



**COMPTE-RENDU DE LA VISITE**  
**DU PARC PHOTOVOLTAÏQUE DE PUYLOUBIER**  
**ET DU DEJEUNER A LA POPOTE DE LA LEGION ETRANGERE**  
**le jeudi 17 mars 2016**

Ventabren le 1<sup>er</sup> avril 2016

Ont participé à la visite du Parc Photovoltaïque de Puylobier :

EDF Energie Nouvelle : Céline SPITZHORN, Responsable d'Agence PACA, Aix en Provence, Francesco FARINA, Chargé d'Affaires et de Gestion d'Actifs, Béziers, Kevin CHARDON, Responsable de Zone, Eguilles.

Gérard MORFIN, Conseiller Municipal, délégué Développement Durable, MEYRARGUES

Des membres de l'Association Pays d'Aix en Transition dont Yannick ERARD et Jean-Luc GARNIER qui ont coordonné la participation de leur Association.

Des membres de l'Association VENTABREN DEMAIN ainsi que des habitants de Ventabren et leurs amis : Lydia LIEUTAUD, Michèle BENHAIM, Nicky COUZIN, Eric ROUZAUD, Xavier HEMON, Jean-Yves NEVEU, Muriel NEVEU, Philippe WAUTERS.

Des membres des Commissions Extra-Municipales sur l'Héritière et sur l'Energie, Commune de Ventabren : Corinne PINA, CPA, Chef du Service Energie, Annie ROUARD, Ventabrennaise, Véronique ESTERNI, Conseillère Municipale Vivre à Ventabren, Jean-Bernard FRAGET, Conseiller Municipal, Yann VILLARET Adjoint Urbanisme et Développement Durable, William VITTE Président VENTABREN DEMAIN.

**1 - LA VISITE DU PARC PHOTOVOLTAÏQUE DE PUYLOUBIER :**

Cette manifestation a été organisée par Corinne PINA pour la visite du Parc Photovoltaïque et par William VITTE pour le déjeuner à La POPOTE de La Légion Etrangère ainsi que pour la visite du Musée et des Ateliers de l'Institution des Invalides de la Légion Etrangère.

Trente personnes ont participé à la visite du Parc Photovoltaïque et vingt personnes ont déjeuné à La Popote.

Donc une belle participation à cette première manifestation organisée par la Commission Extra-Municipale sur l'Energie.

### **Présentation EDF Energies Nouvelles :**

EDF EN, filière à 100 % EDF est la branche Energies Renouvelables du Groupe EDF. 85% de son activité concerne l'éolien, les 15 % restants se partagent entre photovoltaïque, biomasse et énergies marines.

A destination des collectivités, entreprises, mais pas des particuliers, 10 % de l'activité d'EDF EN est réalisée en France.

### **Présentation du projet :**

Sur une ancienne carrière d'argile dont l'exploitation a cessé en 2004, la zone de 36 ha comprend 19 ha de panneaux solaires et possède la particularité d'inclure un point d'eau d'un hectare.

Les 86 600 modules ont été mis en service en 2010. Avec un rendement de 11 à 12 %, les 6,5 MWc permettent une production d'électricité correspondant à la consommation de 4100 habitants, chauffage **compris**. Ainsi Puylobier couvre largement les besoins de ses 2000 habitants.

Le raccordement électrique a été réalisé en souterrain sur 6 km pour rejoindre le poste de Rousset.

### **Prise en compte de la biodiversité dans le projet :**

Etant sur un site ouvert ( ancienne carrière ), une grande biodiversité a été trouvée avant la mise en place du projet. Cette biodiversité a été prise en compte en créant le plan d'eau et en réduisant la taille du parc, initialement plus grand. De plus, des suivis du lézard ocellé et de l'aigle de Bonelli permettent d'évaluer l'impact du projet sur la biodiversité. La mise en place de rochers favorise l'habitat du lézard ocellé. Les suivis réalisés permettent de se rendre compte que le site n'a pas perturbé la biodiversité locale.

Par ailleurs un plan de gestion de l'entretien du site a été mis en place et le désherbage est entièrement mécanique.

Du point de vue paysager, le morcellement en « parcelles de panneaux » permet de reproduire la typologie locale de parcelles de vignes. La plantation d'arbres en périphérie a permis de limiter la vue depuis la route.

#### **Concertation avec la population :**

Le projet a été largement animé par le Maire de Puyloubier et une large concertation a été menée ( chasseurs, riverains, usagers,... ). Le choix d'un site, initialement déjà dégradé, a été privilégié par EDF EN.

#### **Coût et production :**

Un tel projet a coûté, en 2010, environ 20 millions d'Euro (pour 19 hectares de panneaux). Le retour sur investissement en termes énergétiques a été d'environ 6 mois.

Depuis les coûts ont été divisés par trois.

L'ensemble des données de production d'électricité est envoyé vers le centre de contrôle de Béziers qui centralise l'ensemble des installations sur l'Europe. La production est intégralement envoyée sur le réseau.

#### **Appel d'offres CRE et législation en matière photovoltaïque :**

Depuis le moratoire, les pacs photovoltaïques qui veulent bénéficier du tarif de rachat privilégié d'EDF doivent répondre à l'appel d'offre de la Commission de Régulation de l'Energie ( CRE ). Six appels d'offre CRE sont prévus au cours des trois ans à venir, à raison de deux appels d'offre par an, chacun pour une enveloppe de 500 MW donc 1 GW par an, un en 2016, deux en 2017, deux en 2018 et un en 2019. Toutes les conditions ne sont pas encore connues et en particulier celle concernant le défrichement. Les conditions de rachat ont également été modifiées. Le prix de rachat du KWh comprend une partie fixe correspondant au prix du marché augmentée d'un complément de rémunération dans le cadre des appels d'offres CRE.

## **2 - LES PERSPECTIVES DE DEVELOPPEMENT DE L'ENERGIE PHOTOVOLTAÏQUE :**

**Voici les prévisions d'organismes experts en la matière ainsi que les conclusions d'études pertinentes sur le sujet :**

#### **INTERNATIONAL ENERGY AGENCY :**

Croissance des Energies Renouvelables prévue par l' IEA dans le monde entre 2013 et 2040 par source :

Eolien : 34 % - Hydraulique : 30 % - Photovoltaïque : 18 %

L'IEA met en avant le mix éolien - photovoltaïque dont l'utilisation sera multipliée par quatre car leur intégration tant du point de vue technique que commercial devient de plus en plus compétitive.

#### **EUROPEAN PHOTOVOLTAIC INDUSTRY ASSOCIATION :**

Je ne citerai que la conclusion du rapport GLOBAL MARKET OUTLOOK For Photovoltaics 2014 – 2018 :

The enormous potential of solar PV and its benefits for society are more obvious than ever. PV is becoming a mainstream player within the power system. Under all scenarios, PV will continue to increase its share of the energy mix in Europe and around the world, increasingly delivering clean, safe, affordable and decentralised electricity to people.

#### **AGENCE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA MAITRISE DE L'ENERGIE :**

Le rapport secret de l'ADEME dévoilé par Mediapart.

En 2050, la France peut produire 100 % de son électricité à partir des Energies Renouvelables : hydraulique, éolien, photovoltaïque, géothermie, bois, méthanisation, énergie marine avec la répartition suivante :

Eolien : 63 % Solaire : 17 % Hydraulique : 13 % Thermique ( dont géothermique ) 7 %

L'ADEME insiste sur l'importance de la mixité technologique, notamment de la complémentarité entre solaire et éolien, « facteur de résilience » du système électrique, le rendant moins dépendant des phénomènes météorologiques extrêmes.

#### **ACADEMIE DES TECHNOLOGIES :**

Le caractère aléatoire et intermittent de l'éolien et du photovoltaïque ne constitue pas un obstacle technique à leur développement. D'autant plus que des solutions de stockage fiables existent déjà ( STEP : Stations de Transfert d'Énergie par Pompage ) et que d'autres verront très certainement le jour au cours des prochaines décennies.

#### **SCHEMA REGIONAL CLIMAT AIR ENERGIE – REGION PACA :**

La feuille de route établie par le SRCAE aboutit à une production d'énergie renouvelable de 23 TWh en 2020, 33 TWh en 2030 et 56 TWh en 2050, couvrant ainsi 67 % des consommations d'énergie à l'horizon 2050.

La filière photovoltaïque au sol dispose d'un potentiel de développement très important et se trouve dans une dynamique de forte croissance.

Les objectifs de développement retenus pour cette filière sont une puissance installée annuellement, en moyenne sur la période 2009 – 2030, de 100 MWc / an, soit 140 ha de terrains mobilisés annuellement. Ces objectifs visent à exploiter plus de 40 % du potentiel en 2030.

### **PLAN CLIMAT ENERGIE TERRITORIAL - PAYS D'AIX :**

Le PCET prend en compte les orientations du SRCAE en se donnant comme objectif de diviser par quatre les émissions de gaz à effet de serre d'ici 2050.

Le PCET préconise :

- L'urbanisme et l'architecture devront être mieux adaptées aux conditions climatiques et énergétiques.
- La mise en place d'une filière solaire thermique ( production d'eau chaude sanitaire ).
- L'utilisation de la production électrique photovoltaïque à consommer en local ( dans les zones d'activité )

### **SCHEMA COHERENCE TERRITORIAL - PAYS D'AIX :**

Le Pays d'Aix, à travers le SCoT et en lien avec le PCET, développe une politique énergétique ambitieuse visant à répondre aux objectifs européens et nationaux à l'horizon 2020. Il souhaite promouvoir les énergies renouvelables locales pour réduire sa dépendance aux énergies fossiles et améliorer son taux de couverture énergétique.

Un schéma des énergies renouvelables est en cours d'élaboration en Pays d'Aix.

La production d'énergies renouvelables sur le territoire est en grande part liée à la présence de deux centrales hydrauliques. Toutefois au regard de l'Etat Initial de l'Environnement ( EIE ) l'énergie solaire ( thermique et photovoltaïque ) et le bois-énergie offrent la plus grande capacité de progression. Il convient donc de prendre en compte ce potentiel de développement.

Le PADD parle en plus de biomasse et le DOO de petit éolien.

### **INSTITUT NEGAWATT – PROJECTION PACA :**

Rappelons le CREDO négaWatt : **Sobriété – Efficacité - Renouvelables**

Le scénario énergétique ambitieux retenu permet de constater :

L'**électricité** est l'usage ( ou plutôt le « vecteur » ) le moins complexe à couvrir avec 100 % d'énergie renouvelable. C'est donc le vecteur le plus rapidement produit en « 100 % renouvelable », généralement autour de 2030-2040.

La **chaleur** est le second usage qui passe en « 100 % renouvelable ».

Les **transports** sont nettement plus complexes à traiter.

La première source d'énergie renouvelable est la biomasse. Elle est valorisée pour la chaleur et pour les transports.

La première source d'électricité renouvelable est l'éolien, suivi du photovoltaïque.

En 2007, le parc installé en région PACA est seulement d'environ 1,5 MW pour une production annuelle aux alentours de 1,7 GWh. La croissance de cette filière est toutefois très forte, puisqu'en 2011 on compte 249 MW installés en toiture et 57 MW au sol.

La scénarisation est basée sur une étude de 2009 qui détermine les potentiels réalisables sur la région de manière assez précise. Elle détermine les surfaces de toitures et surfaces au sol pour toute la région et analyse les contraintes techniques, patrimoniales et environnementales pour estimer le potentiel mobilisable.

Cette scénarisation conduit à une installation de 1 200 MW en toiture et 1 600 MW au sol d'ici 2020, pour une production annuelle de 3 883 GWh. D'ici 2050, les presque 9 000 MW installés au total assureront une production de plus de 11 TWh chaque année.

### **CONFERENCE REGIONALE POUR LA TRANSITION ENERGETIQUE :**

La troisième Conférence Régionale pour la Transition Energétique a été organisée par le Conseil Régional le 16 février 2015.

Elle a défini des outils et des procédures opérationnelles afin d'organiser concrètement la Transition Energétique en Région PACA. Ils sont donc également disponibles pour organiser la Transition Energétique à VENTABREN !

La loi sur la TE a été votée en seconde lecture par l'Assemblée Nationale le mardi 26 mai 2015.

**A nous de l'appliquer dans notre Commune.**

**Et maintenant, un peu de technique photovoltaïque !**

Ce chapitre s'est très librement inspiré du très beau et très didactique diaporama réalisé par Bernard DEREY, Responsable Exploitation et Maintenance Parcs Photovoltaïques, SIEMENS Energy, que nous avons rencontré, Yann VILLARET et moi-même, lors de la visite du Parc Photovoltaïque des Mées.

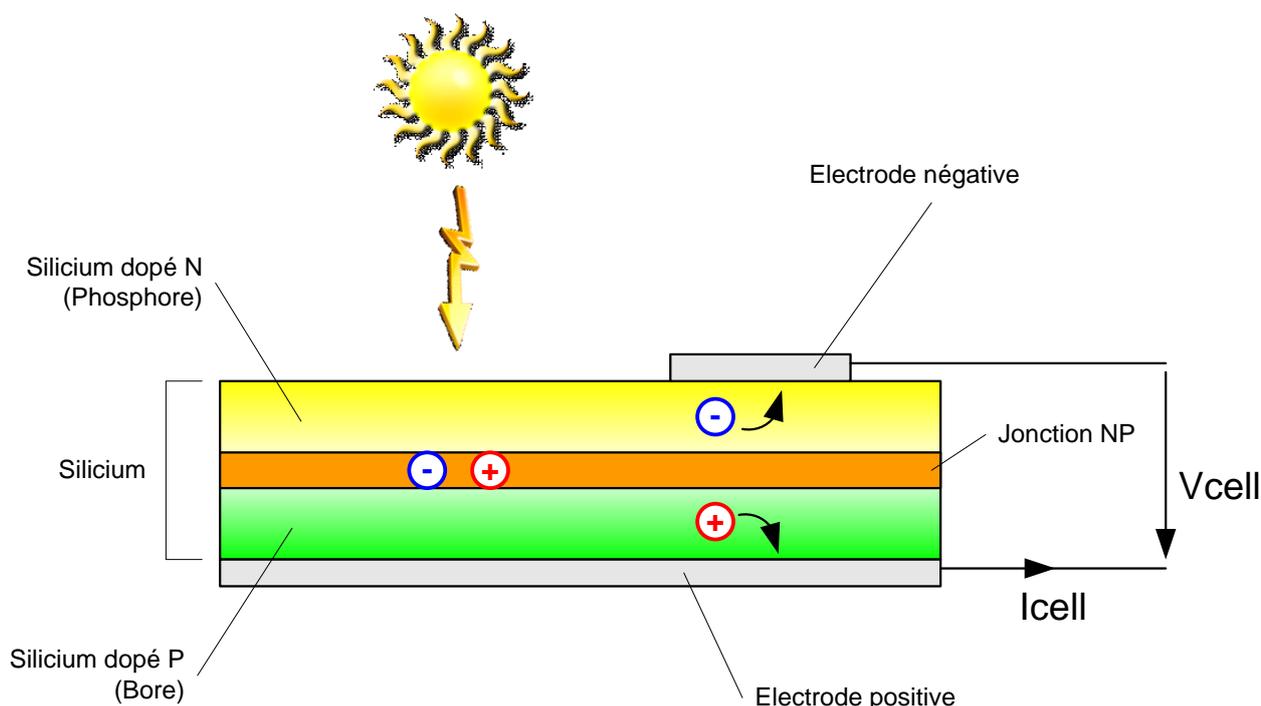
Je lui suis très reconnaissant pour cet apport très pédagogique.

### 3 - L'EFFET PHOTOVOLTAÏQUE :

C'est **Alexandre Edmond Becquerel**, né à Paris le 24 mars 1820 et mort à Paris le 11 mai 1891, **physicien français**, qui découvre en 1839 l'effet photovoltaïque.

L'effet photovoltaïque correspond à l'apparition d'une tension aux bornes d'un matériau **semi-conducteur** exposé à la **lumière**.

#### PRINCIPE DE L'EFFET PHOTOVOLTAÏQUE :



Le silicium polycristallin est distribué en deux couches dopées.

Le dopage consiste à introduire à l'intérieur de la structure cristalline du silicium des impuretés dans le but de modifier les propriétés électriques du matériau.

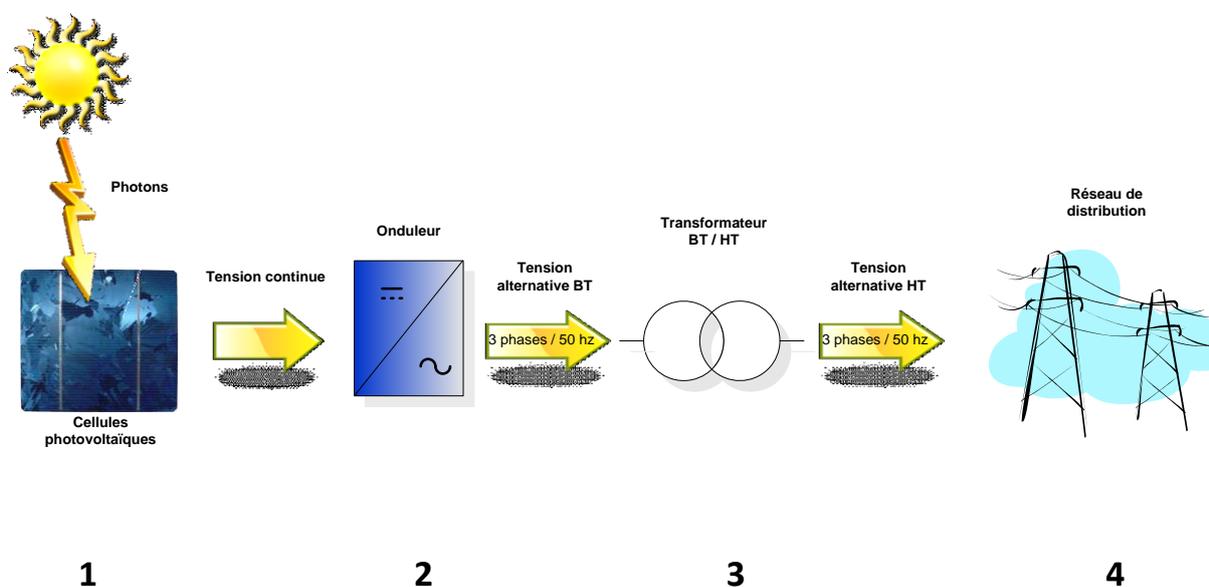
Le dopage N, consiste à ajouter un atome de phosphore qui possède 5 électrons sur sa couche électronique externe, 4 de ces électrons vont pouvoir créer un lien avec les 4

atomes du silicium. Le bilan électrique de cette jonction N est négatif.  
Le dopage P, consiste à ajouter un atome de bore qui possède 3 électrons sur sa couche électronique externe, ces 3 électrons vont créer un lien avec 3 des 4 atomes du silicium, laissant ainsi libre un trou. Le bilan électrique de cette jonction P est positif.

L'impact des photons crée un champ électrique permettant la circulation des électrons.

Ainsi le rayonnement solaire est transformé en conduction électrique.

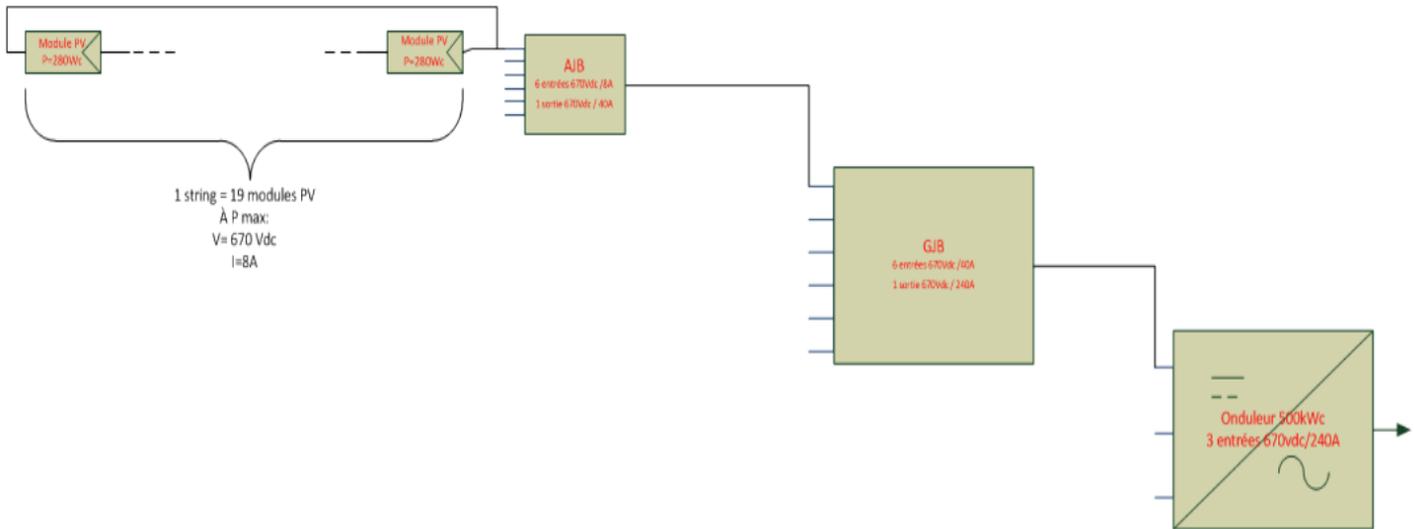
## FONCTIONNEMENT D'UNE CENTRALE PHOTOVOLTAÏQUE :



### LES QUATRE ETAPES DU FONCTIONNEMENT

**1 – TRANSFORMATION DE L'ENERGIE LUMINEUSE ( PHOTONS ) EN ENERGIE ELECTRIQUE ( ELECTRONS )**

LES STRINGS :



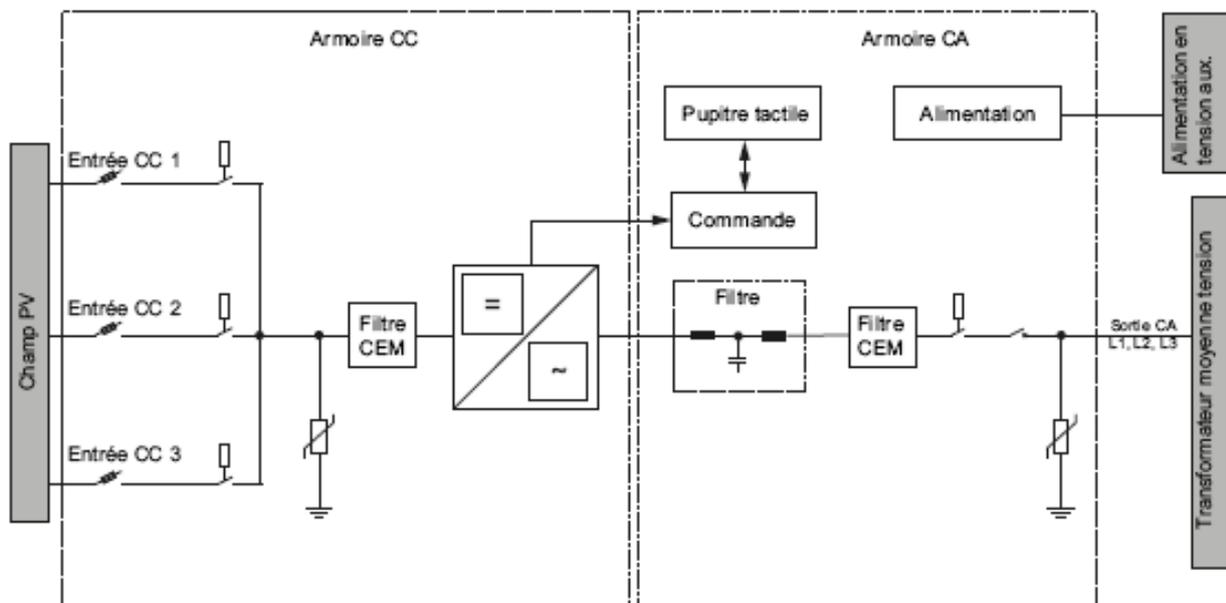
Le principe des strings est dépendant des onduleurs choisis. Dans le cas de l'installation PV des Mées, les onduleurs sont des Siemens PVS500. La tension d'entrée doit-être comprise entre 650 vcc mini et 1000 vcc maxi, ce qui nécessite de chainer 19 modules 280 Wc ( $U$  à vide = 44,8vcc /  $U$  à Pmax = 35,2 vcc) ==>  $U$  string = 851V à vide et 670 vcc à Pmax)

## 2 – TRANSFORMATION D'UNE TENSION CONTINUE EN UNE TENSION ALTERNATIVE EN PHASE AVEC LE RESEAU DE DISTRIBUTION

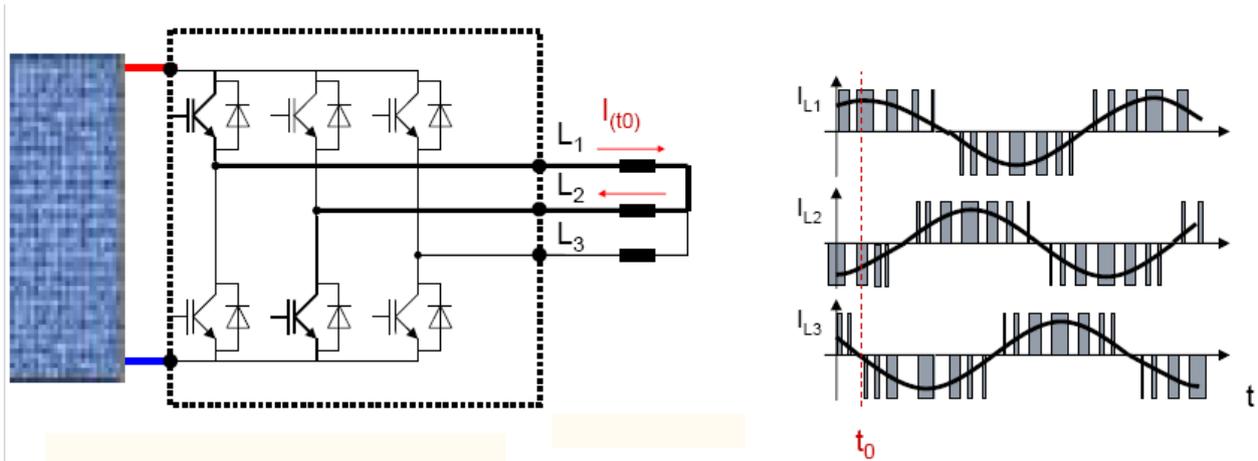
SCHEMA DE PRINCIPE D'UN ONDULEUR :

ENTREE : COURANT CONTINU ( CC )

SORTIE : COURANT ALTERNATIF ( CA )



## MODULATION DE LA LARGEUR D'IMPULSIONS POUR LA CREATION DES TROIS PHASES DU RESEAU



Chaque onduleur à la capacité de 500 kWc ce qui représente environ 1700 modules  
La tension de sortie onduleur est 290 vca / 3 phases et l'intensité  $I$  environ 1000A. 62 unités de ce type d'onduleur sont implantées aux Mées. Ce qui représente une puissance totale installée d'environ 31 MWc.

### 3 – RELEVEMENT DE LA TENSION A CELLE DU RESEAU PUBLIC

Dans le cas du Parc Photovoltaïque des Mées, cette tension de 290 vca est redressée à 20 kV via un transformateur pour être injectée sur le réseau ERDF.

### 4 – DISTRIBUTION DE L'ELECTRICITE SUR LE RESEAU PUBLIC

Le parc de Puylobier est relié par câbles enterrés au point de raccordement qui se trouve à Rousset.

**William VITTE**

**Président Commission Extra-Municipale sur l'Energie**



Le plan de masse du Parc Photovoltaïque de Puylobier

### LE SITE DE PUYLOUBIER :

