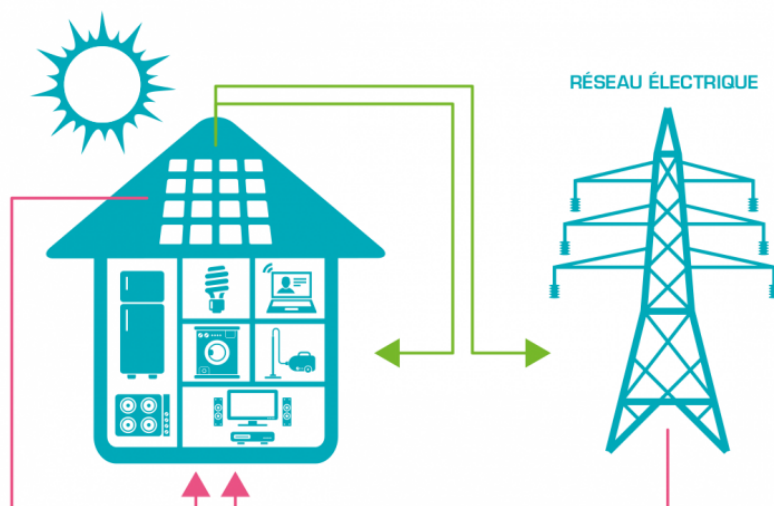


TRAVAUX PRATIQUES

Problématique de l'énergie



CC-BY-SA 4.0 International - Adaptation de l'original de l'Institut de l'Énergie de l'Université de la Rochelle - Octobre 2014

Tp n°1 : (3h) - Installation site isolé ou hybride à base d'onduleur Chargeur Victron Energy

TP2 SMA – Configuration auto conso et configuration Backup. (3h)

Tp n°3 : Pile à combustible (3h)

TP n°4 : Cogénération (3h)

Vous trouverez ci-après les sujets de travaux pratiques du module « Problématique de l'énergie ». Les TP n°1 et 2 et n°3 et 4 seront réalisés sur deux sites différents :

- L'IUT1 de Grenoble : Salle T7 du bâtiment Génie Electrique, sur le campus de Saint-Martin d'Hères
- A Green-ER : Ecole d'ingénieur ENSE3, avenue des Martyrs, 4 ème étage, salle 4-C-005

Pages suivantes, vous trouverez un planning indiquant les dates, heures, salles, lieux et enseignants, ainsi qu'un plan d'accès au bâtiment Green-ER.

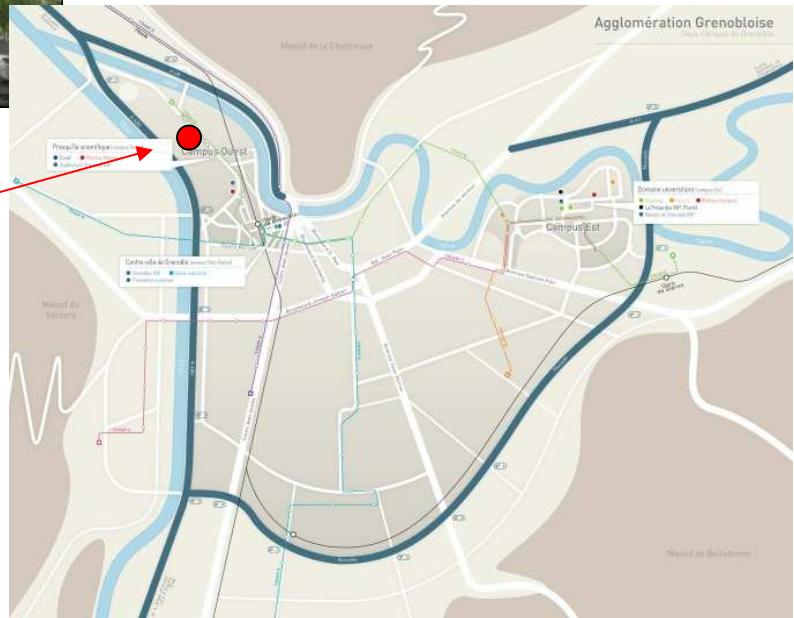
Les cases grisées représentent les TP dans le bâtiment Green-ER (situé sur le campus ouest de Grenoble), les cases non grisées, les TP à l'IUT1.

Travaux pratiques : Problématique de l'énergie BCGE						
		19/03/26	23/03/26	30/03/26	22/05/26	
Groupe DEA	Jean Casly					
	Vincent					
	Maël					
	Romy					
	Loïc					
	Hévan					
	Néo					
	Jayson					
	Fabien					
	Simon					
Fabio						
Thierry						
Dorian						
Groupe BCG	CARRE-PIERRAT					
	ALBERTO					
	BENHAMOU					
	BROUSSET					
	CHATELAS					
	CHORZEPA					
	GUELAT					
	ISSARIEL					
	PIRONNET					
	VERNIER					
VIRIEUX-PETIT						

Plan d'accès au bâtiment Green-ER et à la salle de TP :

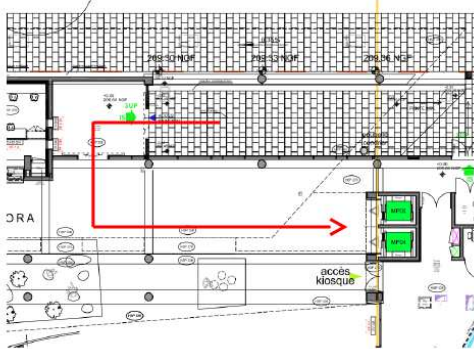


Tram B direction Presqu'île
Arrêt CEA - Cambridge

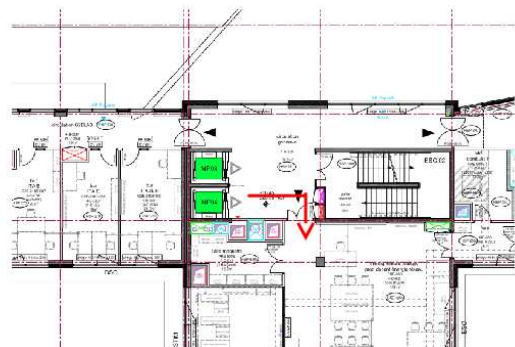


Adresse : 21 avenue des Martyrs

RDC ← → *Avenue des Martyrs*



RDC



4ème étage Salle 4-C-005

4^{ème} étage Salle 4-C-005

TP1 - Installation site isolé ou hybride à base d'onduleur Chargeur Victron Energy

Préparation

1. Réaliser l'un en dessous de l'autre les synoptiques.
 - D'une installation photovoltaïque sans stockage comme vu en début d'année
 - Un site isolé (avec Stockage), l'installation photovoltaïque étant reliée sur le bus AC.
 - Une installation hybride utilisant un onduleur Victron Energy Multiplus 2 (voir TD) ou l'on utilise les contacteurs de couplage/découplage interne au Multiplus.

Vous préciserez le type de convertisseur utilisé

Travaux Pratiques

Vous disposez de deux maquettes ayant des équipements identiques excepté l'onduleur « Grid Tie » de marque Schneider ou SMA

2. **Mise en œuvre d'un schéma d'autoconsommation sur bus AC avec onduleur chargeur et batteries.**
 - Sur la toiture terrasse du département GEII vous disposer du champ PV constitué de modules DMEGC.
 - 2.1. Indiquer tous les calculs nécessaires pour choisir le nombre et le câblage des modules en fonction des caractéristiques de votre onduleur. Il est possible que vous ne puissiez pas utiliser tous les modules photovoltaïques
 - 2.2. Après mise hors tension de la partie AC et DC de l'installation PV, procéder au câblage des modules photovoltaïque en toiture terrasse. Le raccordement des panneaux se fera sur l'armoire de câblage situé sur la terrasse. Vérifier la valeur et la polarité de la tension du champ avant de fermer le disjoncteur en sortie de l'armoire
 - 2.3. Sur la platine en salle T7, vérifier que votre système est raccordé pour une installation hybride avec l'installation photovoltaïque raccordée sur le bus AC. Placer une charge de 4KW en sortie de l'installation. Faire valider par votre enseignant.

3. Vérification du Paramétrage de l'onduleur chargeur en autoconsommation

Le paramétrage doit privilégier l'autoconsommation, pour cela un assistant de paramétrage appelé ESS doit être utilisé. Toutefois, nous ne souhaitons pas dépasser un courant de décharge de la batterie de 25A et un courant de charge de 15A. Le SOC minimum de la batterie sera fixé à 60% de manière à conserver de l'énergie en cas de disparition du réseau. La charge maximum ne devra pas dépasser 3.6 kVA (courant de 16A).

En utilisant l'écran présent sur le Cerbo GX Vérifier

- Que tous les appareils de l'installation sont reconnus
- Les limites de courant de charge et décharge de la batterie
- Le SOC minimum de la batterie et les tensions de cellule
- La présence de l'assistant ESS

4. Vérification des performances de l'installation, cas du site isolé

L'onduleur photovoltaïque est à l'arrêt. Etude des formes d'onde d'entrée et de sortie de l'onduleur chargeur. Vous choisirez une charge résistive et vous préciserez le niveau choisi

- 4.1. Observer à l'oscilloscope, $I_{(t)}$, $V_{(t)}$, coté DC et coté AC de l'onduleur. Attention à la convention utilisée pour vos relevés !
- 4.2. Mesurer à l'aide d'un multimètre et d'une pince, les valeurs utiles de la tension et du courant puis calculer à partir de ces valeurs la puissance, en entrée et en sortie.
- 4.3. Mesurer à l'aide de l'appareil adapté la puissance en entrée et en sortie. (Justifier les réglages, calibre pince utilisée pour chaque cas.). Indiquer le rendement du convertisseur.

- 4.4. Faire une conclusion nous permettant d'analyser les notions fondamentales sur les mesures de puissance que vous venez d'observer.
- 4.5. Faites les mesures nécessaires pour quantifier la qualité de l'énergie délivrée par l'onduleur.

Mettre en service l'onduleur photovoltaïque (s'il n'y a pas de soleil, utiliser une alimentation)

Un rhéostat de charge de 4kVA est disponible sur votre installation. Vous devez nous montrer par des relevés judicieux que votre système fonctionne.

- 4.6. Vos charges consomment plus que la production photovoltaïque, le complément est fourni par la batterie.
- 4.7. Les charges consomment moins que la production solaire, le complément de production charge la batterie.

Des mesures réalisées avec les pinces ampèremétrique, watt métrique, associé à des copies des écran du CerboGx permettront de valider vos points de fonctionnement. Préciser sur un schéma vos points de mesure

5. Cas su site hybride

Montrer par des mesures pertinente les situations suivantes

- 5.1. Vos charges consomment plus que la production photovoltaïque, le complément est fourni par la batterie, rien n'est consommé au réseau.
- 5.2. Le complément nécessaire demanderait une décharge supérieure à 25A, la batterie se limite à cette valeur, le reste est pris au réseau.
- 5.3. Les charges consomment moins que la production solaire, le complément de production charge la batterie.
- 5.4. La batterie est pleine, ou le courant de charge dépasserait 25 A, le surplus est renvoyé au réseau
- 5.5. Le SOC mini de la batterie est atteint. L'énergie nécessaire est prise au réseau (vous pouvez augmenter le SOC mini pour valider ce fonctionnement)

6. Disparition du réseau

Le réseau disparaît suite à une panne et le système va maintenant fonctionner en isolé.

- 6.1. Couper la connexion au réseau de l'onduleur chargeur et relever l'évolution de la tension et du courant dans la charge ce qu'il se passe.
- 6.2. Ce système peut-il être assimilé à une alimentation sans coupure.

TP2 SMA – Configuration auto conso et configuration Backup.

1. Préparation

Notre maquette doit être câblé pour réaliser une installation photovoltaïque pouvant fonctionner en site isolé ou connecté au réseau en maximisant l'autoconsommation. Elle est équipée d'un onduleur photovoltaïque « Sunny Boy » d'un onduleur « Standalone » Sunny Island », de batterie et d'un contrôleur « Sunny home manager ». L'onduleur « Sunny Island » fonctionne toujours en configuration « parallèle » car il n'a pas de contacteur de couplage interne. Il vous en faudra un interne

1.1. A partir de la documentation donnée en fin de TP, tracer le synoptique de votre installation.

1.2. Que doit-il se passer en cas de découplage du réseau, vis-à-vis de la sécurité des personnes.

Compléter votre synoptique

2. Travaux pratique - Configuration auto conso et backup

Suivant la maquette qui vous est attribué, relever l'adresse IP su « Sunny Island ».

En utilisant un navigateur, connectez-vous sur le serveur Web embarqué sur l'onduleur chargeur, puis :



- 2.1. Connectez-vous en tant qu'installateur avec le mdp : IUT1_Uga!! Vous devrez configurer le système en Autoconsommation et Backup, en respectant le jeu de données régionale VDE accumulateur jusqu'à 4,6KW. Et batterie 50A.h
- 2.2. Lancer l'assistant d'installation icône en haut à droite. Et expliquer ce qu'il faut configurer à chacune des 7 étapes ! Vous aurez besoin à un moment du code GRID GUARD suivant : MDP : **3386455798**.
- 2.3. Une fois la configuration terminée remettre l'onduleur en marche ! Appuyer sur le bouton « sinus » de l'onduleur.
- 2.4. Vérifier que le câblage est conforme à votre synoptique et tracer sur feuille le schéma de l'installation.
- 2.5. Faire valider votre schéma par l'enseignant, et le mettre en œuvre sur la maquette.
- 2.6. Vérifier à l'aide de mesure la cohérence des grandeurs mesurée.
 - A. Mesurer le courant produit par les PV et la puissance en sortie de l'onduleur photovoltaïque. (Préciser les appareils utilisés)
 - B. Vérifier ces valeurs sur le serveur web du Sunny Island.

3. Vérification des performances du système

Placer un rhéostat de charge et montrer par des mesures pertinentes les situations suivantes

- 3.1. Vos charges consomment moins que la production photovoltaïque, le complément est donné à la batterie.
- 3.2. Vos charges consomment plus que la production photovoltaïque, le complément est fourni par la batterie, rien n'est consommé au réseau.
- 3.3. La batterie est pleine, le surplus est renvoyé au réseau.

4. Perte du réseau

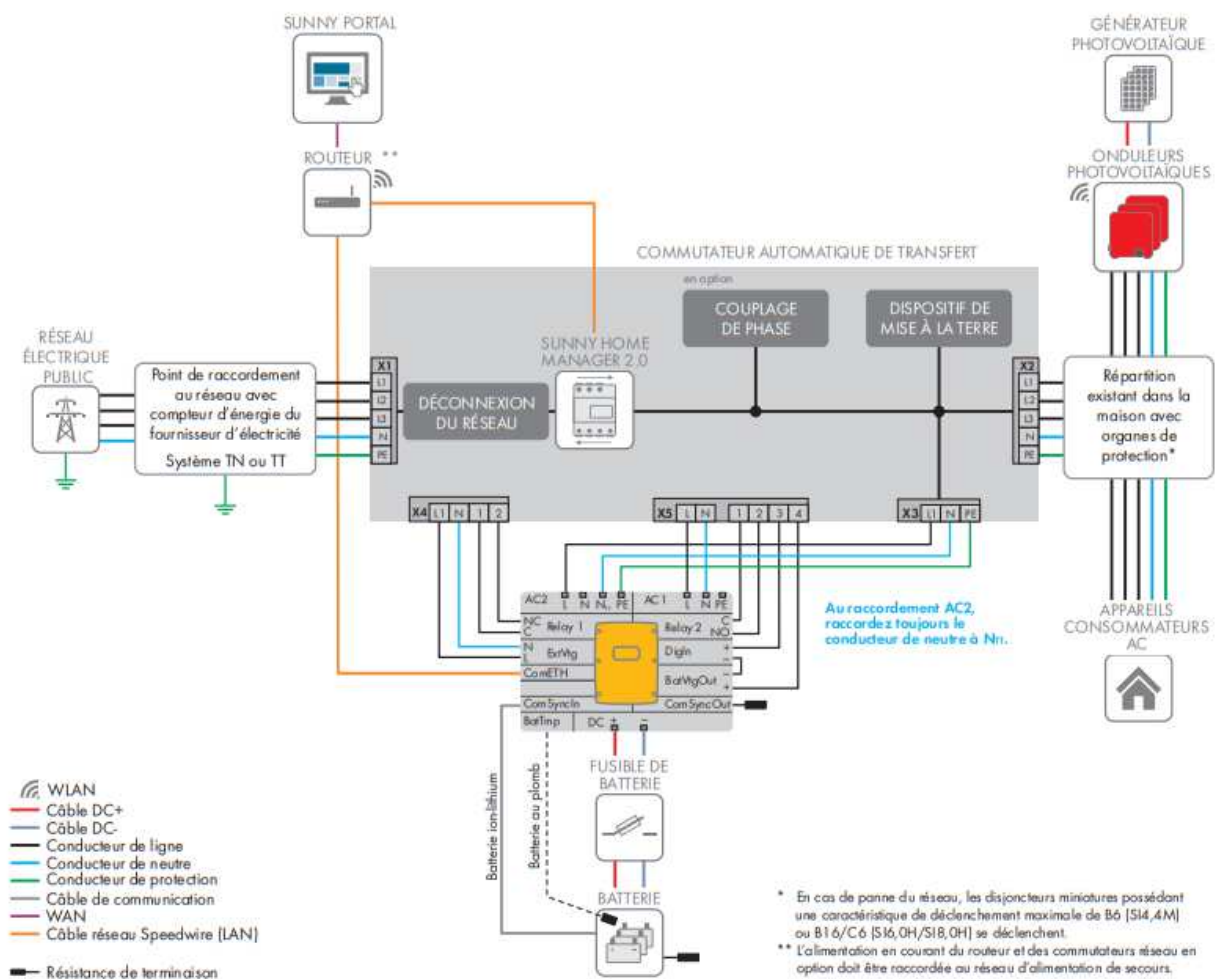
- 4.1. Vérifier le bon fonctionnement en cas de déconnexion du réseau, puis de reconnexion. Indiquer l'état du contacteur de couplage.
- 4.2. Que se passe-t-il pour le contacteur Kn
- 4.3. Enregistrer l'allure du courant et de la tension dans la charge en cas de déconnexion du réseau.
- 4.4. Ce système peut-il servir d'alimentation sans coupure

5. Fonctionnement en site isolé

Un rhéostat de charge de 4kVA est disponible sur votre installation. Vous devez nous montrer par des relevés judicieux que votre système fonctionne.

- 5.1. Vos charges consomment plus que la production photovoltaïque, le complément est fourni par la batterie.
- 5.2. Les charges consomment moins que la production solaire, le complément de production charge la batterie.
- 5.3. Relever à l'oscilloscope, $i(t)$, $v(t)$ coté DC et coté AC de l'onduleur. Attention à la convention utilisée pour vos relevés !
- 5.4. Mesurer à l'aide d'un multimètre et d'une pince, les valeurs utiles de la tension et du courant puis calculer à partir de ces valeurs la puissance, en entrée et en sortie.
- 5.5. Mesurer à l'aide de l'appareil adapté la puissance en entrée et en sortie. (Justifier les réglages, calibre pince à utilisée pour chaque cas.). Indiquer le rendement du convertisseur.
- 5.6. Faites les mesures nécessaires pour quantifier la qualité de l'énergie délivrée par l'onduleur

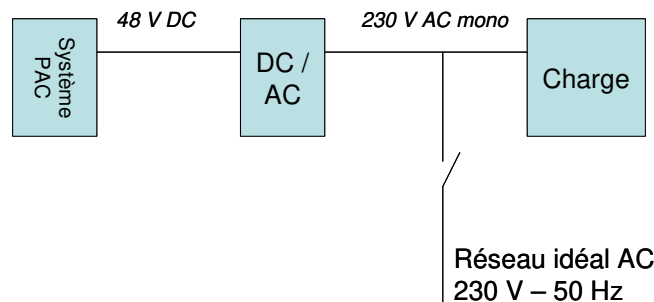
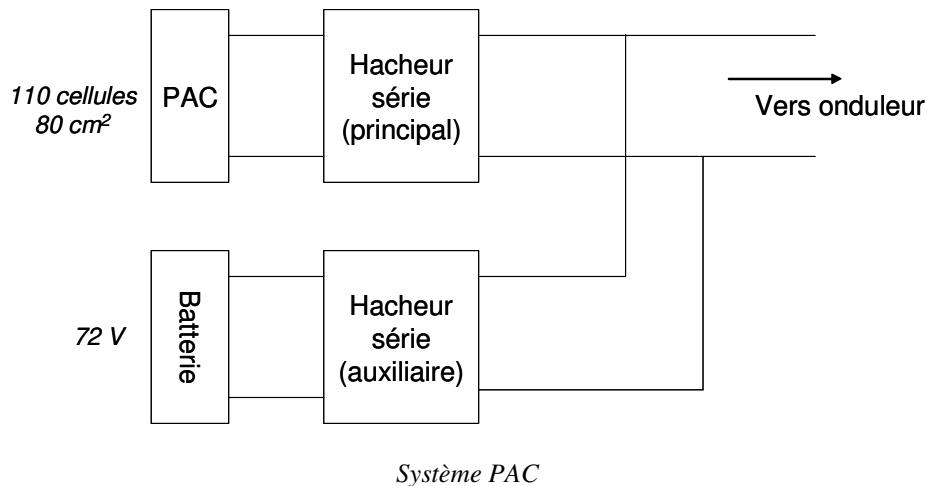
Mise en place de l'architecture autorisant le fonctionnement sur perte du réseau (mode Secours ou Backup)



TP n°3: Pile à combustible

Le but de ce TP est d'étudier le comportement d'une pile à combustible PEM de 2,5 kW en régime statique. Cette PAC est commercialisée par la société AXANE.

Elle peut débiter dans une charge de façon autonome ou bien être raccordée à un réseau électrique monophasé (230 V – 50 Hz) via un onduleur (cf synoptique général). La structure interne du système PAC est donnée sur la figure ci-dessous : la tension du bus continu est régulée à 48 V grâce à un hacheur série. Ce bus continu est raccordé à une batterie 72 V à travers un second hacheur série pour assurer le démarrage et assister la PAC lors des régimes transitoires.



Synoptique général de l'installation

La PAC est supervisée via une carte de commande PCView reliée à un PC. A chaque mise en route de la PAC (cf notice d'utilisation à la fin de ce sujet), un fichier Excel de résultats est ouvert. Ces fichiers sont récupérables et exploitables dans le répertoire C:\FuelCellSytem.

TRAVAIL A EFFECTUER

① Fonctionnement statique

a) Tracer la caractéristique statique $V_{PAC} = f(I_{PAC})$ de la PAC. On relèvera pour cela différents points de fonctionnement de la PAC en la faisant débiter sur charge résistive via l'onduleur de façon autonome (pas de raccordement au réseau 230 V constitué par l'alternostat). On veillera :

- à ne pas dépasser la puissance nominale de la PAC (30% de la charge),
- à bien attendre au moins 10 minutes entre chaque point pour stabiliser la température,
- à relever pour chaque point le débit d'hydrogène correspondant.

En déduire le schéma équivalent de la PAC en régime de fonctionnement statique.

b) Effectuer un bilan énergétique pour le point de fonctionnement nominal : pertes globales et rendement (PAC seule et système complet).

On rappelle que l'énergie volumique de l'hydrogène à pression atmosphérique est de 12,75 kJ/l ce qui correspond à 3,54 kWh/m³.

- c) Estimer à puissance nominale l'autonomie d'une bouteille d'hydrogène B50 utilisée. On rappelle que 1 Nm³ correspond à 5,7 litres comprimés.

② Fonctionnement de l'onduleur

La PAC n'est toujours pas raccordée au réseau 230 V.
L'onduleur débite environ 800 W.

- a) Visualiser à l'oscilloscope courant, tension et puissance instantanée à la sortie de l'onduleur. Commentez ces formes d'ondes.
- b) Relever le courant du bus continu en entrée de l'onduleur. Conclusion.
- c) Estimer le rendement de l'onduleur.

③ Raccordement à un réseau AC

- a) La PAC étant à vide, procéder au raccordement de la PAC au réseau 230 V (cf Notice ci-jointe). Rappeler les règles de raccordement de deux sources alternatives sur une même charge.
- b) Observer le comportement de la PAC vis-à-vis de la charge suivant le niveau de tension de l'alternostat (diminuer la tension de ce dernier après la synchronisation).

NOTICE D'UTILISATION DE LA PAC

En cas de défaut de la PAC ou tout autre doute concernant une manipulation, il vous est demandé de ne pas faire d'excès de zèle et d'aller chercher l'enseignant.

Dans tous les cas, il vous est STRICTEMENT interdit de pénétrer seul(s) dans le local PAC pour quelque motif que ce soit.

PROCEDURE DE DEMARRAGE DE LA PAC

① L'enseignant met en service le système PAC dans le local.

② La PAC étant à vide (et le reste jusqu'à l'étape 4), connectez-vous sous la session suivante :

login : etudiant

pwd : etudiant

Ouvrir le fichier de supervision Super_Evopac. Attendre la détection de la liaison série de la PAC (cette opération peut prendre jusqu'à 10 minutes !).

③ Une fois la détection faite, cliquer sur le symbole ➔ puis Nom_de_ressource puis Rafraîchir.

Sélectionner alors la liaison ASRL1 : INSTR

④ Appuyer sur START.

Pour déconnecter la PAC du réseau, appuyer sur STOP.

Pour mettre hors service, appuyer sur OFF.

RACCORDEMENT A LA CHARGE VIA L'ONDULEUR

Appuyer sur les touches ON/OFF de l'onduleur jusqu'au raccordement.

SYNCHRONISATION AVEC UNE SOURCE AC

Allumer l'alternostat.

Le voyant « source AC1 » de l'onduleur s'allume. Attendre la synchronisation avant de charger le système.

Demander à l'enseignant pour empêcher la réinjection de puissance du réseau AC vers la PAC (réglage des paramètres de contrôle de l'onduleur).

TP n°4 : Cogénération

A. Présentation de la cogénération



Figure 1 : photo de la cogénération

L'unité de cogénération installée est un produit commercial ecoGEN-7.5AG instrumenté pour les besoins du laboratoire. L'unité est constituée d'un moteur, d'un alternateur et d'une armoire de contrôle.

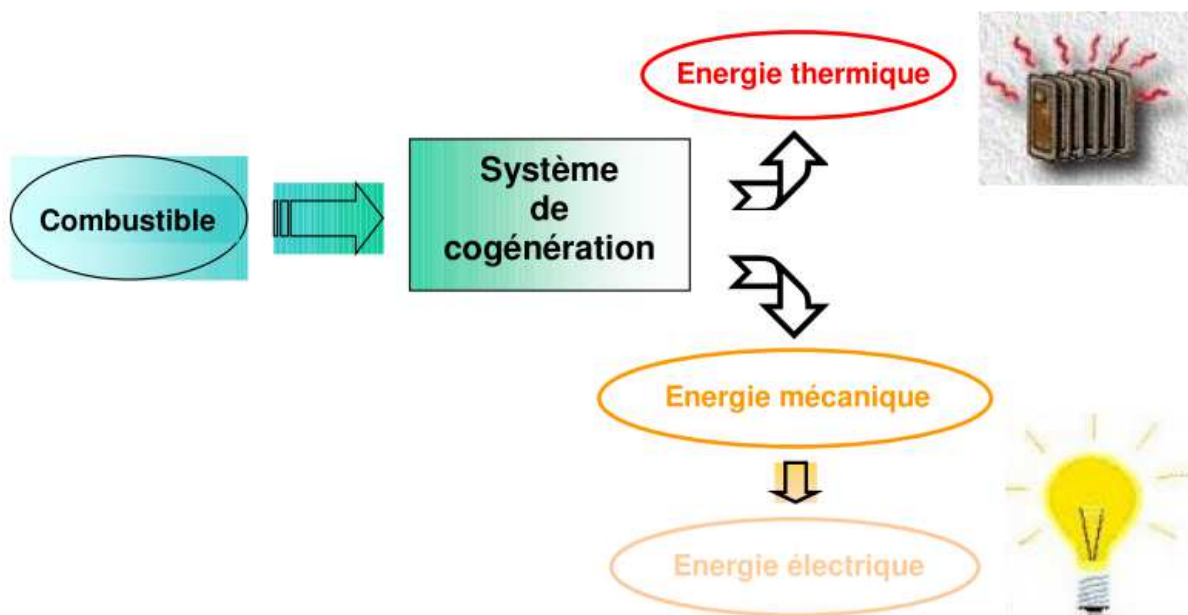


Figure 2 : Flux d'énergie de la cogénération

Le principe de la cogénération consiste à produire de l'énergie mécanique (convertie en électricité) et de la chaleur dans une même installation, à partir d'une même source d'énergie (Dans notre cas le gaz naturel)

Moteur (Energie Mécanique)



Le moteur est un moteur à combustion interne fonctionnant selon un cycle classique de 4 temps. Il est constitué de trois cylindres disposés en ligne pour une cylindrée totale de 970 cm³. Sa puissance nominale est de 10 kW à 1550 tr/min. Il est alimenté par du gaz naturel.

Le moteur est refroidi par un circuit primaire qui récupère la chaleur en divers points, dans le carter, au niveau du collecteur d'échappement et sur un échangeur de gaz d'échappement.

La chaleur récupérée par le circuit primaire est évacuée via un circuit secondaire par l'intermédiaire d'un échangeur à plaque.

Figure 3 : Moteur thermique

2. Alternateur (Energie Electrique)

L'alternateur est refroidi par eau. L'ensemble de l'unité de cogénération a une puissance nominale électrique limitée 7,5 kW, celle-ci est modulable de 50% à 100%.

3. Circuit de chauffage (Energie Thermique)

Le circuit de chauffage est composé de deux circuits indépendants :

- un circuit primaire connecté au moteur et au circuit d'échappement
- un circuit secondaire qui est connecté à circuit de chauffage dans le bâtiment, noté que sur ce circuit secondaire le refroidissement de l'alternateur est connecté

L'échange thermique entre ces deux circuits est effectué par un échangeur à plaque situé dans le caisson

4. Commande de la cogénération

La commande est réalisée via une unité de régulation programmable dans l'armoire de contrôle accessible à l'extérieur du caisson. L'automate assure en premier lieu des contrôles automatiques pour la protection du moteur, de l'alternateur et plus généralement de l'unité. Corolairement il fournit un service de diagnostic et d'interface utilisateur. Dans le cadre de la plage de fonctionnement autorisée il assure la régulation selon les consignes de l'utilisateur. Il assure les étapes transitoires hors de ces plages telles que les phases de démarrage et d'arrêt.

5. Banc d'instrumentation

Le banc de cogénération est équipé de différents capteurs nécessaires à sa régulation. Ces informations sont transmises par modBUS (RS232) à un PC. Des capteurs ajoutés à fin d'instrumentation sont reliés à une unité d'acquisition connectée par LAN au PC. D'autres sont reliés directement à une carte d'acquisition interne au PC. Toutes ces données sont collectées par le logiciel Kronos qui les présente et effectue des calculs complémentaires pour afficher des informations pertinentes sur le régime de fonctionnement.

B. Travaux à effectuer

Objectif : Il est attendu 1 compte-rendu par groupe. Celui-ci est à rendre en fin de séance de TP. Les réponses aux questions peuvent être manuscrites ou bien électronique, (Les annexes devront être rendu en version papier en indiquant vos noms sur chaque annexe)

1. A partir du schéma synoptique de l'installation en annexe 1 : identifier sur la cogénération les différentes parties et indiquées les sur la photo. Préciser le rôle de chacune des parties.

Identifier l'alternateur et relevée ses informations sur la plaque signalétique.

- 2.a) Quelle est la technologie de la génératrice utilisée
 - 2.b) Déterminer son nombre de paires de pôle
 - 2.c) Calculer le glissement nominale de la génératrice
 - 2.d) D'après les indications données par la plaque signalétique, déterminer :
 - la puissance active nominale
 - la puissance réactive
3. Indiquer ce qu'il faut faire pour augmenter le cos phi de l'installation.
 4. Sur l'ordinateur, démarrer le logiciel Kronos, choisir comme identifiant « Utilisateur simple (1) » puis appuyer sur entrée. Appeler l'enseignement pour démarrer la cogénération. Observer avec lui l'évolution de la puissance du réseau au démarrage de la cogénération. Commenter.
 5. Une bougie d'allumage instrumentée est installée sur le moteur thermique. Celle-ci permet d'observer la pression dans un cylindre du moteur.

Sur le logiciel Kronos, aller dans l'onglet « PV » puis l'onglet « Graphe P/V ».

Faire une capture d'écran que vous joindrez au rapport de l'évolution de la pression en fonction du volume du cylindre P(V).
 6. Le moteur est un moteur 4 temps (Admission, Compression, Explosion, Echappement). Indiquer sur le graphique que vous avez relevé précédemment ces 4 temps.

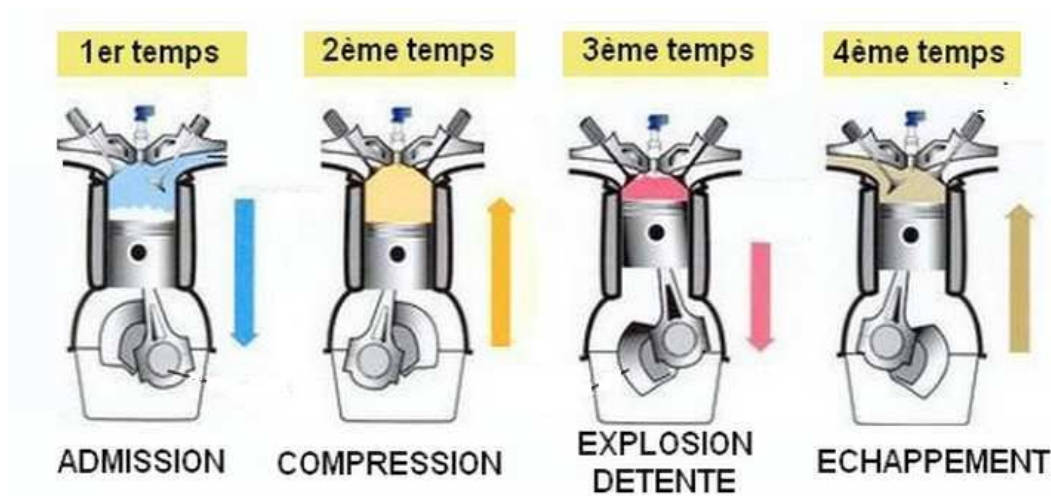


Figure 4 : Fonctionnement d'un moteur thermique

7. Se diriger dans l'onglet « Tableau de bord » puis l'onglet « Visualisation Cogen », Essayer de comprendre chaque indicateur de la visualisation. Une fois la machine stabilisée en température puis faire une capture d'écran que vous joindrez au rapport. Appeler l'enseignant pour arrêter la cogénération.
8. Retransmettre par un ou plusieurs schémas ces informations. Une notation sera choisie et indiquée sur les schémas afin d'identifier les températures, débits, vitesses, etc.
9. Calculer la puissance thermique récupérée au circuit primaire en utilisant la formule suivante :

$$q = \frac{P_{th} \times 3600}{p \times c \times \Delta T}$$

Avec q = débit d'eau en $m^3.h^{-1}$

P_{th} = Puissance thermique en W

P = Masse volumique (Densité) du liquide du circuit en $kg.m^{-3}$

C = Chaleur Massique du liquide du circuit en $J.kg^{-1}.K^{-1}$

ΔT = Température en $^{\circ}K$ (T° Départ – T° retour en $^{\circ}K$)

Le circuit primaire est du liquide de refroidissement utilisé dans l'automobile. La masse volumique du liquide de refroidissement est de $1110 kg.m^{-3}$ et sa chaleur massique est de $2.21 kJ.kg^{-1}.K^{-1}$

10. Sur la visualisation de la Cogé, vous pouvez observer les informations sur le combustible. A partir de ses informations calculer la puissance consommée par l'installation entière.

En moyenne, l'énergie volumique du gaz naturel est de $10,3 kWh/m^3$.

11. Le rendement de la génératrice est de 85%. En déduire la puissance mécanique fournit par le moteur thermique. Calculer le rendement de ce dernier.
12. Calculer le rendement complet de l'installation

C. Conclusion

Compléter l'annexe 2 et conclure sur les avantages de la production décentralisée et de la cogénération.

Quel type de machine électrique est usuellement pris pour génératrice ? Quel sont ses avantages ? Que dire du lien entre la fréquence électrique et la vitesse de rotation ? Quelles peuvent être les motivations ayant conduit au choix du type de machine électrique employé ?