455	480	500	480	480
Hauteur et profondeur	1 étage 2 rangés	Long			370		300	300	305	260
		Prof			600		600	600	600	600
		Haut			482		484	505	480	480
Hauteur et profondeur	2 étages 2 rangés	Long			370	300	300	390	305	260
		Prof			535	535	535	535	535	535
		Haut			862	835	864	885	860	860
Hauteur et profondeur	3 étages 1 rangé	long	220	210	370	300	300	180	305	260
		Prof	250	250	250	250	250	500	350	350
		Haut	1085	1110	1150	1125	1150	1280	1240	1240
Hauteur et profondeur	3 étages 2 rangés	Long	220	210	370	300	300	180	305	260
		Prof	535	535	535	535	535	535	535	535
		Haut	1217	1241	1300	1250	1277	1300	1300	1300
Hauteur et profondeur	3 étages 3 rangés	Long	220	210	370	300	300		305	260
		Prof	750	750	750	750	750		750	750
		Haut	1217	1241	1300	12501	1277		1300	1300

Tableau III.11- détermination des chantiers

IV-Introduction :

Les ASI sont des interfaces électroniques de puissance placées entre le réseau et des charges sensibles, à la qualité et à la continuité de leur alimentation électrique.

Les ASI fournissent, une énergie fiabilisée, c'est à dire sans interruption et de qualité constante élevée, compatible avec le fonctionnement des charges sensibles.

Les ASI de type double conversion (on-line), majoritairement utilisées en moyenne et forte puissances (≥ 10 kVA), comportent :

- Un redresseur-chargeur en entrée qui prélève et redresse l'énergie du réseau pour charger ou maintenir la charge de la batterie et alimenter un onduleur,
- Une batterie qui assure une autonomie de fonctionnement en cas de coupure du réseau.
- Un onduleur qui fournit une énergie de qualité constante élevée (fréquence, tension... dans des tolérances strictes),
- Un contacteur statique (by pass statique) qui peut transférer sans coupure la charge sur le réseau si nécessaire, pour permettre une alimentation "dégradée" (sans onduleur) de la charge.
- Un by pass manuel qui permet des opérations de maintenance.

Ce type d'ASI peut fonctionner en :

-Mode normal : onduleur alimenté par le réseau via chargeur-redresseur,

-Mode autonomie : onduleur alimenté par la batterie,

-Mode by pass, directement depuis le réseau via le by pass.

IV .1-Architecture des convertisseurs et leurs modes de pilotage [16]

Nous allons détailler l'architecture des différents convertisseurs et montrer leurs modes de pilotages.

La fonction de base des redresseurs est la conversion d'une tension alternative à leurs entrées à un courant unidirectionnel à sa sorties. Alors que les systèmes onduleurs fournissent une tension alternative à partir d'une source de tension continue qui est ; soit une batterie d'accumulateurs ou un réseau redressé.

IV.1.1- Convertisseur d'entrée : [10] [11]

Les montages redresseurs, sont des convertisseurs de l'électronique de puissance qui assurent directement la conversion de la tension (alternatif-continu). Alimentés par une source de tension alternative monophasée ou polyphasée, ils permettent d'alimenter en courant continu le récepteur branché à leur sortie. Le redresseur est utilisé chaque fois que l'on a besoin d'une tension continu alors que l'énergie électrique disponible du côté de l'entrée du redresseur est alternatif. Les redresseurs ont un très vaste domaine d'applications. Dans le cas de l'ASI que nous devant étudier, nous savons que notre étage (alternatif/continu) est constituer de deux redresseur en parallèles

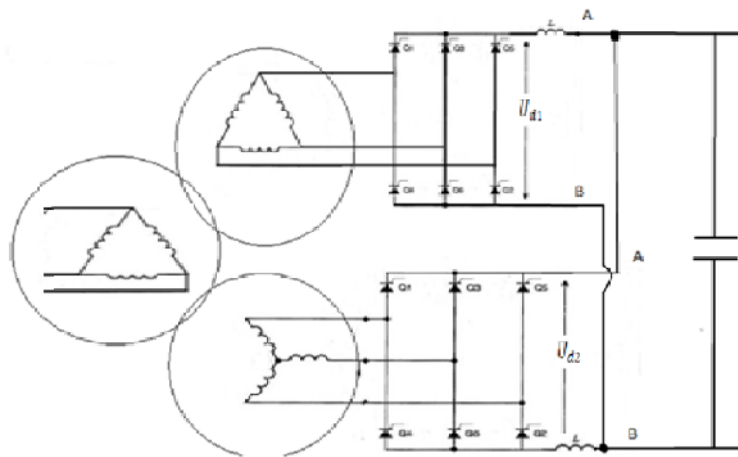


Figure-IV. 1 - : montage en parallèle de deux redresseurs

Le montage représenté sur la Figure IV.1 et le redresseur constitué de deux ponts, alimenté par un transformateur à deux secondaires, dont l'un est en étoile et l'autre en triangle. Le but est l'utilisation de la propriété naturelle de ces couplages associés au redresseur. Ce transformateur nous permet de délivrer des tensions redressés décalées entre elle de 30° . Ainsi on obtient un redressement dit dodécaphasé.

Les redresseurs doivent fournir des courants continus identiques afin que les courants alternatifs qu'ils prélèvent sur le secondaire des transformateurs aient les mêmes valeurs.

Dans ces conditions, il y a une recombinaison des courants harmoniques générés par chacun des redresseurs au primaire des transformateurs.

Le déphasage choisi permet d'éliminer les harmoniques de rang $6n \pm 1$ et seuls les harmoniques de rang $12n \pm 1$ (n entier naturel) subsistent.

On élimine ainsi les harmoniques H5, H7 qui ont les amplitudes les plus grandes. Les harmoniques restant sont H11, H13, H23 et H25.

Il est possible d'étendre cette propriété : en augmentant le nombre de redresseurs et le nombre de secondaires du transformateur avec des déphasages relatifs appropriés, d'autres harmoniques de courant peuvent être éliminés. Ainsi, l'association de 3 redresseurs connectés avec des phases décalées deux à deux de 20° donne un courant à « 18 niveaux » c'est-à-dire que seuls restent les harmoniques de rang $18n \mp 1$. L'association de 4 redresseurs connectés avec des phases décalées deux à deux de 15° donne un courant à « 24 niveaux ».

Cette solution est intéressante dans la mesure où elle permet de réduire le contenu spectral des courants de charge et donc d'obtenir des taux de distorsion harmonique en courant et en tension relativement faibles. En revanche, ces montages sont complexes et onéreux. Leur utilisation se cantonne donc aux redresseurs de très fortes puissances. A titre d'exemple, l'électrolyse de l'aluminium qui fait appel à des puissances de plusieurs MW utilise des montages allant jusqu'à 72 phases. Cette solution est également utilisée pour alimenter les ponts onduleurs de tension constituant un compensateur shunt d'énergie réactive

Les deux redresseurs sont montés en parallèle. Donc la tension à leur bornes doit être toujours égale au régime dynamique et de même valeur moyenne, d'où l'intérêt des inductances.

$$U_{d1} = \frac{1}{T} \int_0^T v_{d1} dt = \frac{3U_{s1} \max}{\pi} \cos \alpha_1 \quad [1]$$

$$U_{d2} = \frac{1}{T} \int_0^T v_{d2} dt = \frac{3U_{s2} \max}{\pi} \cos \alpha_2 \quad [2]$$

Comme la valeur de la tension de sortie doit être voisine de 435V. Voir (tableau II-1 page 36).

$$U_{d1} = U_{d2} \quad [3]$$

Donc, dans un premier temps on pourrait croire que pour maintenir la condition précédant nous devant satisfaire la condition suivante :

$$\cos \alpha_1 = \sqrt{3} \cos \alpha_2 \quad [4]$$

Néanmoins, il ne faut jamais perdre de vue le facteur de puissance au primaire du transformateur qui doit être aussi voisin de l'unité.

IV.1.2-Définition du Facteur de puissance : [15]

L'entrée de l'ASI étant une charge non linéaire, le facteur de puissance F_p est défini Par la

relation suivante :
$$F_p = \frac{P}{S} \quad [5]$$

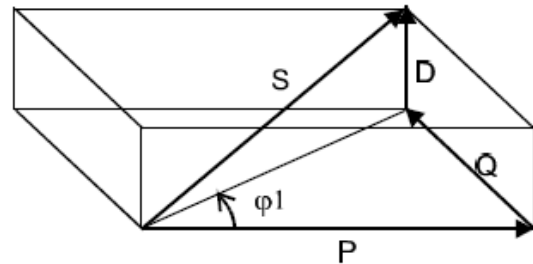


Figure IV .2 :Le diagramme de puissance

$$S = \sqrt{(P^2) + (Q^2) + (D^2)}$$

P (kW) est la puissance active de l'ASI

Q (kVar) est la puissance réactive,

D (kVa) la puissance déformante due

à la à la présence des harmoniques

φ_1 est le déphasage entre le fondamental du courant et de la tension.

Ainsi, les harmoniques, consomment en perte une puissance déformante qui diminue le facteur de puissance d'entrée.

Tableau 1 – Compatibilité de l'ASI avec une alimentation triphasée		
Technologie	Facteur de puissance théorique	Distorsion théorique du courant absorbé par l'ASI (%)
Redresseur non commandé (redresseur à diode)	$\frac{3}{\pi}$ soit 0,95	30
Redresseur commandé (redresseur à thyristors)	$0,95 \cos \alpha$	30
Groupement de deux redresseurs (solution dite en double pont)	$0,98 \cos \alpha$	15
Redresseur et filtre passif	0,99	8
Redresseur et filtre actif	0,99	< 5
Redresseur avec commande MLI	0,99	< 5

Tableau IV.1 : comparaison des différents facteurs de puissances des redresseurs

Le tableau IV.1 compare les différentes solutions pour les redresseurs alimentés en triphasé. Dans notre cas, on se retrouve dans le cas du groupement. Pour avoir une bonne efficacité de fonctionnement, il faut en réalité réaliser un fonctionnement avec un retard à l'amorçage identique pour les deux redresseurs, et voisin de zéro pour avoir le meilleur facteur de

puissance possible. Car le constructeur nous donne la courbe de la figure IV.3 suivante pour l'évolution du facteur de puissance.

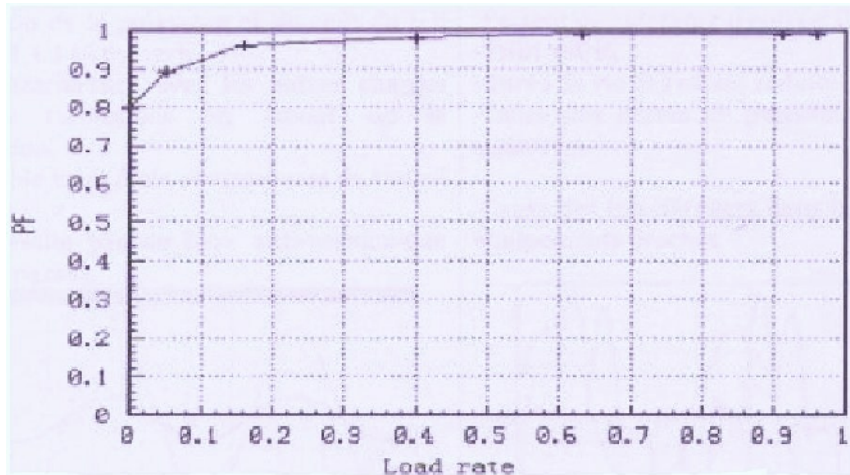


Figure IV.3 : Le facteur de puissance

Ainsi, en tenant compte de toutes ces données, on déduit que le rôle du transformateur n'est pas uniquement d'assurer l'isolation galvanique des redresseurs et du réseau, mais aussi

On désire une tension nominale redressé de 435V (voir tableau n⁰ (1)page 36)

$$U_{d1} = \frac{1}{T} \int_0^T v_{d1} dt = \frac{3U_{s1 \max}}{\pi} \cos \alpha = U_{d2} = \frac{3U_{s2 \max}}{\pi} \cos \alpha \quad [6]$$

$$U_{s1 \max} = U_{s2 \max} \quad [7]$$

$V_{s1} = \sqrt{3}V_{s2}$ Donc on déduit qu'il y a un rapport de $\sqrt{3}$ entre les enroulements des secondaire du transformateur.

De plus :

$$\text{Pour } \alpha = 0; U_{d1} = 435V, \text{ donc } U_{S1 \text{ amp}} = \frac{435\pi}{3} = 471V \quad [8]$$

Les deux couplages étant en triangle donc,

$$\frac{n_s}{n_p} = \frac{j_p}{j_{s1}} = \frac{U_s}{U_p} = \frac{333}{400} = 0.83 \quad [9]$$

La période de conduction de chaque interrupteur est retardée d'un angle (α) identique pour tous, le blocage étant assuré par la mise en conduction du suivant. (α) est appelé angle de retard à l'amorçage.

La tension moyenne (U_s) à la sortie du redresseur est donnée par l'équation suivante :

Sachant que :

$$V_1 = V \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega t)$$

$$V_2 = V \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega t - 2\frac{\pi}{3}) \quad [10]$$

$$V_3 = V \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega t - 4\frac{\pi}{3})$$

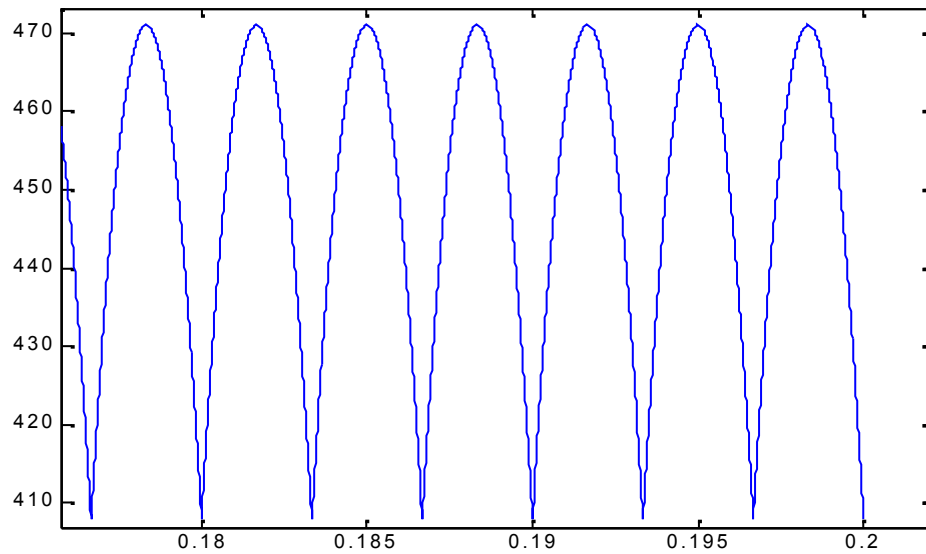


Figure IV.4 : Tension continu à la sortie du redresseur (aval)

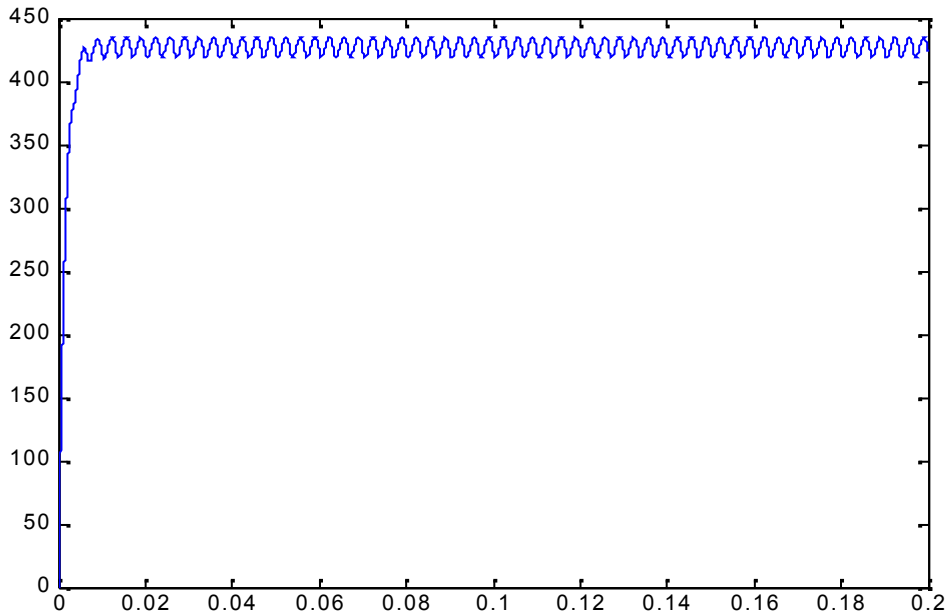


Figure IV.5 : Tension continue aux bornes de la capacité

IV.1.3-Influence de l'impédance de source et de la commutation :

En réalité, plusieurs phénomènes modifient ces valeurs théoriques et amènent une distorsion en tension :

- Les variations du courant ne sont pas instantanées et il se produit un phénomène dit d'empiètement (conduction simultanée de 2 thyristors) lors de la commutation. Le courant de ligne n'est plus exactement rectangulaire et son contenu harmonique est un peu modifié.
- l'impédance de lissage n'est pas infinie et le courant I_c présente une ondulation.
- la forme réelle des courants d'entrée et de sortie est donnée par la figure IV.6

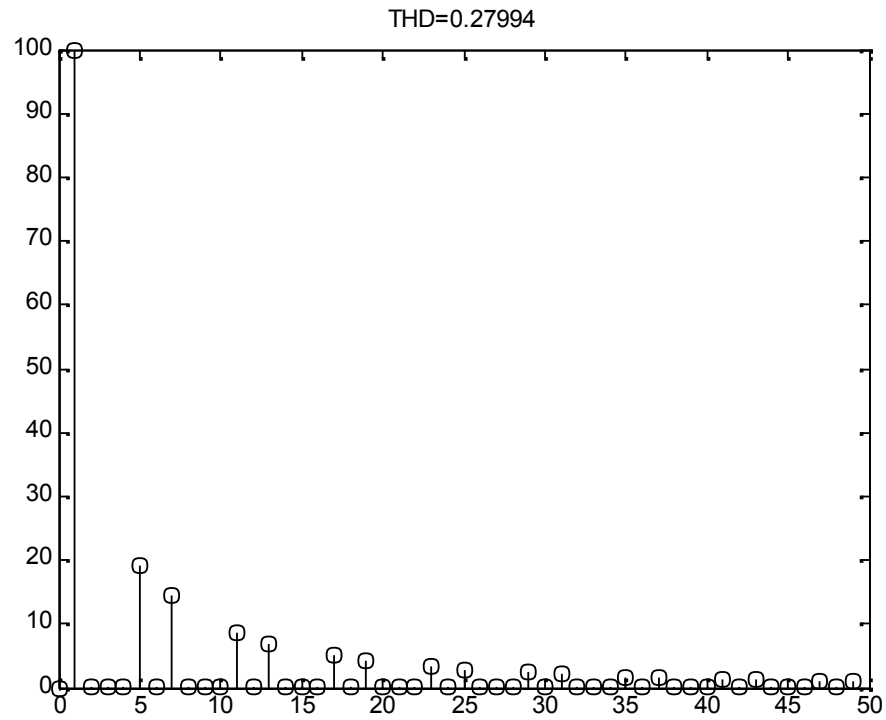


Figure IV.6 : Analyse spectral du courant au secondaire du transformateur avec le couplage étoile

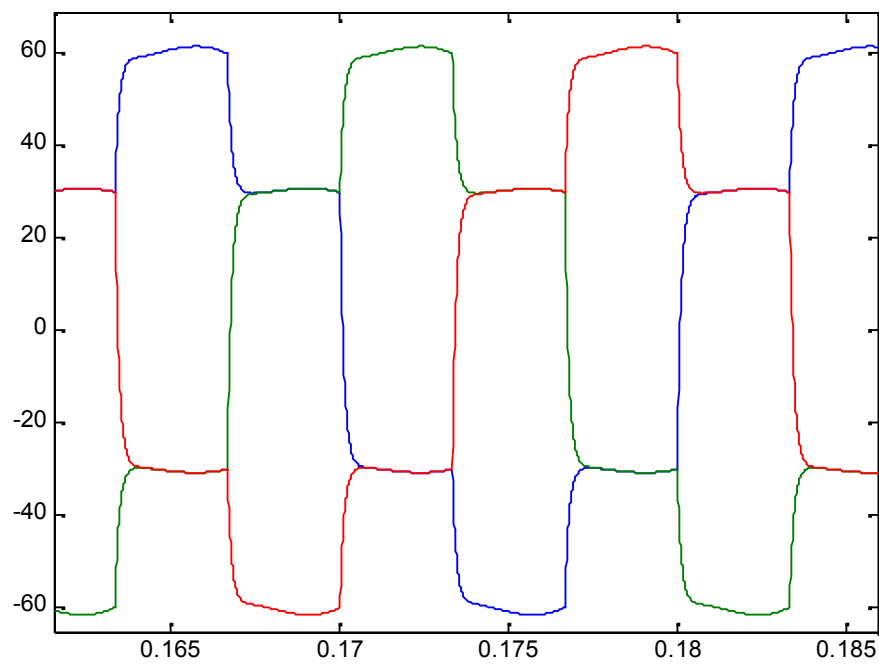


Figure IV.7 : forme du courant au secondaire du transformateur avec le couplage triangle

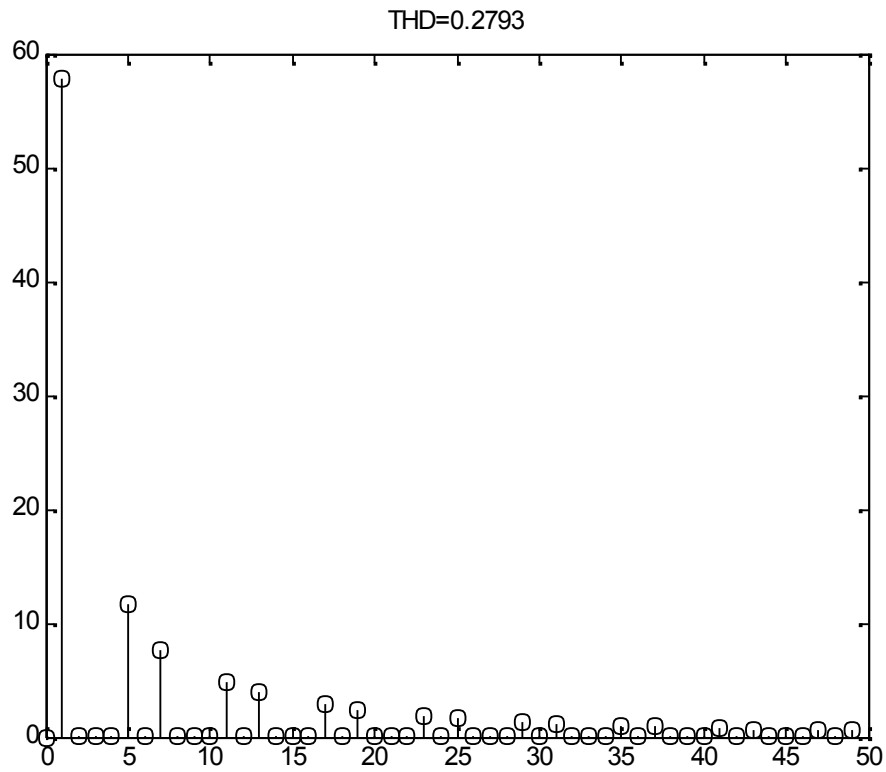


Figure IV.8 :Le spectre harmonique à l'enroulement secondaire de transformateur Dd

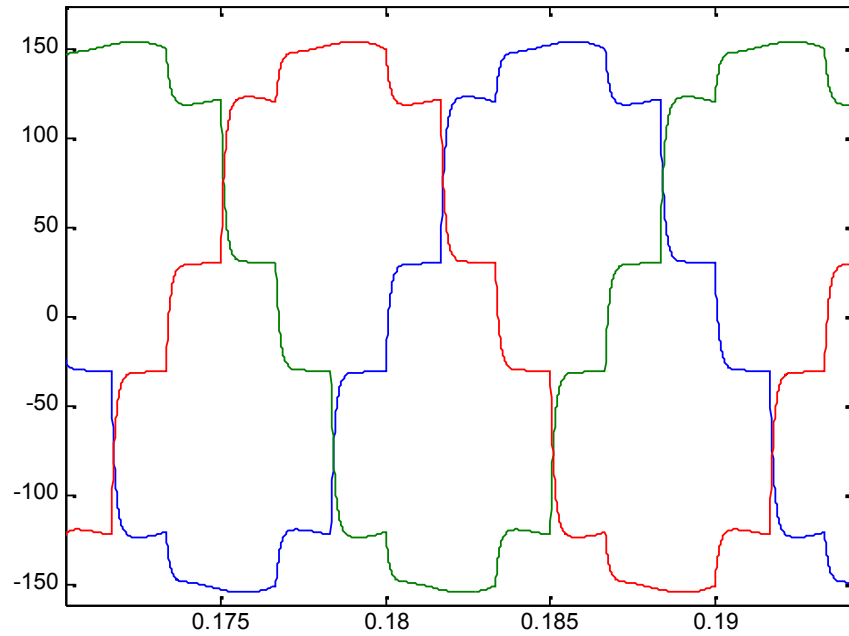


Figure IV.9 forme de courant au primaire de transformateur

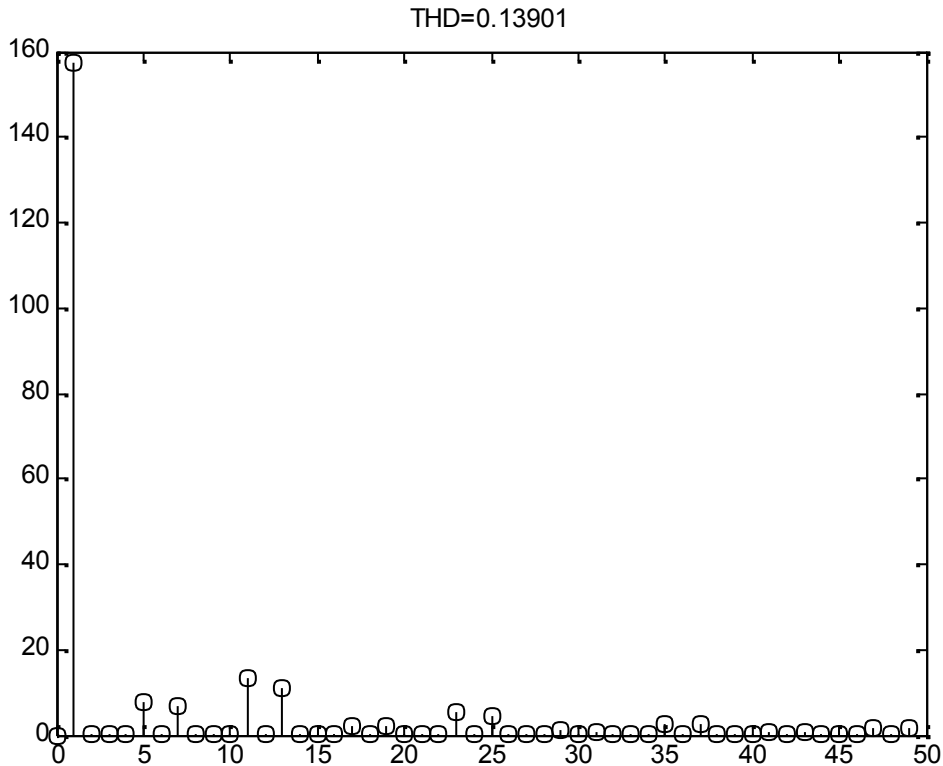


Figure IV.10 : analyse spectrale du courant dans l'enroulement primaire

IV.2- Convertisseur onduleur : [16]

L'onduleur prend une place importante à l'intérieur des systèmes UPS son emplacement sur celui-ci indique le mode de fonctionnement du système. En dit d'un système UPS qu'il est en attente passive lorsque l'onduleur est au repos. Il n'intervient que lors de la défaillance du réseau, pour convertir la tension des batteries d'accumulateurs en une tension alternatif. Un UPS à double conversion est celui où l'onduleur convertit la tension continue mise à sa disposition par le redresseur ou bien la voie de secours. La grande fiabilité et la disponibilité de l'énergie électrique sans faille (déterminé par l'autonomie de la batterie), dans Les Alimentations Statiques sans Interruption (ASI), et l'aptitude à générer des tensions quasiment parfaites. Sont due en grande partie à l'onduleur. Ce dernier à comme caractéristique de stabilisé la fréquence et la tension et de les rendre meilleurs que celle du réseau.

L'arrivée des transistors de puissance de technologie bipolaire, puis de technologie MOS (Métal Oxyde Semi-conducteur) et, depuis quelques années, la technologie I G B T (Insulated Gate Bipolar Transistor) a permis de simplifier le convertisseur onduleur, tout en augmentant

Ses performances. L'augmentation des performances est obtenue par la possibilité de découper à des fréquences supérieures à 1 kHz, puis à des fréquences inaudibles (environ à 20 kHz.). Cela permet de réduire le bruit acoustique et d'installer les ASI dans le bureau ou la salle informatique. De nouveaux principes de commande ont alors été introduits dans le pilotage des convertisseurs comme le découpage calculé et surtout la modulation de largeur d'impulsion (M L I) ou Pulse With Modulation (P W M).

IV.2.1-Modélisation du convertisseur de sortie [12]

IV.2.1.1-Principe d'un onduleur

Tous les convertisseurs de l'électronique de puissance sont à base d'une cellule universelle. Le rôle des interrupteurs est de pouvoir moduler la puissance entre source et charge.

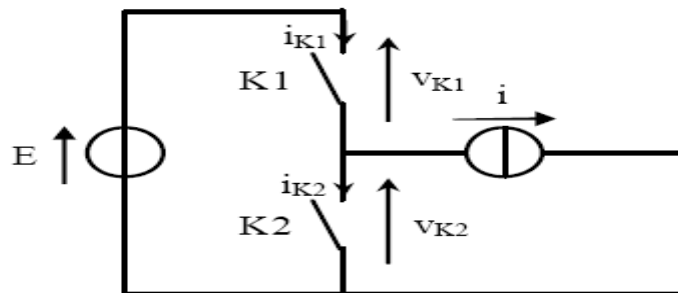


Figure IV.11 : L'acellule de commutation

Dans notre cas les sources de tension (Source) sont de nature continue et les sources de courant (Charge) sont de nature alternative, donc la conversion souhaitée est de type Energie Continue en Energie Alternative. Le convertisseur effectuant cette transformation est appelé onduleur. Dans les applications de moyennes puissances, les interrupteurs K_1 et K_2 sont constitués généralement de transistors avec une diode en antiparallèle.

Pour analyser le fonctionnement de cette cellule, on va introduire le formalisme des fonctions de connexion et de conversion, et ainsi, généraliser et modéliser le fonctionnement de n'importe quel convertisseur.

IV.2.1.2-Fonction de connexion

A partir de la structure de la figure IV.11, on élabore le schéma fonctionnel en disposant verticalement les charges, voir figure IV.12.

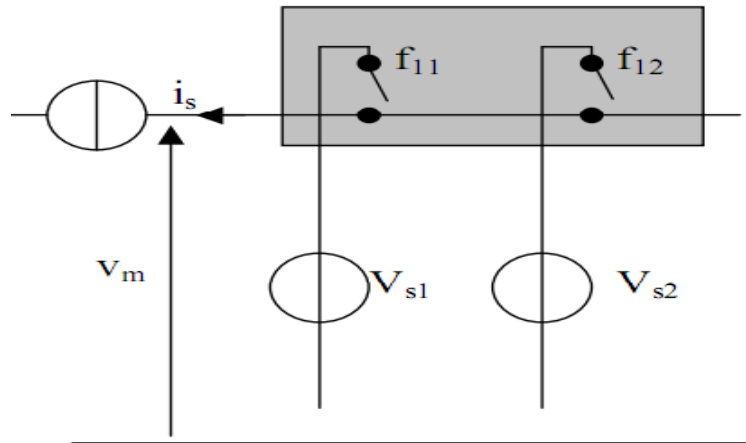


Figure IV.12 : Structure matricielle de l'onduleur en demi-pont

V_m : valeur instantanée de la tension aux bornes de la charge de nature source de courant alternatif.

V_{s1} , V_{s2} : valeur instantanée de la tension aux bornes de la source de nature source de tension continue.

f_{11} et f_{12} sont respectivement les fonctions de connexion des interrupteurs K_1 et K_2 avec

$$f_{11} \begin{cases} 1 & \text{si } K_1 \text{ est fermé} \\ 0 & \text{si } K_1 \text{ est ouvert} \end{cases} \quad [11]$$

$$f_{12} \begin{cases} 1 & \text{si } K_2 \text{ est fermé} \\ 0 & \text{si } K_2 \text{ est ouvert} \end{cases} \quad [12]$$

En vertu du respect des règles de transfert énergétique l'association de sources en parallèles ou en série au moyen d'un interrupteur ne doit pas engendrer de discontinuité énergétique ce qui implique :

- Une source de tension, dont la différence de potentielle n'est pas nulle, ne peut être mise en court-circuit lors de la fermeture de l'interrupteur.
- Une source de courant dont l'intensité n'est pas nulle, ne peut être mise en circuit ouvert, lors de l'ouverture d'un interrupteur.

Ces règles exigent :

$$f_{11} + f_{12} = 1 \quad [13]$$

V-2-1-3 : Fonctions de conversion

On appelle fonction de conversion $M_c(t)$, la fonction qui permet de passer de la tension d'entrée de l'onduleur à sa tension de sortie.

Pour la cellule choisie, on impose $V_{s1}=V_{s2}=E/2$ de telle sorte que :

$$v_m = M_c(t) \frac{E}{2} \quad [14]$$

L'onduleur en pont monophasé est réalisé en utilisant deux cellules universelles.

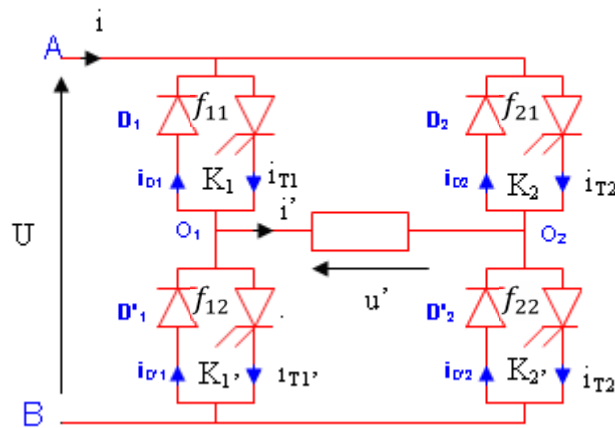


Figure V-13 : Onduleur en pont monophasé

f_{11} et f_{12} sont respectivement les fonctions de connexion des interrupteurs K_1 et K_1' et f_{21} et f_{22} sont respectivement celle de K_2' et K_2

$$f_{11} \begin{cases} 1 & \text{si } K_1 \text{ est fermé} \\ 0 & \text{si } K_1 \text{ est ouvert} \end{cases} \quad \text{et} \quad f_{12} \begin{cases} 1 & \text{si } K_1' \text{ est fermé} \\ 0 & \text{si } K_1' \text{ est ouvert} \end{cases} \quad [15]$$

$$f_{21} \begin{cases} 1 & \text{si } K_2 \text{ est fermé} \\ 0 & \text{si } K_2 \text{ est ouvert} \end{cases} \quad \text{et} \quad f_{22} \begin{cases} 1 & \text{si } K_2' \text{ est fermé} \\ 0 & \text{si } K_2' \text{ est ouvert} \end{cases} \quad [16]$$

Les fonctions (f_{11} et f_{12}) sont respectivement complémentaire, ainsi que (f_{21} , f_{22})

Etablissement de la fonction de conversion

$$u' = u_{o1} - u_{o2} \quad [17]$$

Avec

$$\begin{cases} u_{o1} = U & \text{si } f_{11} = 1 & \text{donc } f_{12} = 0 \\ u_{o1} = 0 & \text{si } f_{12} = 1 & \text{donc } f_{11} = 0 \end{cases} \quad [18]$$

$$\begin{cases} u_{o2} = U & \text{si } f_{21} = 1 & \text{donc } f_{22} = 0 \\ u_{o2} = 0 & \text{si } f_{22} = 1 & \text{donc } f_{21} = 0 \end{cases} \quad [19]$$

$$u' = u_{o1} - u_{o2} = U \cdot (f_{11} - f_{21}) \quad [20]$$

Ainsi la fonction de conversion dans ce cas est :

$$M_c(t) = f_{11} - f_{21} \quad [21]$$

V-3 : Commande MLI :

Un nombre important de stratégies différentes, suivant le choix des instants de commutations des interrupteurs (commandable à l'ouverture et à la fermeture), existe et reposent sur un compromis entre

- un spectre d'harmoniques minimal,
- une plage de variation de l'amplitude de sortie maximale,
- une facilité d'implantation et de mise au point,
- un coût abordable,
- une facilité de réglage de l'amplitude et de la fréquence des ondes de sortie.

L'implantation technologique des techniques de MLI peut être groupée en trois familles

- Commande analogique,
- Commande numérique avec calcul en temps réel,
- Commande numérique avec les instants de commutations préprogrammés.

Remarques

- Chacun des interrupteurs K_l et K'_l doit établir et couper le courant i' plusieurs fois pendant l'alternance positive et pendant l'alternance négative de ce courant.

- **Modulation synchrone ou asynchrone** : Pour les onduleurs à fréquence de sortie f variable, on peut travailler à fréquence de modulation f' constante. Tant que le rapport $\frac{f'}{f}$ est grand, L'indice de modulation « m » vari d'une façon continue en fonction de f ; s'il n'est pas entier donc la MLI est dite asynchrone, si par contre « m » est un entier naturel alors la MLI est dite synchrone
 - De la même façon, en modulation synchrone, le calage de la modulation par rapport à la référence n'a guère d'influence si m est grand (par calage on sous entend la présence des différentes symétries par rapport à $\frac{T}{2}$ et par rapport à $\frac{T}{4}$.)
 - Pour augmenter le courant du fondamental de u' au-delà de courant correspondant à r égal à 1, on peut donner à u'_w une amplitude supérieur à $\frac{U}{2}$ alors disparaissent les intervalles ou u' égal à $-\frac{U}{2}$ au milieu de la première alternance de u' et les intervalles ou u' égal à $\frac{+U}{2}$ au milieu de la seconde, il reste un large créneau au milieu de chaque alternance. Et des créneaux étroits de largeurs variables de part et d'autres.
 - Les harmoniques supprimés lorsque r est compris entres 0 et 1 reparaisent, mais ce n'est pas gênant pour certaines applications de sortie variable On ne pratique en effet cette sur modulation ou modulation latérale que pour les fortes valeurs de f et les harmoniques à filtrer sont alors de fréquence relative élevée.
 - Pour faciliter la réalisation numérique de la commande on remplace la sinusoïde, continûment en fonction du temps, par des valeurs discrètes une pour chaque période de modulation. autrement dit en effectue un échantillonnage synchrone.
 - Toujours pour la même raison dès que f'/f est suffisant en remplace l'onde de modulation en triangle par une onde en dent de scies.
- Avant de chercher cette relation, il faut établir le tableau de vérité des états des interrupteur K_1 et K_2 ;

f_{11}	f_{12}	$\frac{V_S}{2}$	v_m	$M_c(t)$
0	0	$\frac{V_S}{2}$	X	X (état non permis)
0	1	$\frac{V_S}{2}$	$\frac{V_S}{2}$	1
1	1	$\frac{V_S}{2}$	X	X (état non permis)
1	0	$\frac{V_S}{2}$	$-\frac{V_S}{2}$	-1

Tableau IV.2 : Table de vérité de la cellule universelle

L'intérêt majeur de l'onduleur en pont monophasé est le fait de pouvoir utiliser la modulation de largeur d'impulsion dite unipolaire, car le tableau précédant ainsi que la fonction de conversion nous permette de constater que nous permettent d'avoir trois niveau de tension, donc un taux de distorsion harmonique meilleur par rapport à la MLI dite bipolaire.

MLI Bipolaire

V-3-1 : Onde MLI unipolaire [12]

Considérons une onde rectangulaire $u(t)$ d'amplitude U , associons la à d'autres ondes $u(\alpha_i)$, décalées de l'angle α_i et d'amplitude U , afin d'obtenir une onde résultante $u_e(t)$ dont l'équation peut être mise sous la forme :

$$u_e = U + \sum_{i=1}^{i=k} (-1)^i \cdot u(\alpha_i) \quad [22]$$

Prenons un exemple avec $i = 2$, et construisons les représentations graphiques permettant la construction de l'onde MLI $u_e(t)$, en effectuant la somme algébrique : voire figure IV.14

$$u_e = U - u(\alpha_1) + u(\alpha_2)$$

[23]

17

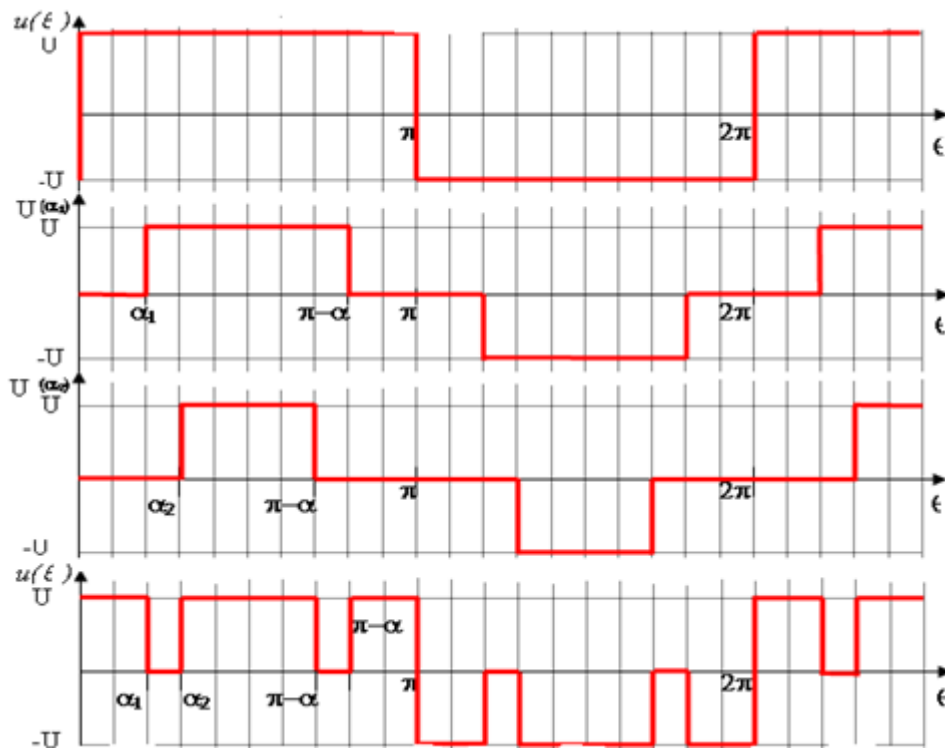


Figure V-14 : représentation de l'onde MLI unipolaire

IV-3.2 : Modélisation par bilan des puissances :

La série de Fourier de l'onde MLI unipolaire $u(t)$ obtenue aux bornes de la charge, ne comporte des familles d'harmoniques au tour de 'kmf' (avec k : entier naturel, m : indice de modulation et f : fréquence du fondamental) :

$$u(t) = \sum_n \sin n \omega t \tag{24}$$

L'amplitude du fondamental est :

$$V_1 = \frac{4U}{\pi} (1 - \cos \alpha_1 + \cos \alpha_2 + (-1)^k \cos \alpha_k) \tag{25}$$

Or, nous savons que seules les harmoniques de tension et de courant dont les fréquences sont égales, peuvent transporter de la puissance active.

Si l'onde de courant est sinusoïdale (Comme nous utilisons une modulation de largeur d'impulsion, donc nous pouvons supposer que le courant est parfaitement sinusoïdal), ne

présente pas d'harmonique supplémentaire, alors la puissance active consommée par la charge est due uniquement au fondamental de la tension elle est donnée par :

$$P = V_1 I_{eff} \cdot \cos(\vec{I}, \vec{U}) = V_1 I_{eff} = \frac{V_1 \cdot I_M}{2} \quad [26]$$

$$V_1 = r \frac{U}{2\sqrt{2}} \quad [27]$$

Le terme V_1 est la valeur efficace du fondamental de la tension $u(t)$.

De plus l'harmonique fondamental de la tension $u(t)$, est ici dans le cas de la charge globalement résistive (on négligera l'effet du facteur de puissance) en phase avec le courant $i(t)$.

Le but de notre onduleur est d'assurer une tension à la sortie, d'amplitude et de fréquence fixe quelque soit la puissance de charge et la tension du bus continu. Donc il s'en suit la nécessité d'une adaptation automatique de la puissance fournie à la charge selon ses variations.

Remarque :

- 1- Dans l'hypothèse d'interrupteurs parfaits, la puissance consommée par la charge est égale à la puissance fournie par la source de tension d'alimentation U .
- 2- les grandeurs électriques réelles telles que V_T, I_T, V_D, I_D , par nature discontinues ne peuvent plus s'exprimer directement. Par contre on peut exprimer des grandeurs continues équivalentes dans leurs effets, sur le réglage du courant I_s et de la tension V_s . Pour éviter toute confusion avec les grandeurs réelles, nous leur assignerons l'indice e pour équivalent

$$P_{sortie_ond} = P_{entre_ond} \quad [28]$$

$$P_{sortie} = V_{1\,eff} I_{eff} \sin^2(\omega t) = \frac{V_M I_M}{2} (1 - \cos(2\omega t)) = P_{moy} (1 - \cos(2\omega t)) \quad [29]$$

En pratique, un cahier de charges impose un taux de variation relative du fondamental de la tension de sortie. Fixons des valeurs usuelles telles que $\frac{\partial V_{eff}}{V_{eff\,desire}} < 0.1$ dans ces conditions on peut écrire :

$$\text{De la relation 21 nous avons : } U = \frac{V_1^2 \sqrt{2}}{r} = A * V_1 \quad [30]$$

$$P_{\text{sortie_ond}} = P_{\text{entre_ond}} = U * i_s \quad [31]$$

Avec:

$$i_s = i_c + I_{\text{moy}} \quad [32]$$

$$i_s = C \frac{dU}{dt} + I_{\text{moy}} \quad [33]$$

$$P_{\text{moy}}(1 - \cos(2\omega t)) = \left(C \frac{dU}{dt} + I_{\text{moy}} \right) U \quad [34]$$

Par identification

$$P_{\text{moy}} = I_{\text{moy}} U \quad [35]$$

$$\frac{V_1 I_1}{2} = \left(CA \frac{dV_1}{dt} + I_{\text{moy}} \right) AV_1 \quad [36]$$

Soit Z l'impédance de la charge, dans notre cas on considère que nous avons affaire à une charge (R,L) .

Si les puissances sont conservées, alors

$$I_{\text{moy}} = \frac{P_{\text{moy}}}{U} = \frac{V_1^2}{ZU} = \frac{V_1}{AZ} \quad [37]$$

$$V_1 I_1 = \left(CA \frac{dV_1}{dt} + \frac{V_1}{AZ} \right) AV_1 \quad [38]$$

Le réglage de V_1 (valeur efficace du fondamental de la tension à la sortie de l'onduleur) est possible par action sur la valeur efficace du courant de charge. La contrainte de forme du courant est supposée respectée. La présence d'une boucle à verrouillage de phase est indispensable dans ce cas pour le contrôle de la fréquence à 50Hz.

Malheureusement, le calcul du correcteur de tension reste très délicat car l'équation du système reste non linéaire. On peut néanmoins linéariser l'équation autour d'un point de fonctionnement afin de déterminer un correcteur dans le cadre d'une théorie linéaire. L'utilisation de la simulation permettra de vérifier le bien fondé ou non de la méthode en soumettant le système à différentes excitations.

$$\text{On écrit } \frac{V_1^2}{Z} + CA \frac{dV_1^2}{dt} = V_1 I_1 \quad [39]$$

$$\text{Avec } V_1^2 = (V_{1ref} + \partial V_1)^2 \quad \text{et} \quad I_1 = (I_{1ref} + \partial I) \quad [40]$$

De plus

$$\frac{V_1^2}{Z} = V_1 I_1 \quad [41]$$

En utilisons de nouveau la bonne règle du (1/10). Si $(\partial V_1)^2 \approx \frac{V_1^2}{10}$, alors

$$V_1^2 = V_{1ref}^2 + 2\partial V_1 V_{1ref} \quad [42]$$

On obtient la fonction de transfert du premier ordre suivante :

$$\frac{\partial V_1}{\partial I_1} = \frac{V_1}{V_{1ref}} \frac{Z}{1+ZACP} \quad [43]$$

Cette fonction de transfert ne nous cantonne pas à des variations microscopiques autour d'un point de fonctionnement.

Le calcul du correcteur PI peut alors s'opérer de façon classique par compensation du pole dominant et l'imposition d'une dynamique en boucle fermé.

$$\frac{\partial V_1}{\partial V_{1ref}} = \frac{1}{B} \frac{1}{1+\frac{T_i}{HB}P} \quad [44]$$

De pulsation de coupure

$$\frac{1}{2\pi f} = \frac{T_i}{B \frac{V_1 Z}{V_{1ref}}} \quad [45]$$

On déduit deux paramètres du correcteur

$$A_1 = \frac{2ZAC}{2T_i} \quad [46]$$

$$T_i = \frac{BZV_1}{2\pi f V_{1ref}} \quad [47]$$

Simulation

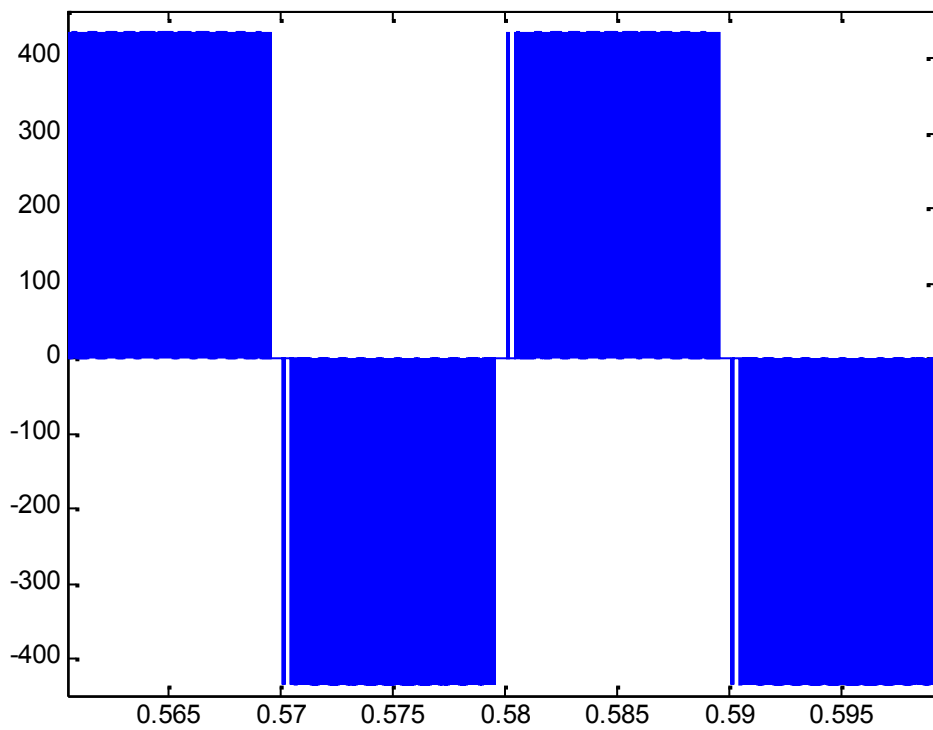


Figure IV.15 forme de la tension à la sortie de l'onduleur

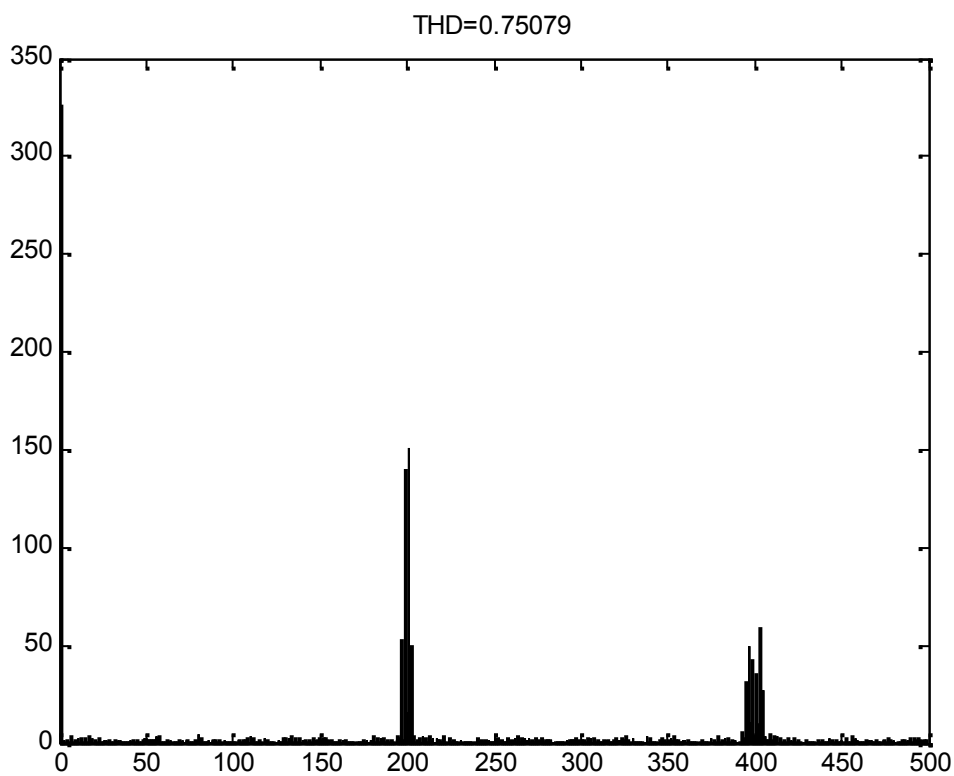


Figure IV .16 analyse spectrale de la tension

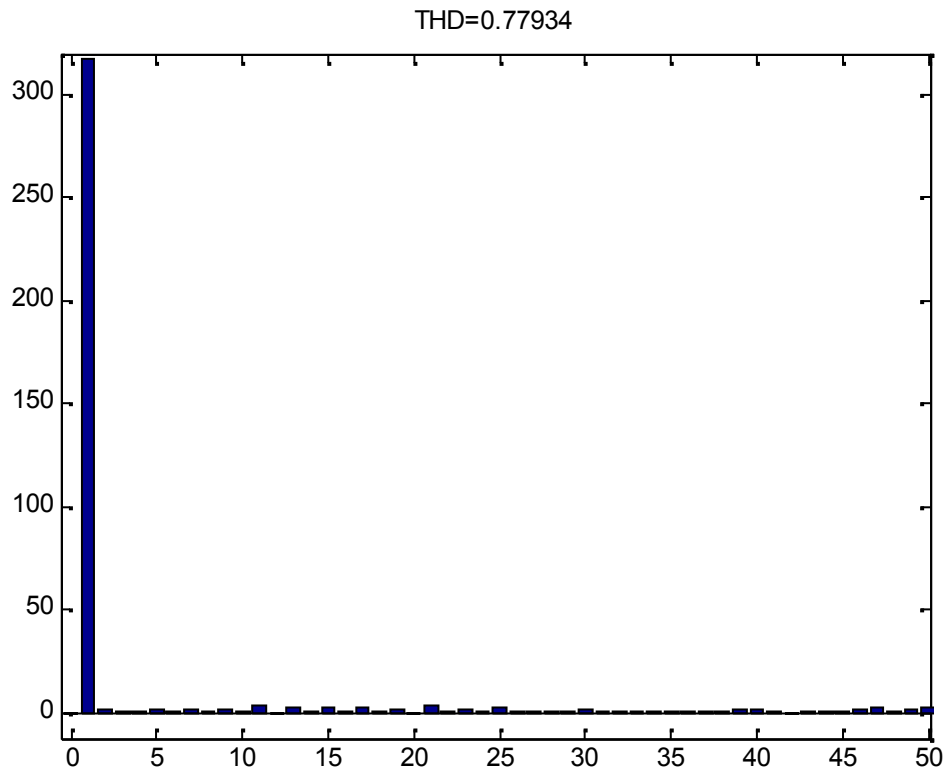
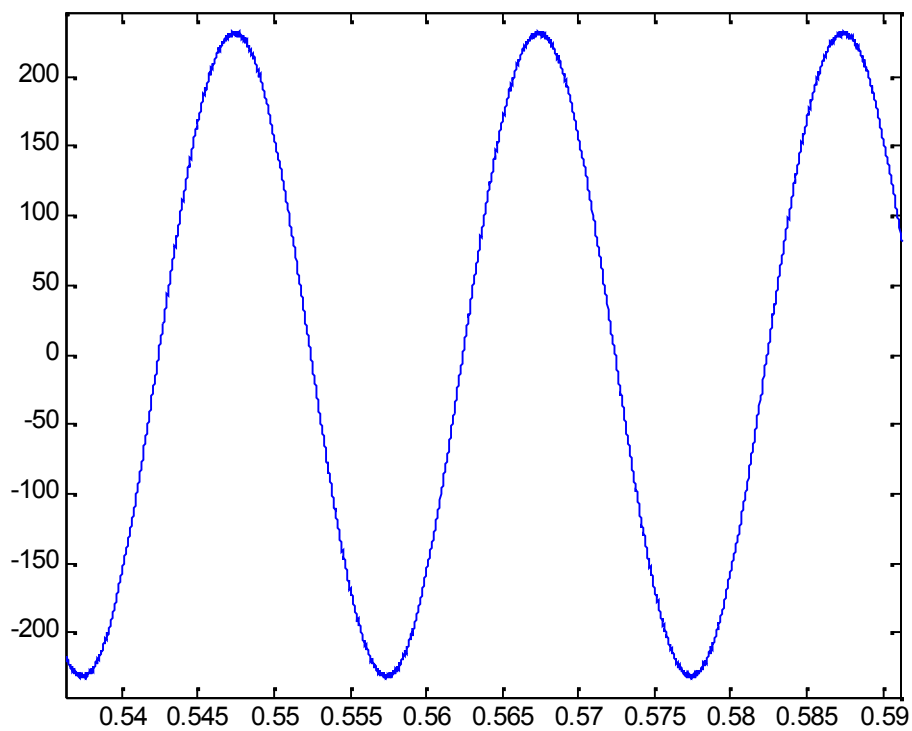


Figure IV- 17 : zoom du spectre de la tension



FigureIV 18:Forme du courant à la sortie de l'onduleur

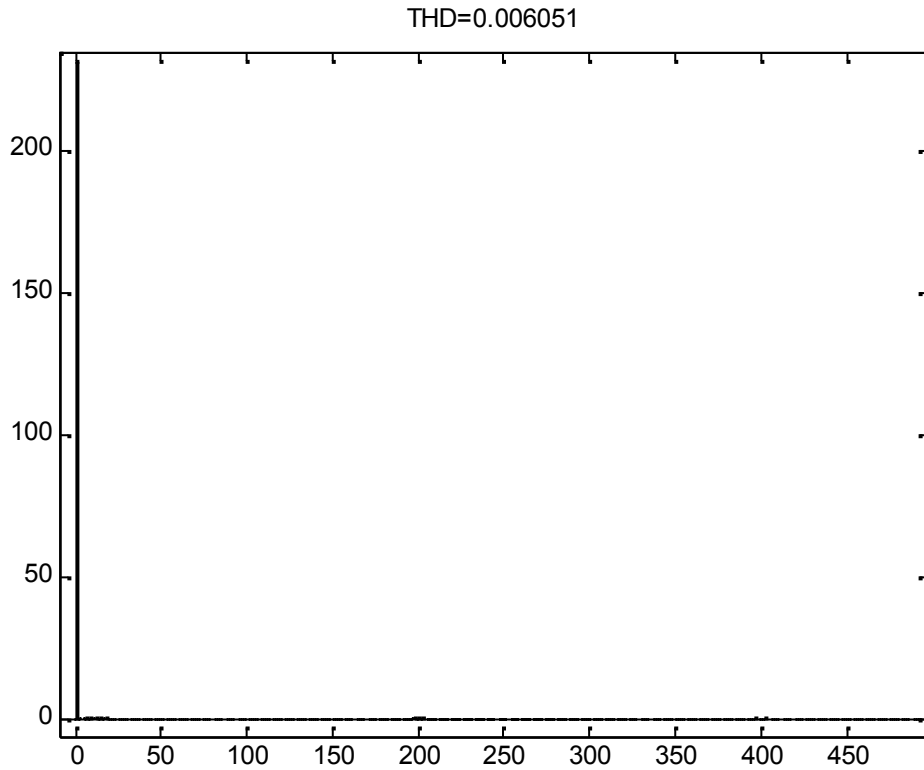


Figure IV 19: Analyse spectrale du courant

IV.4- La partie filtre [11] [12]

Le filtre, placé derrière l'onduleur est généralement de type L, C (voir figure IV.20).

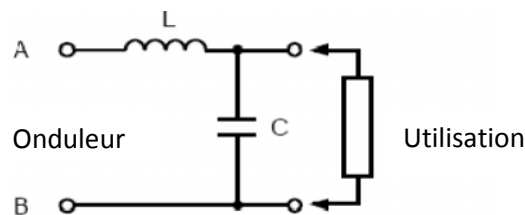


Figure IV.20 : filtre de sortie d'un onduleur

L'onduleur est ainsi une source de tension avec en série l'impédance du filtre. (En appliquant le théorème de Thevenin), voir figure IV.21 :

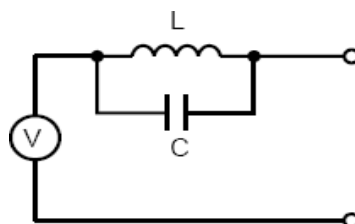


Figure IV.21 : schéma équivalent d'un onduleur vu de sa source

La tension V est la tension mesurée à vide, et l'impédance constituée des éléments L et C en parallèle, est l'impédance mesurée en court-circuitant les points A et B

IV.4.1-Onduleurs classiques :

Lorsque la fréquence de commutation est faible, la régulation peut faire face aux variations du courant absorbé par l'utilisation, compenser les variations de la tension de la batterie (ou du redresseur). mais l'adaptation en permanence aux variations de courant dues aux harmoniques sur une période est difficile. Pour ce cas d'onduleurs l'impédance de sortie est égale à l'impédance de leurs filtres. Ils sont qualifiés d'onduleurs classiques en raison des limites des capacités des semi-conducteurs à travailler à des fréquences élevées.

IV.4.2-Relation entre l'impédance de sortie de l'onduleur classique et la fréquence :

la relation qui subsiste entre eux est illustrée sur la figure IV.22 suivante

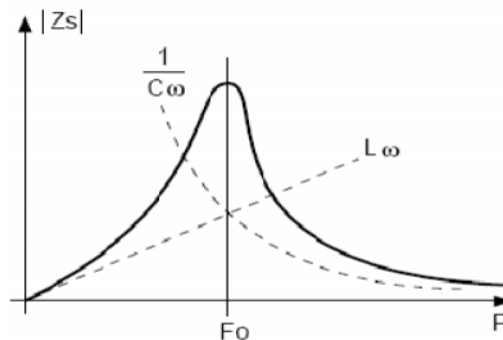


Figure IV .22: variation de l'impédance de sortie d'un onduleur classique avec la fréquence

Ce diagramme montre que pour les basses fréquences, l'impédance du filtre est sensiblement égale à $L\omega$. tandis que pour les fréquences élevées l'impédance du filtre est peu différente de $1/C\omega$. pour la fréquence de résonance

$$F_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}} \quad [48]$$

L'impédance du filtre Prend une valeur élevée pouvant atteindre en terme de grandeur l'impédance de charge nominale de l'appareil ($Z_s=100\%$ de Z_c).pour faire face à ce problème,

il y a plusieurs astuce pour diminuer l'impédance de sortie. A titre d'exemple : l'emplacement d'un filtre supplémentaire, ou bien le couplage spécial du transformateur Placé derrière l'onduleur en triphasé.

IV.4.3-Onduleurs à Modulation de Largeur d'Impulsion (MLI) et régulation :

Lorsque la fréquence de découpage de l'onduleur est élevée (à partir de quelques kHz) et que le principe de régulation permet d'intervenir rapidement en modifiant les largeurs d'impulsion au cours d'une même période, il est donc possible de maintenir la tension de sortie de l'onduleur dans sa zone de tolérance de distorsion même avec des courants déformés. Le diagramme fonctionnel d'un tel onduleur, repris dans la figure IV.23 est le suivant :

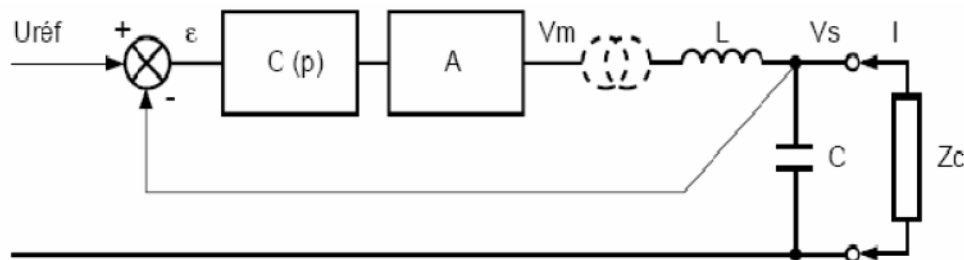


Figure IV.23 : diagramme fonctionnel d'un onduleur MLI

La tension de sortie Vs est comparée en permanence à une tension de référence Uréf qui est une sinusoïde à très faible taux de distorsion (< 1%).

La différence de tension ε est ensuite traitée par le correcteur de fonction de transfert C(p)

Destiné à garantir les performances et la stabilité de l'asservissement. La tension issue de ce correcteur est ensuite amplifiée par le mutateur proprement dit et sa commande avec un gain A. La tension Vm délivrée par le mutateur est mise en forme par le filtre représenté ici par les éléments L et C pour délivrer la tension de sortie Vs. Dans le cas général, il est utile de représenter l'ensemble de sortie (onduleur + filtre) sous forme d'une impédance série Z1 et d'une impédance parallèle Z2 voir figure IV.24

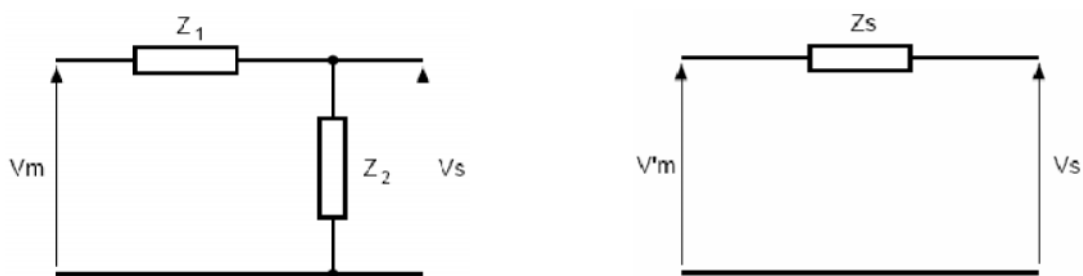


Figure IV.24 : schéma équivalent d'un onduleur vu de la sortie

$V'm$ = tension mesurée à vide, soit :

$$V'm = Vm \cdot \frac{Z2}{Z1+Z2} \quad [49]$$

Zs est mesurée en sortie en court-circuitant $V'm$, soit :

$$Zs = \frac{Z1 \cdot Z2}{Z1+Z2} \quad [50]$$

Le rapport $\frac{Z2}{Z1+Z2}$ est la fonction de transfert du filtre, soit $H(p)$.

La fonction de transfert de la chaine d'action est remplacé par $\mu(t) = C(p) \times A$.

Le schéma devient alors celui de la figure IV.25 suivante :

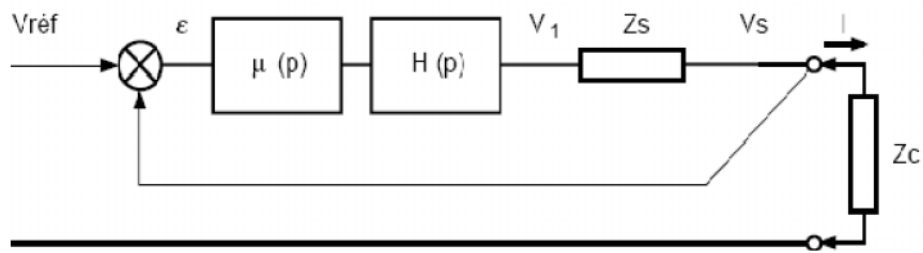


Figure IV. 25 : diagramme fonctionnel transformé d'un onduleur à MLI

Zs : impédance de sortie en absence de régulation.

En présence d'un courant appelé par la charge, il apparait une chute de tension aux bornes de l'impédance de sortie.

$$Vzs = V1 - Vs$$

$$\text{En développant en aura :} \quad V1 = \varepsilon \cdot \mu(p) \cdot H(p) \quad 51$$

$$\varepsilon = V_{réf} - Vs \quad 52$$

$$V1 = (V_{réf} - Vs) \cdot \mu(p) \cdot H(p)$$

$$V1 = Vs + Vzs = (V_{réf} - Vs) \cdot \mu(p) \cdot H(p)$$

D'où :

$$Vs = [1 + \mu(p) \cdot H(p)] = V_{réf} \cdot \mu(p) \cdot H(p) - Vzs$$

D'où

$$Vs = V_{réf} \cdot \frac{\mu(p) \cdot H(p)}{1 + \mu(p) \cdot H(p)} - \frac{Vzs}{1 + \mu(p) \cdot H(p)} \quad 53$$

Le premier terme représente le résultat obtenu pour un asservissement normal, lorsqu'aucune perturbation n'intervient. Ici la perturbation est introduite par la circulation du courant I dans L'impédance interne Z_s . lorsque la régulation est absente, la perturbation prend la valeur V_{zs} .

mais sa présence l'a limite à $\frac{V_{zs}}{1 + \mu(p) \cdot H(p)}$ Tout se passe donc comme si L'impédance de sortie de l'onduleur était divisée par : $1 + m(p) \cdot H(p)$.

Un calcul supplémentaire explicite cette impédance.

Dans la bande passante de la régulation, le produit $\mu(p) \cdot H(p)$ étant $\gg 1$, les calculs sont les suivants :

$$1 + \mu(p) \cdot H(p) \approx \mu(p) \cdot H(p) \tag{54}$$

$$Z_s' = \frac{Z_s}{\mu(p) \cdot H(p)} \quad \text{or } Z_s = \frac{Z_1 \cdot Z_2}{Z_1 + Z_2} \quad \text{et } H(p) = \frac{Z_2}{Z_1 + Z_2} \tag{55}$$

Donc :

$$Z_s' = \frac{Z_1 \cdot Z_2}{Z_1 + Z_2} \cdot \frac{1}{\mu(p)} \cdot \frac{Z_1 + Z_2}{Z_2} \tag{56}$$

$$\text{D'où : } Z_s' = \frac{Z_1}{\mu(p)} \tag{57}$$

Ce qui signifie que, dans la bande passante de la régulation, l'impédance de sortie de l'onduleur est égale à l'impédance série du filtre de l'ensemble de sortie divisée par le gain de la chaîne d'action.

Au delà de la bande passante de la régulation, l'impédance de sortie redevient celle du filtre mais c'est alors celle d'un condensateur qui présente une impédance faible pour les

Fréquences élevées. D'où l'allure de l'impédance de sortie en fonction de la fréquence représenté sur la Figure IV.26 suivante

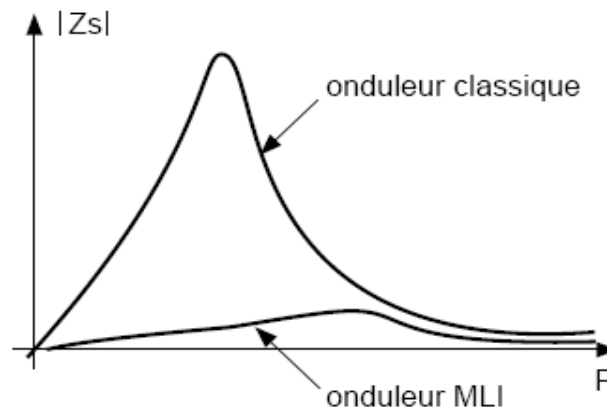


Figure IV.26 : comparaison entre les impédances de sortie d'un onduleur classique et un onduleur à MLI

Avec les onduleurs à MLI, l'impédance de sortie est très faible jusqu'à des fréquences élevées et la distorsion en tension de sortie due à la circulation de courants, même déformés, est Négligeable.

Limitation de courant :

Pour assurer un fonctionnement fiable de l'onduleur, il convient de limiter le courant qui passe dans ces propres semi-conducteurs et éviter les courants élevés qui ne garantissent pas les performances de ceux-ci, et cela ce fait quand le courant absorbé par la charge dépasse la valeur maximale assignée à l'onduleur et que celui-ci se transforme en générateur de courant constant jusqu'à ce que l'intensité demandée par la charge redescende en dessous du seuil fixé. Dans ces conditions, la tension de sortie ne suit pas l'allure de la tension de référence et, pendant tout le temps où il y a limitation de courant, elle est déformée.

Cette distorsion de tension est d'autant plus importante que la durée de la limitation est grande. Ce cas se rencontre essentiellement avec les charges monophasées constituées d'un redresseur avec condensateur en tête, pour lesquelles le facteur de crête est important. Il est Usuellement de l'ordre de 3, (valeur de crête 3 fois la valeur efficace du courant), alors que ce facteur est seulement de 2 avec une sinusoïde pure.

IV.4.4-Impédance de ligne et sa valeur

Il existe toujours une longueur plus ou moins importante de câble entre la source de tension et chaque utilisation. Qui comporte une impédance essentiellement composée d'une inductance L .

en série avec une résistance R (voir figure IV.27). La valeur de l'inductance ne dépend pratiquement pas de la section des conducteurs et la valeur habituellement retenue pour sa réactance en 50 Hz est de 0,1 W/km ce qui correspond à environ 0,3 mH par mètre. La valeur de la résistance dépend de la section du câble et sa valeur est : $r = 20 \text{ W/km}$ pour 1mm^2 . En première approximation, un câble pourra donc être représenté seulement par sa seule résistance pour les utilisations de petites ou moyennes puissances qui utilisent des conducteurs de faibles sections.

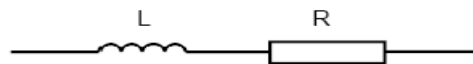


Figure IV.27 : Schéma équivalent d'une ligne

Note : pour les fréquences harmoniques, il peut être nécessaire de tenir compte de l'effet de peau. A cet effet, il faut rappeler que pour un conducteur en cuivre l'épaisseur de conduction équivalente, dite épaisseur de peau, est donnée par la formule :

$$A \text{ (mm)} = \frac{66}{\sqrt{F(\text{Hz})}}$$

Ainsi, à 50 Hz l'épaisseur de peau est de 9,3 mm, alors qu'à 1 kHz

elle n'est plus que de 2,1 mm. Il convient donc de tenir compte de l'effet de peau pour les conducteurs de forte section qui sont amenés à véhiculer des courants harmoniques de rang élevé.

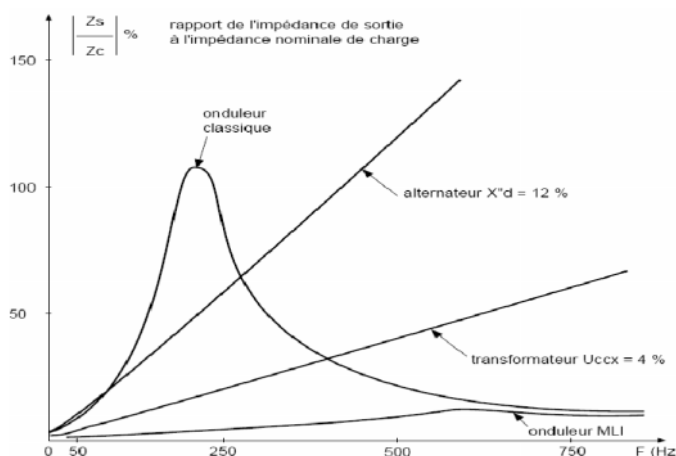


Figure IV.28 : impédance de sortie des différentes sources en fonction de la fréquence.

Conclusion :

Les onduleurs qui utilisent la technique MLI sont des sources de tension quasi parfaites. Outre leurs qualités de stabilité de la tension qu'ils délivrent et de la fréquence, ils sont les meilleurs générateurs pour l'alimentation des charges électroniques et informatiques. La célérité de leur système de régulation fait qu'ils ont une "impédance harmonique" très faible, ce qui leur permet d'alimenter, par une tension à faible distorsion, les récepteurs qui sont générateurs de courants harmoniques (charges non linéaires).

V.1-Introduction : [11] [12]

La compatibilité entre les différentes composantes du système UPS et sa fiabilité sont des facteurs essentiels à qui le constructeur prête une importance majeure. Et cela passe par le dimensionnement et le choix des éléments qui compose le système.

La plupart des ASI sont conçues à la base pour des installations monophasées ou triphasées avec le neutre mise à la terre. Des transformateurs d'isolements sont généralement disponibles en option pour permettre la conversion de ces autres installations en un fonctionnement avec neutre à la terre. Dans certain cas il sera demandé de prévoir des dispositifs additionnels de protection ou de coupure / sectionnement dans les installations. Avec des protections par disjoncteur, une temporisation doit être prévue pour éviter les déclenchements intempestifs dans les cas suivants :

- courants d'appel de l'ASI. A sa mise sous tension, une ASI peut absorber, sur le réseau pendant une période, un courant d'appel jusqu'à 10 fois son courant nominal à pleine charge.

Ceci peut aussi se produire si l'alimentation de la charge de l'ASI est transférée dans un mode de fonctionnement sur by-pass.

- courant de fuite à la terre du à la présence de filtres de CEM. Lors de la mise sous tension, les courants instantanés circulants dans les câbles d'alimentation peuvent ne pas s'équilibrés occasionnant un courant à la terre qui provoque le déclenchement du dispositif différentiels.

Selon la technologie de l'ASI la protection contre les surcharges peut être assurée par des circuits internes de limitation. Une exigence de sécurité impose que, lorsque la tension de sortie tombe en dessous de 50% de sa tension nominale, l'ASI s'arrête dans un maximum de 5 secondes.

V.1.1-Choix et dimensionnement de l'ASI : [12]

V.1.1.1- Choix du système :

Pour les faibles puissances, au-dessous de 2 KVA, le choix se fait plutôt sur la configuration de l'application. Dans ce cas, si l'alimentation est de bonne qualité, l'ASI de type Off- line est généralement retenue. Les charges sont bien identifiées et sont généralement des redresseurs avec réserve d'énergie. Les performances en temps de basculement sur la source de secours (10 ms) et de distorsion sur la tension de secours (onde quasi sinusoïdale) sont acceptables pour l'application.

Au-delà de quelques KVA, l'ASI à double conversion, qui permet de réguler en permanence la tension et la fréquence, est généralement utilisée. Ce type d'ASI est recommandé si le réseau d'alimentation est très perturbé.

V.1.1.2- Dimensionnement de l'ASI :[12]

Pour dimensionner l'ASI au-dessus de 2 KVA, on rappelle que la puissance apparente S :

- fait intervenir les valeurs efficaces de tension et du courant.
- se décompose en puissance active (P) et en puissance réactive (Q).
 - L'énergie active est l'énergie à fournir sur l'étage continu et, en particulier, par la batterie.
 - La puissance active s'exprime par $P = \lambda S$ où λ est le facteur de puissance.

Il convient d'ajouter le facteur de crête défini par le rapport $\frac{I_{crete}}{I_{efficace}}$; il caractérise la puissance instantanée demandée par la charge. Ce facteur est important, car il intervient sur la distorsion de tension en sortie de l'ASI. Pour un courant de forme sinusoïdale, le facteur est $\sqrt{2}$. Des facteurs de crête de 3 sont courants.

Le dimensionnement fait intervenir les éléments suivants

V.1.1.2.1-Caractéristiques de tension et de courant en régime permanent :

- Il faut choisir l'ASI adaptée à la puissance apparente de la charge.
- Il faut aussi vérifier que la puissance active de la charge est compatible avec celle de l'ASI qui est généralement définie avec un facteur de puissance $\lambda = 0,8$.

V.1.1.2.2-Puissance instantanée en régime permanent :

Sur les ASI modernes, les commutateurs de puissance permettent de passer les pics de puissance instantanée équivalente à un facteur de crête de 3 sur le courant, tout en ayant une distorsion sur la tension inférieure à 5 %.

V.1.1.2.3-Capacité de surcharge :

Elle est calculée sur des temps de l'ordre de plusieurs secondes, pour passer les courants de démarrage répétitif. Les courants d'appel à la mise sous tension de l'installation peuvent être fournis par la voie de secours qui a une capacité de surcharge pouvant aller jusqu'à 10 fois le courant nominal.

Selon la puissance demandée, il est possible de mettre plusieurs ASI en parallèle. Les puissances maximales des modules d'ASI se situent vers 800 kVA.

V.1.2- Choix et dimensionnement du stockage d'énergie : [11] [12]

Le stockage électrochimique est la solution utilisée depuis l'arrivée des onduleurs de secours avec les couples électrochimiques plomb-acide et nickel-cadmium. La technologie plomb dite plomb ouvert a subi une avancée majeure dans les années 1980 avec les batteries à recombinaison de gaz ou VRLA (Valve Regulated Lead Acid battery).

-Pour comprendre le dimensionnement de la batterie d'accumulateurs, on se base sur

- La capacité de la batterie (C 10 ou C 5) est donnée en Ah et pour une décharge en 10h ou 5h suivant le constructeur. C 10 ou C 5 est la quantité d'électricité et caractérise l'énergie stockée dans la batterie pour un régime de décharge en 10h ou 5h respectivement

V.1.2.1-Exemple : une capacité C 10 de 24 Ah signifie que la batterie peut débiter 2,4 A pendant 10h.

- Le taux de décharge définit le courant pendant le régime de décharge. Par convention, le taux de décharge s'exprime en fonction de la capacité.

V.1.2.2-Exemple : un taux de décharge de 3C 10 signifie que le courant de décharge est de 72 A pour une batterie de 24 Ah.

- L'autonomie est le temps écoulé jusqu'à la tension d'arrêt.
- La durée de Ve est l'âge de la batterie lorsque son autonomie réelle atteint 50 % de l'autonomie spécifiée.

Pendant son exploitation, la batterie est dans l'un des 3 états suivants :

- état de maintien de la charge stockée, où le chargeur fournit l'énergie pour compenser l'autodécharge des accumulateurs ;

- état de décharge où la batterie est un générateur d'énergie.

- état de recharge où la batterie est un récepteur d'énergie.

- Pour dimensionner la batterie, il faut déterminer le besoin en autonomie et la puissance que devra fournir la batterie.

Ce besoin en autonomie fait intervenir les aspects suivants :

- la durée moyenne de défaillance du réseau d'alimentation ;
- la présence ou non d'un groupe électrogène de secours ;
- le temps nécessaire pour faire un arrêt « propre » de l'installation
- la réduction d'autonomie due au vieillissement de la batterie.

- D'autres critères interviennent pour arriver au choix de la batterie, c'est-à-dire :
 - la durée de Ve souhaitée de la batterie ;
 - la capacité ou non de faire l'entretien de la batterie ;
 - l'installation dans un local technique ou en armoire.

Les constructeurs d'ASI définissent, en fonction de l'autonomie et de la puissance de l'ASI, les configurations de la batterie : associations en série et en parallèle d'éléments de 2 V ou de blocs de 6 V ou 12 V pour les batteries au plomb.

La mise en œuvre des batteries dans les états de décharge, charge et maintien de la charge, nécessite un savoir-faire des constructeurs d'ASI pour maintenir la disponibilité de cette énergie, c'est-à-dire :

- en décharge, maîtriser les tensions d'arrêt quel que soit le régime de décharge, pour éviter la décharge profonde des batteries, ce qui peut engendrer des phénomènes irréversibles en perte de capacité de la batterie.
- en recharge, maîtriser le courant de recharge et le passage en maintien de la charge, tenir compte de la température ambiante de la batterie,
- maîtriser l'environnement et l'installation de la batterie.

V.1.3- Mode d'utilisation des ASI : [12]

V.1.3.1- Les ASI monophasées compatibles avec les prises de courant 16 A :

Ces produits sont considérés sans installation. Ils sont compatibles en courant avec les prises 16 A. Ces ASI peuvent être alimentées sans précautions particulières parce que le courant de fuite à la terre est inférieur à 3,5 mA.

Le schéma des liaisons à la terre est souvent le TT, celui de la distribution publique.

Ces ASI s'installent dans le bureau et s'alimentent par la prise de courant 16 A. Le bruit acoustique de ces appareils est compatible avec un environnement de bureau.

V.1.3.2- Les ASI de moyenne et forte puissance :

Ces ASI sont dites avec installation. Elles sont souvent alimentées en aval d'un transformateur MT/BT. La distribution électrique est alors privée.

V.1.3.2.1 Choix du schéma des liaisons à la terre :

Le schéma simplifié de la figure V.1 représente le cas d'une ASI dite unitaire dans une configuration souvent rencontrée pour le schéma des liaisons à la terre.

Beaucoup d'autres configurations peuvent être rencontrées, soit pour l'ASI, soit pour les schémas des liaisons à la terre en amont et en aval.

V.1.3.2.1.a-Exemple : si le schéma des liaisons à la terre en aval de l'ASI est différent de celui en amont, il faut prévoir une séparation galvanique sur toutes les voies. Cela se fait par adjonction de transformateur à enroulements séparés et par la reconstitution du schéma de mise à la terre en aval du transformateur.

Sur la séparation galvanique, voici quelques données qui interviennent dans la définition de l'installation :

- la possession ou non de la voie principale de l'ASI d'une isolation galvanique.
- la présence ou non des tronçons communs en amont ou en aval pour réaliser la séparation galvanique.
- la présence d'une alimentation séparée pour la voie de secours ?

Pour traiter ce problème, il faut se reporter aux normes (NF C 15 100 et UTE C 15-402) et aux données du constructeur pour définir les dispositifs de coupure

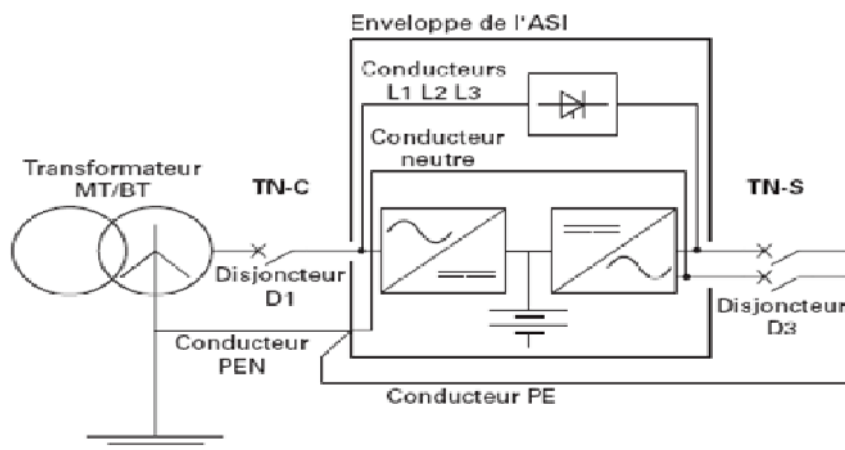


Figure V.1 Schéma d'installation d'une ASI standard

V.1.3.2.2- Raccordement des ASI au TGBT (tableau général basse tension) :

Pour choisir le disjoncteur D1 et la canalisation (cas de la figure V.1), il faut prendre en compte le courant de court-circuit du générateur et utiliser les données du constructeur sur l'intensité maximale absorbée du courant et sur les courants d'enclenchement.

En cas de défaut sur le redresseur de l'ASI, la protection interne est étudiée pour ne pas faire déclencher le disjoncteur D1. La possibilité d'alimenter la charge par la voie de secours est alors conservée.

Pour améliorer la disponibilité, la voie de secours peut être alimentée par une source séparée avec une canalisation dédiée conformément à la figure V.3. Comme pour D1, le choix du disjoncteur D2 doit se faire en utilisant les données du constructeur.

Le choix des disjoncteurs D3 doit utiliser en plus du courant de court-circuit de l'alimentation 2, celui de l'ASI pour assurer la sélectivité entre les départs, sans faire appel à l'alimentation 2. Par exemple, un défaut sur le départ 1 ne doit pas perturber le départ 2, cela en fonctionnement sur la voie normale de l'ASI. Il peut être nécessaire de fractionner les départs ou de surdimensionner l'ASI pour réduire la perturbation.

En fonctionnement sur la voie de secours, les disjoncteurs D1 dans la 1^{ère} configuration (figure V.2),

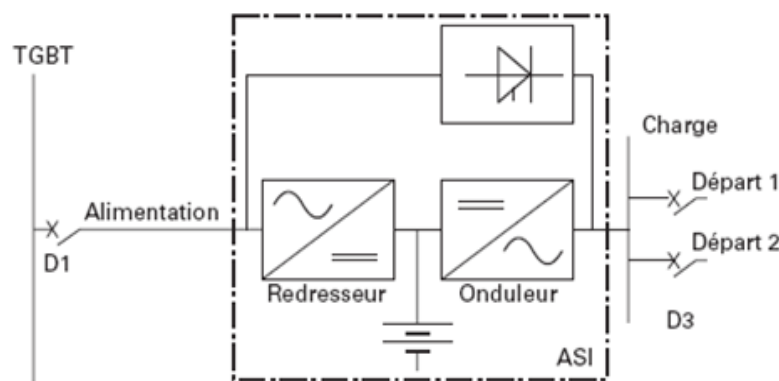


Figure V.2-Raccordement d'une ASI standard

Et D2 dans la 2^{ème} configuration (figure V.3) doivent être sélectifs avec le disjoncteur D3 mis sur les départs.

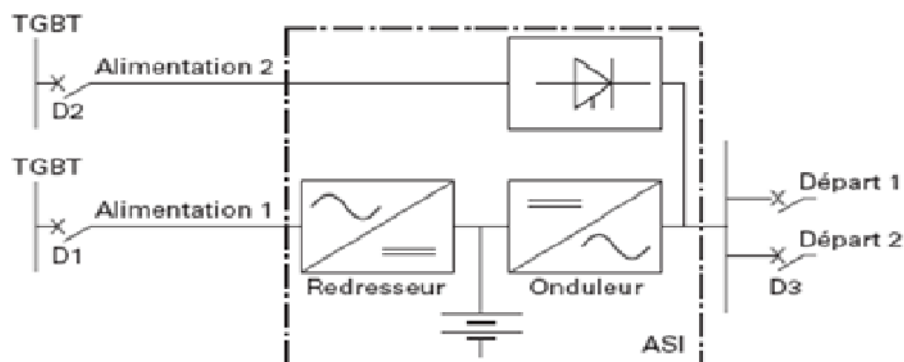


Figure V.3-Raccordement d'une ASI avec une alimentation séparée de la voie de secours

V.1.3.3- Installation de la batterie d'accumulateurs :

Les batteries d'accumulateurs à recombinaison de gaz ou VRLA sont imposées pour les applications de faible et de moyenne puissance, c'est-à-dire jusqu'à 150 Ah environ. Cette technologie à recombinaison permet d'installer ces batteries dans tout type de locaux.

Pour les besoins en capacités au-dessus d'environ 150 Ah, les batteries d'accumulateurs sont souvent de technologie plomb ouvert.

Pendant la recharge, ces batteries d'accumulateurs dégagent de l'hydrogène. D'où l'obligation d'installer ces accumulateurs dans un local aménagé et répondant à la réglementation définie dans les normes d'installation.

Un des points de la réglementation est la ventilation du local. Le débit d'air D (en $m^3.h^{-1}$) de la ventilation est donné par la formule :

$D = 0,05 N I_m$ avec N nombre d'éléments 2 V,

I_m (A) courant maximal de charge.

Pour avoir une durée de Ve optimale, la température ambiante au voisinage des batteries doit être comprise entre 15 et 25 °C.

V.1.3.4- Lieu d'installation et bruit acoustique :

Les ASI sont caractérisées en bruit acoustique selon la norme

ISO 7779 .Le bruit provient principalement de la ventilation interne de l'appareil et des forces électrodynamiques dans les circuits magnétiques des bobinages, qui sont sollicités à différentes fréquences.

Les données du constructeur sur le bruit sont un paramètre à prendre en compte pour installer le produit :

- Pour un bureau, le niveau recommandé est inférieur à 45 dBA ;
- Pour une installation dans une salle informatique, le niveau recommandé est inférieur à 60dBA ;
- pour des niveaux supérieurs, l'installation se fait dans une locale énergie dédiée.

V.1.3.5- Pertes thermiques des ASI :[11]

Les ASI ont des pertes thermiques qui peuvent élever la température du local en l'absence de dispositif de ventilation adapté. La ventilation du local doit être vérifiée en utilisant les pertes thermiques données par le constructeur.

Les ASI sont caractérisées en rendement (le rendement est le rapport de la puissance active en sortie sur la puissance active en entrée) pour différents niveaux de charge et dans l'état de maintien de l'énergie stockée pour la batterie d'accumulateurs.

Ce besoin de communication doit s'établir pour gérer l'arrêt propre de l'application. Pour cette fonction, l'ASI envoie une information pour arrêter correctement l'application avant la coupure effective de l'alimentation.

Le besoin de communication est aussi nécessaire pour gérer au mieux l'énergie stockée en fermant si besoin les applications moins prioritaires. Cette fonction est assurée en communiquant en permanence les performances de l'ASI comme le taux de charge et l'autonomie disponible.

Ces fonctions sont assurées par des logiciels à installer sur l'application et disponibles pour les différents environnements des réseaux.

V.1.4 Différents moyens : [12]

V.1.4.1-Communication par contacts secs :

Le système le plus simple est la fourniture de contacts libres de tout potentiel. Ces contacts sont caractérisés par les constructeurs en tension et en courant.

V.1.4.2-Communication de type informatique :

Les ASI proposent des interfaces RS232 (Recommended Standard 232) avec des protocoles ASCII (American Standard Code for Information Interchange) propriétaires. La communication avec le réseau Ethernet est possible par exemple avec le protocole SNMP (Simple Network Management Protocole)

V.1.4.3-Communication de type industriel :

Les ASI intègrent des interfaces de communication RS485 (Recommended Standard 485) avec des protocoles JBUS ou MODBUS de type maître-esclaves point à point ou multipoints, c'est-à-dire qu'un maître peut communiquer avec plusieurs esclaves.

V.1.5-surveillance et entretien du système d'alimentation :

La maintenance des ASI nécessite de surveiller et de pouvoir intervenir sur les équipements.

V.1.5.1- Surveillance de l'ASI :

Des logiciels de supervision permettent de lire les informations d'état, d'alarme, de mesure, disponibles sur les ASI. Le logiciel permet une visualisation personnalisée en fonction de l'installation.

Une surveillance à distance de l'installation est possible en se connectant au réseau téléphonique commuté (RTC), via un modem.

V.1.6- Maintenance de l'ASI :

Pour assurer l'entretien, les ASI de type interaction avec le réseau ou à double conversion disposent d'une voie de secours manuel appelée by-pass de maintenance et de dispositifs d'isolement pour intervenir sur l'ASI en toute sécurité tout en continuant à alimenter la charge. L'exemple de la figure V.4 est donné pour une ASI à double conversion.

V.1.6.1- Maintenance préventive :

Les alimentations statiques sans interruption utilisent en nombre réduit des composants qui demandent une maintenance préventive.

En plus des batteries, nous avons principalement les ventilateurs et les condensateurs chimiques. D'autres composants électroniques

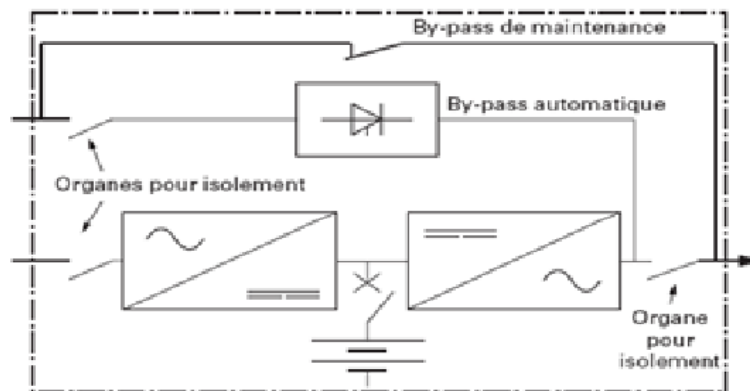


Figure V.4-Dispositifs pour assurer la maintenance des ASI

Ou électrotechniques ont une durée de vie limitée, mais celle-ci est du second ordre, soit parce que le composant est peu sollicité en nombre de manœuvres, soit parce que sa durée de vie dans les conditions d'utilisation est très supérieure à celle de l'ASI.

V.1.6.2- Entretien de la batterie d'accumulateurs plomb-acide :

L'entretien de la batterie d'accumulateurs est primordial pour l'efficacité de l'ASI. Il convient de suivre les recommandations des constructeurs.

Nous pouvons donner les règles suivantes :

- une température ambiante de 15 à 25 °C au voisinage des batteries est recommandée pour ne pas accélérer le vieillissement ;
- le temps de stockage de la batterie est limité ; les batteries d'accumulateurs au plomb-acide ont des taux d'autodécharge de l'ordre de 10 % par mois ; pour que ce phénomène d'autodécharge n'engendre pas une perte de capacité irréversible, les batteries doivent être rechargées tous les 6 mois ;
- toute batterie déchargée doit être rechargée pour éviter des phénomènes irréversibles de perte de capacité.

La batterie d'accumulateurs étant l'association en série d'éléments 2V, de blocs 6V ou 12V, il convient de mesurer les tensions des éléments ou des blocs en série pour s'assurer que le vieillissement est homogène.

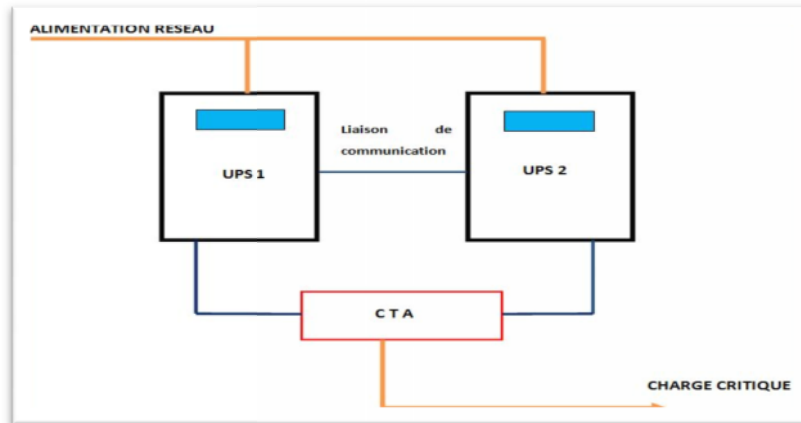
Si l'ASI doit être mise en arrêt prolongé, il convient d'ouvrir le circuit de la batterie pour éviter toute décharge.

V.2.1-Mode d'installation :[16]

Plusieurs UPS sont configurés dans un système pour permettre une augmentation de la capacité de charge et/ou pour améliorer sa fiabilité. Il existe plusieurs configurations avec plusieurs UPS. Ils présentent le même inconvénient : toutes comprennent des composants cruciaux qui ne sont pas redondants.

V.2.1.1-Système parallèle avec commutateur de transfert automatique (CTA) :

Ce système comprend un ou plusieurs modules UPS avec des sorties connectées par un commutateur qui détecte une chute de tension et transfère la charge vers un ou plusieurs autres modules.

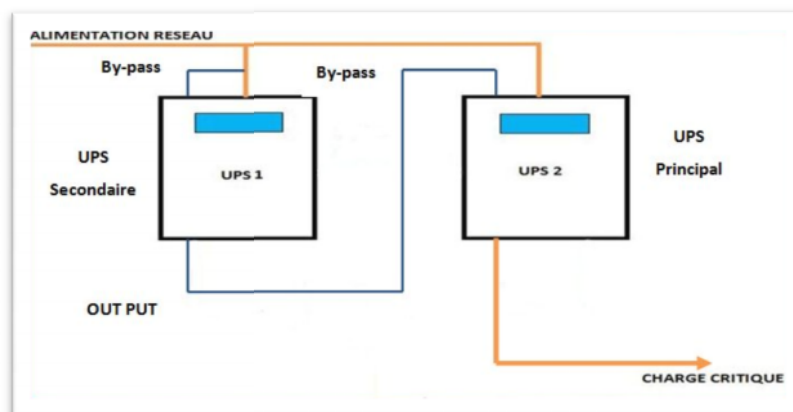


V.2.1.2-Système parallèle avec coffret de mise en parallèle :

Cette configuration utilise un ensemble externe d'éléments électroniques centralisés pour répartir la charge entre les modules UPS du système.

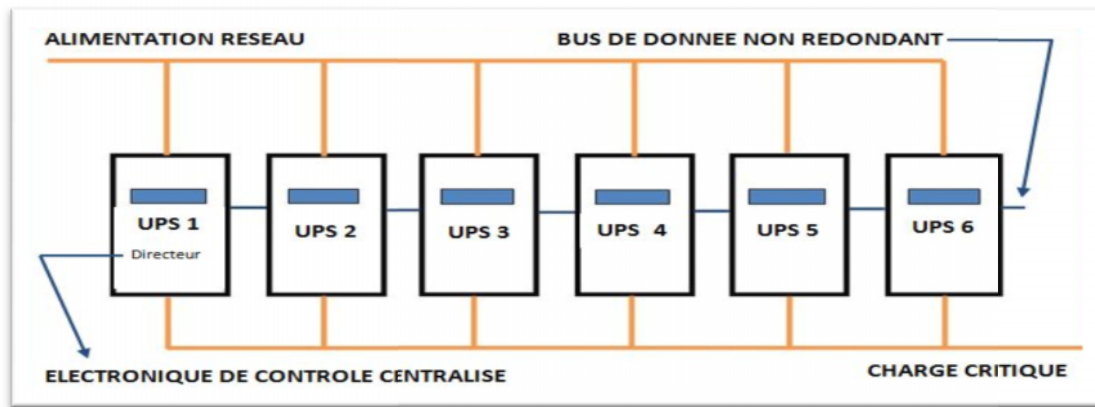
V.2.1.3-Système parallèle en cascade « haut standby » :

Le système en cascade ou le système isolé redondant utilise le commutateur statique de by-pass d'UPS principal pour relier la sortie d'un UPS secondaire (de réserve) à la charge.



V.2.1.4-Système parallèle avec logique centralisée :

Ce système est globalement identique à la configuration avec coffret de mise en parallèle, à ceci prêt, les UPS utilisent l'électronique de contrôle d'un module UPS « directeur » pour contrôler la répartition de la charge entre les autres modules du système.



V.2.3-Groupe de secours : [16] [8]

Les groupes électrogènes de secours peuvent suppléer l'alimentation réseau. Spécifier au fournisseur du groupe que la charge sera vraisemblablement un équipement électronique pour s'assurer que la régulation du groupe peut supporter des charges non linéaires et se synchroniser avec des tensions comportant une distorsion harmonique.

Le dimensionnement du groupe électrogène de secours dépend de plusieurs facteurs. Outre la puissance nominale, le taux d'harmoniques du courant absorbé par l'ASI est l'un des paramètres les plus importants à prendre en compte lors du choix d'un groupe. Plus le taux d'harmonique est élevé plus le risque d'une forte distorsion harmonique de la tension est élevé ; l'expérience suggère de maintenir le niveau de distorsion harmonique en dessous de 8% pour éviter des dysfonctionnements, un déclassement et un vieillissement anormal des équipements raccordés.

Le générateur de secours utilisé dans la station HRM est un V8 qui débite une puissance apparente de 2059 KVA et un courant de 2972A sous une tension de 400v et une fréquence de 50 Hz et un $\cos\phi = 0.8$ sous une température de 40°C , alors qu'à 55°C il débite une puissance de 1822 KVA et un courant de 2630 A.

Les courants harmoniques sont souvent générés par l'étage d'entrée (redresseur) de l'ASI s'il n'a pas fait l'objet de précautions ou d'un choix particulier. Les courants harmoniques deviennent une préoccupation majeure avec un système de moyens ou de fortes puissances, ou en cas de concentration de nombreux systèmes plus petits. La distorsion de courant et l'impédance de sortie de la source (transformateur ou groupe électrogène) génèrent et augmentent le taux de distorsion en tension de la source. Pour un taux d'harmoniques donné, plus l'impédance de source est élevée, plus la distorsion de tension est élevée.

Les paramètres suivants affectent la distorsion de la tension :

1. puissance maximum d'entrée de l'ASI.

2. impédances des câbles
3. impédance de la source (groupe électrogène)
4. spectre harmonique (taux de distorsion individuel de chaque rang 3, 5, 7, 11... etc
5. courant d'appel ou démarrage de l'ASI.

Les solutions pour réduire les faits des harmoniques sont :

A - réduire l'impédance de la source en augmentant la taille du groupe ou en améliorant ses performances (choix d'un groupe ayant une impédance de sortie plus faible) mais cette solution n'est pas la meilleure adaptée en terme de cout.

B - réduire soit le niveau des harmoniques amont généré par l'ASI soit les harmoniques au niveau des charges

- nous choisissons un équipement avec un courant d'entrée à faible taux d'harmonique

- en utilisant des dispositifs de filtrage externes additionnels :

- Des filtres à technologie active
- Des filtres passifs résonants accordés sur les rangs harmoniques les plus importants.

En général cette solution exige une analyse soignée du réseau avant l'installation en prenant compte des possibilités de résonance.

- Les deux solutions peuvent être utilisées séparément ou ensemble

V.2.4-Interface ASI- groupe électrogène : [16]

L'ASI peut communiquer et interagir avec les groupes électrogènes. Différentes interfaces permettent à l'ASI de modifier son fonctionnement lorsque le groupe électrogène démarre.

Par exemple en :

-inhibant la recharge de la batterie.

- augmentant les tolérances de la tension et de la fréquence d'entrée.

- désynchronisant la sortie de l'entrée.

-l'ASI peut aussi transmettre des informations du groupe électrogène a un ordinateur ou à un réseau informatique, pour la surveillance de la maintenance à distance(le DCS dans le cas de notre stage).

Avec cette option, le groupe électrogène peut bénéficier de l'intelligence des interfaces de l'ASI pour améliorer les fonctionnements des diagnostics et de surveillance

V.2.5-Installation des batteries :

La durée de Ve des batteries au plomb est réduite de moitié pour toutes élévations de 10°C de leur température ambiante au-delà de la température de référence 20/25 °C pour laquelle elles sont conçues.

Dans la mesure de possible il faut prévoir une installation dans un environnement disposant d'une régulation de température pour assurer une durée de Ve optimale.

Les batteries installées à distance de l'ASI doivent être équipées de dispositifs de protection correctement calibrés pour un fonctionnement en courant continu, installés le plus près possible des raccordements.

Un dispositif d'isolement doit aussi permettre la maintenance de la batterie. Si la batterie comporte plus d'une chaîne en parallèle, chaque chaîne doit pouvoir être isolée. Ceci permettra d'intervenir sur une chaîne en laissant les autres en fonctionnement.

Une ventilation appropriée doit être fournie afin que tout mélange potentiellement explosif d'hydrogène et d'oxygène, soit dispersé en toute sécurité et maintenu à une teneur en dessous des seuils dangereux.

Les batteries de type « valve réglées batteries » (VRLA), ou batteries régulées par valve, plus connues sous le nom de batteries étanches ou plomb à recombinaison de gaz, peuvent être installées dans des emplacements ne faisant pas l'objet de dispositions de sécurité particulières dans la mesure où le niveau d'aération demandé pour ces batteries est faible.

Les câbles entre les batteries externes et l'ASI doivent être dimensionnés de façon à ne pas dépasser les niveaux de chute de tension admissibles préconisés par le constructeur.

V.2.6-Calcul de la ventilation :

La quantité d'air « Q » nécessaire à la ventilation d'un compartiment batterie doit être calculée suivant la formule simplifiée suivante :

$$Q = 0.05 * n * I_{\text{gaz}} * C_{\text{rt}} * 10^{-3} (\text{m}^3/\text{h})$$

$$Q = 0.05 = v * q * s \quad (v = \text{densité d'hydrogène}, q = \text{hydrogène produit} ; s = \text{facteur de sécurité})$$

n = nombre d'éléments batterie

I gaz = courant produisant du gaz exprimé en Ma/Ah de capacité fournie, pour le courant de recharge en floating (I float) ou en charge forcée (Iboost).

Crt = capacité nominale de la batterie (Ah pour une batterie unitaire).

La formule de calcul de la quantité d'air « Q » varie avec la technologie de la batterie utilisée.

Le débit d'air de la ventilation doit être obtenu préférentiellement par une ventilation naturelle, sinon par une ventilation forcée (soutenue).

$$A = 28 * Q$$

Q = débit d'air (m^3/h)

A = surface libre de l'entrée d'air et de sortie (cm^2)

Exemple de calcul pour des batteries VRLA (étanches) à technologie AGM (batteries au plomb)

ASI avec 40 batteries de 12V (6 élément de 2V par batterie), de capacité 100 Ah

$$Q=0.05*n*I_{gaz}*Crt*10^{-3}(m^3/h)$$

$$=0.05m^3/h$$

N =nombre de batteries * Nb d'éléments par batterie= 240 éléments batterie (nombre total d'éléments)

I_{gaz} =1(mA/Ah) pour la tension de floating.

Crt =100 Ah

$$Q=0.05*240*1*100*10^{-3}=1.2(m^3/h)$$

$$A=28*1.2=33.6 cm^2$$

L'ASI s'intègre de plus en plus dans un système d'équipements communicants. Dans ce type d'environnement, l'ASI doit se compter comme un périphérique du système capable d'envoyer les informations répondant aux besoins de l'utilisateur. Ceci doit se faire de manière efficace et sûre, et souvent sous le pilotage d'un microprocesseur. La communication peut être devisée en deux types et à distance.

V.2.7-Communication locale :

Pour des informations plus spécifiques sur le fonctionnement de l'ASI et ses paramètres électriques, il est préférable d'équiper l'ASI d'un écran LCD pour fournir des informations claires. En outre il sera possible de mettre en œuvre des fonctions spéciales liées à l'utilisation et au diagnostic de l'ASI. Cette solution est adaptée pour les ASI de forte puissance.

Si l'exploitant ne possède pas d'un accès facile à l'ASI, cette dernière peut être équipée d'une signalisation à distance pour les principales fonctions d'exploitation. Cette option peut être transmise à des systèmes d'information alimentés par l'ASI, à un coffret de signalisation client ou à un synoptique de contrôle fourni avec l'ASI.

V.2.7.1-Communication ASI / utilisateur :

La communication entre l'ASI et l'utilisateur se fait par contact sec ou par une liaison série permettant l'arrêt maîtrisé des systèmes d'exploitation en cas de coupure et la transmission des informations d'état de l'ASI aux opérateurs.

V.2.7.2-Communication série :

Pour un diagnostic à distance plus détaillé de l'ASI, les informations peuvent être reportées sur un afficheur LCD ou directement sur un ordinateur personnel. Dans ces cas, la communication est réalisée via une liaison série RS232, RS422, ou RS485. Cette liaison garantit une transmission complète des informations par une simple paire de câbles torsadés. L'interface série peut être aussi utilisée pour afficher sur un PC une plus grande quantité d'informations que celles qui sont disponibles localement et ce, sans limitation de distance.

V.2.8-Réseau de communication :

Aujourd'hui, les ASI peuvent être connectés au réseau informatique et devenir un élément communicant vers les autres équipements du réseau. Lors du choix d'une solution de gestion de l'infrastructure physique des réseaux informatiques, il faut prévoir la gestion individuelle de chaque élément. Afin de visualiser toutes les informations nécessaires à la fiabilité de fonctionnement de l'infrastructure physique critique de réseau. Les solutions de gestion par élément constituent l'approche optimale car elles gèrent un type particulier d'équipement et ont la capacité d'assimiler et de gérer le volume important de données pour la disponibilité de réseau. Les interfaces réseau des ASI permettent leur gestion individuelle en les connectant directement vers le réseau via une adresse IP dédiée, évitant le recours à un serveur proxy. Les technologies embarquées des ASI procurent une fiabilité exceptionnelle et permettent aux ASI de redémarrer les équipements qui leur sont reliés. Chaque ASI peut être géré individuellement via le navigateur web, SNMP. La notification automatique nous informe des problèmes au fur et à mesure de leur apparition. Pour les serveurs protégés, un logiciel d'arrêt maîtrisé assure sans intervention l'arrêt propre des systèmes en cas de coupure prolongée.

Les systèmes de gestion technique centralisée (GTC) utilisent fréquemment des réseaux distincts de réseau informatique. Ces réseaux sont couramment reliés à l'aide de liaison série utilisant des protocoles propriétaires ou des protocoles standards comme MODBUS.

V.2.8.1-Communication entre ASI et un centre d'assistance technique :

La commande à distance peut être étendue et traitée jusqu'à devenir un complément du service d'assistance technique. Il est impossible d'établir une connexion, à l'aide d'une ligne téléphonique normal reliant l'ASI installé et le centre d'assistance technique, pour déclencher une alarme immédiate et permettre une surveillance préventive afin d'assurer un bon fonctionnement de l'ASI. Le niveau de détail des informations d'une ASI unitaire peut même inclure l'enregistrement des paramètres important lors d'événements particuliers.

Conclusion :

Nous avons présenté les alimentations statiques sans interruption comme réponse aux besoins en continuité de service et en qualité de l'énergie fournie.

L'offre en ASI du système de quelques centaines de voltampères aux systèmes parallèles redondants permet de répondre au besoin de sauvegarde d'une application bureautique ou scientifique monoposte, jusqu'aux applications en temps réel de traitement de l'information ou de processus industriel nécessitant une énergie et une continuité de service de haute qualité.

L'accroissement constant des performances de ces interfaces statiques a permis d'en faciliter l'installation dans les locaux, dans les réseaux électriques et dans le système d'information de l'application.

La norme décrit les dispositions de sécurité, incluant les protections contre les dangers de l'électricité, de l'électrolyte et des gaz explosifs. D'autres dispositions sont décrites pour assurer la sécurité de fonctionnement des batteries et des installations.

Conclusion générale :

Après cette étude consacrée au maintien d'une alimentation sans échec, nous pouvons conclure que la finalité du travail reste à compléter par essais pratiques auxquels nous n'avons pas le libre accès, faute de marche sans arrêt de ces systèmes de maintien d'alimentation.

Les résultats trouvés après simulations. Ont résumés les différentes actions des composantes du système sur les réseaux pollués. Confirment l'étude théorique stipulant que pour maintenir la tension et la fréquence dans leurs plages admissibles, en s'assurant que les valeurs limites sont respectées. Il est nécessaire de filtré les harmoniques provenant du réseau d'alimentation, des câbles de transport d'énergie, et des charge polluantes, et réglé la fréquence sur la plage de tolérance, toute en compensant l'énergie perdu par des batteries de compensation. C'est le principe de la régulation.

Si nous admettons que la régulation de l'énergie est la solution adéquate pour stabiliser la tension et la fréquence à travers le contrôle des transits d'énergie dans un réseau. Il reste à définir quel type d'ASI qui sera le plus approprié. Chaque installation d'ASI demande une étude particulière qui va prendre en compte la nature du réseau, le niveau de tension sur la ligne et le type de charge utilisée.

L'ASI statiques est un moyen moderne qui peut faciliter l'exploitation de l'énergie électrique en contribuent au contrôle de la tension et la fréquence. Parmi ses avantages, en peut citer

- Rapidité d'action
- Apport d'énergie de qualité au lieu du besoin
- Possibilité de commande à distance
- Absence d'éléments mécaniques, donc de mouvement et de vibration

Néanmoins, l'ASI présente quelques inconvénients relatifs à son exploitation et qui se résume comme suite

- Complexité technologique, ce qui demande du personnel très qualifié.
- Cout élevés, surtout pour les ASI de grande puissance.
- Installation spécial pour les ASI a redondances.

Les ASI statiques conçus pour améliorer la qualité d'énergie et compensée les pertes d'énergie, présente plus d'avantages que les dispositifs classiques toute en assurant la même fonction .C'est donc un moyen incontestable d'amélioration de la qualité du service.

Ce travail ne présente qu'une partie d'une étude des ASI qui sera espérons-le complétée par une étude pratique dans les années à venir

BIBLIOGRAPHIE

[1] : Site internet (www.bp.com)

[2] : **DOCUMENT TECHNIQUE** : Base d'étude de procédé
(engineering/Word/UB00BPPTT-B0000001.REVO.DOC)

[3]: **DOCUMENT TECHNIQUE** ISG HSE plan /engineering U400-4-xxxP-000-004-b
getting HSE right (ISG.pdf)

[4] : **DOCUMENT TECHNIQUE** : Philosophie de production et de distribution (ISG. pdf)

[5] : Site internet ([wikipédia](http://wikipedia.org))

[6] : **DOCUMENT TECHNIQUE** : Hassi R'Mel ESD (Emergency Shutdown / Arrêt
d'urgence) (ISG.pdf)

[7] : **DOCUMENT TECHNIQUE** : Philosophie de distribution et de production de l'énergie
électrique (ISG.pdf)

[8] : **DOCUMENT TECHNIQUE** : Protect 3.31 / xxx/ 120 KVA (AEG power solution)

[9]: Google Earth

[10]: **DOCUMENT TECHNIQUE**: Protect 3.31/xxx 60 KVA illustrations

[11]: **UNINTERRUPTIBLE POWER SUPPLIES AND ACTIVE FILTERS**

(Power electronics and applications series) by Ali Emadi ,Abd Elhocein Nasiri,Stoyan
B.Bekiarov crc press Florida 2005

[12]: **ALIMENTATIONS STATIQUES SANS INTERRUPTION (ASI)**

BIBLIOGRAPHIE

Service recherche et développement MGE UPS SYSTEM par Henri Mabboux

[13]: **CAHIER TECHNIQUE:** Fiorina (J.N). Onduleurs et Harmoniques (cas des charges non lineaires) Merlin Gerin N°159, Juin 1992

[14]: **DOCUMENT TECHNIQUE:** Hassi R'Mel (G-ER-085002) le 25/07/2002

[15]: **ELECTRICIAN'S TROUBLES HOOTING AND TESTING**

Pocket guide, Third (EDITON .Mc Graw-Hill, 1996)

By Alexander Kusko, sc.d, PE Marc T. Thompson. PhD (EDITION. Mc Graw-Hill 2003)

[16]: **ALIMENTATION SANS INTERRUPTION**

Antoile de FLIEURIEU (2009)

[17]: **"CARACTERISATION DE NOUVEAUX MODES DE MAINTIEN EN**

CHARGE POUR BATTERIES STATIONNAIRE DE SECOURS»

Guillaume Dillenseger. Memoire de doctorat (université montpellier II. 2004)

[18]: **DOCUMENT INTERNET:** www.XUASA.fr

[19]: **DOCUMENT TECHNIQUE: FIAMM .GPU .INDUSTRIAL BATTERIES**

Le 29/02/2000