

Solerm Autoconsommation

Panneaux photovoltaïques avec micro-onduleurs et passerelle de datalogging dans le cloud

Descriptif du système « Solerm Autoconsommation »

Le système **Solerm Autoconsommation** est un équipement **générateur d'énergie photovoltaïque** permettant de **réduire la consommation électrique** d'une installation résidentielle, tertiaire ou industrielle alimentée par le réseau de distribution électrique. Le **principal objectif** est de **réduire la dépendance énergétique d'une installation** en intégrant une production d'énergie renouvelable locale, au plus proche des charges électriques. Conçu en collaboration avec notre division ERM Energies, les solutions techniques déployées mettent en œuvre des composants industriels de dernière génération.

L'architecture du système **Solerm Autoconsommation** est basée sur des **µonduleurs** situés au dos des panneaux photovoltaïques, d'une flexibilité à toute épreuve et qui permet des rendements imbattables !

Le système **Solerm Autoconsommation** avec **µonduleurs** intègrent les solutions techniques :

- ✓ **Panneaux photovoltaïques** permettant de convertir l'énergie solaire en énergie électrique
- ✓ **µonduleurs Enphase** permettant de convertir l'énergie électrique DC en énergie électrique AC
- ✓ **Connecteurs et câbles** spécifiques pour le raccordement et le couplage des panneaux et raccordement
- ✓ **Coffret de protection** des panneaux photovoltaïques
- ✓ **Passerelle de mesure et de communication Envoy-S** pour collecter et transférer les données au centre de supervision
- ✓ **Tableau de distribution électrique** avec coffret modulaire
- ✓ **Centre de supervision Enlighten Manager / MyEnlighten** accessible par navigateur internet ou par les applications dédiées (Android et/ou iOS)

Le système Solerm Autoconsommation permet d'aborder les problématiques :

- ✓ **D'effacement de la consommation résiduelle**
- ✓ **D'optimisation la consommation par décalage des charges**
- ✓ **De vente du surplus**

Les principales références sont :

- ✓ **AX10** : Solerm Autoconsommation 530 Wc avec µonduleurs
- ✓ **AX11** : Deux panneaux photovoltaïques supplémentaires (2 x 265Wc) avec µonduleurs (passage de 530 Wc à 1060 Wc)
- ✓ **AX12** : Complément stockage sur batteries centralisées Enphase
- ✓ **AX13** : Complément stockage sur batteries décentralisées Batsol

Le système est accompagné d'un dossier technique et pédagogique sous format numérique comprenant :

- ✓ Les notices d'installation, de mise en service, fiches techniques,...
- ✓ Les schémas fonctionnels, électriques,
- ✓ Les documents constructeurs des composants
- ✓ Les activités pédagogiques avec les fiches pédagogiques, les énoncés et les corrigés

CAP MELEC, Bac Pro MELEC / SN
BTS Electrotechnique - IUT
Universités - Ecoles d'ingénieurs

Thématiques abordées

Energie renouvelable, Autoconsommation, µonduleurs, Effacement des consommations résiduelles, Optimisation des charges
Communication & Supervision, Domotique

En partenariat avec



- 1 - µonduleurs
- 2 - tableau électrique
- 3 - passerelle
- 4 - supervision

Synoptique d'une installation

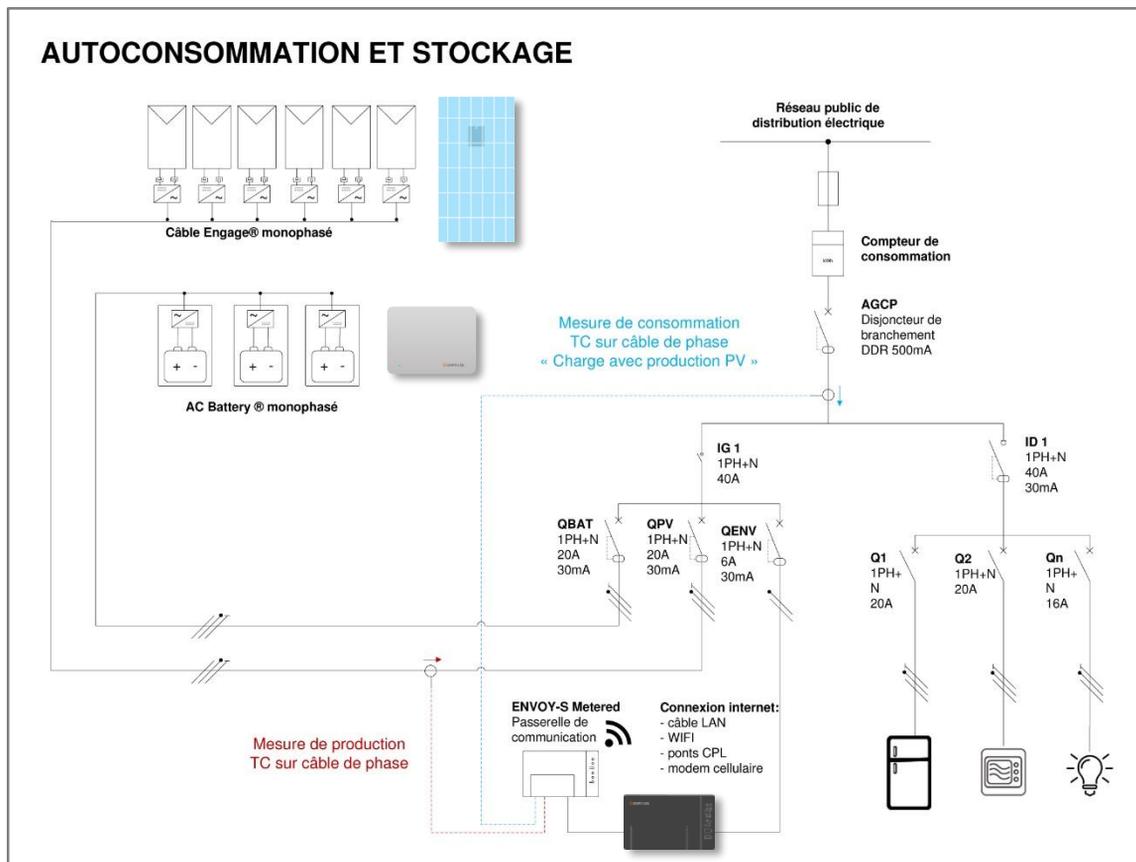


Points forts

- ✓ **Système didactique d'autoconsommation** intégrant les **dernières solutions technologiques** éprouvées dans le résidentiel, le tertiaire et l'industrie
- ✓ **Activités pédagogiques fournies** sous la forme de scénarios **Cpro (Cerise Pro)** Bac Pro MELEC avec corrigés
- ✓ **Système livré monté et prêt à l'emploi**, facilement déplaçable et simple d'utilisation, s'adapte à toutes les situations et tous les utilisateurs
- ✓ **Hybride !** Il peut être utilisé en « **autoconsommation** » comme en « **revente totale au fournisseur d'électricité** »
- ✓ **Intelligent !** Avec sa **passerelle de mesure et de communication**, l'installation reste sous surveillance 24h / 24h avec **enregistrement des données** dans le **cloud** permettant de **visualiser, analyser la production et le rendement** de l'installation en fonction de l'ensoleillement.
- ✓ **Evolutif !** Le système est prévu pour recevoir des panneaux photovoltaïques supplémentaires, des batteries de stockage centralisées Enphase ou décentralisées Batsol ainsi qu'une extension s'ouvrant sur les technologies de la domotique Smappee



Architecture fonctionnelle et structurelle



Synoptique d'une installation classique Enphase

Partie génération d'énergie électrique

La **partie génération d'énergie électrique** assure la conversion de l'énergie solaire en énergie électrique. Elle est principalement composée de :

- ✓ 2 **panneaux photovoltaïques** polycristallins de puissance 265 Wc à 60 cellules
- ✓ 2 **onduleurs Enphase** (entrée DC 16-48V / sortie AC 230V)
- ✓ 2 **prises de raccordement étanches** (Ph + N + T)
- ✓ 1 **châssis** sur 4 roulettes à inclinaison réglable
- ✓ Des accessoires de fixation, de câblage (20 m de câble) et de raccordement (pince de montage, support de connecteur, coupleur étanche, fin de ligne, griffes de terre,...) et outils spécifiques

Le système de **onduleurs Enphase** permet d'**augmenter la production d'énergie** et la **fiabilité** tout en **simplifiant** au maximum la **conception**, l'**installation** et la **gestion** des systèmes photovoltaïques.

Les caractéristiques sont :

- ✓ Puissance de sortie maximale : 225 W AC
- ✓ Puissance d'entrée max. recommandée : 270 W
- ✓ Plage de tension de fonctionnement : 16 - 48 V
- ✓ 95,7 % rendement UE
- ✓ 96,3 % rendement de crête
- ✓ Conformité : AS4777, C10/11, CEI_0-21, EN50438, EN62109-1, EN62109-2, ERDF-NOI-RES_13E_V5, G59/3, G83/2, **VDE-0126-1-1 + A1**, VDE AR-N 4105, OVE/ÖNORM E 8001-4-712/TOR D4 V2.1

D'autres modes de pose des panneaux photovoltaïques existent (rail pour surimposition pour toitures en tuiles, rails surimposition pour toitures en bacs acier trapézoïdal, Bac PEHD (à lester) pour toitures plates et supports spécifiques à fixer au sol ou au mur. *Nous consulter.*



onduleur Enphase



Prise de raccordement étanche



Coupleur étanche



Architecture fonctionnelle et structurelle

Coffret de protection et de connexion des panneaux

Le coffret de protection et de connexion des panneaux photovoltaïques permet d'**assurer la protection et la coupure de la partie génération de l'énergie électrique** par les panneaux photovoltaïques.

Il est composé de :

- ✓ 1 coffret modulaire 1 rangée avec porte transparente
- ✓ 1 disjoncteur 20A courbe C
- ✓ 1 parafoudre de type 2/3
- ✓ 1 compteur d'énergie digital avec affichage de la puissance instantanée

Ce coffret est conforme à la norme **NF C 15-100** et aux exigences du **guide UTE C 15-712-1** concernant les installations photovoltaïques raccordées au réseau public de distribution



Coffret de protection et de connexions des panneaux



Passerelle Envoy-S

Passerelle de mesure et de communication

La **passerelle de mesure et de communication Envoy-S** est la **solution intelligente** assurant la **gestion de l'énergie** au cœur de votre **installation connectée**. Elle assure la liaison entre les **µonduleurs Enphase** et le **centre de supervision Enlighten**.

Elle est composée de :

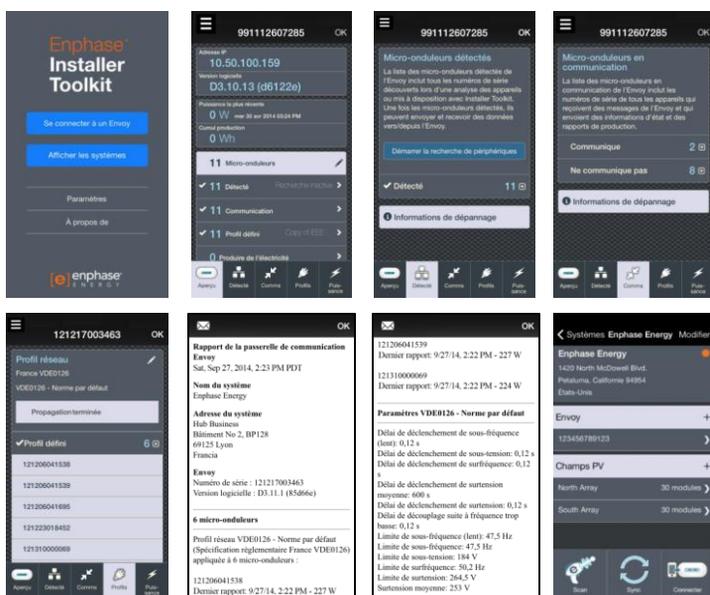
- ✓ 1 passerelle de mesure et de communication
- ✓ 1 tore pour la mesure du courant produit
- ✓ 1 tore pour la mesure du courant consommé sur le réseau de distribution électrique

Les principales fonctionnalités sont :

- ✓ De **collecter** en temps réel les **données** issues des **µonduleurs** (courant, puissance,...) par Courant Porteur en Ligne (CPL)
- ✓ De **collecter** en temps réel la **consommation de l'installation**
- ✓ De **transmettre les données** recueillies au superviseur distant assurant la surveillance et l'analyse de l'installation par le réseau Ethernet ou Wi-Fi

La passerelle de mesure et de communication Envoy-S sert également l'**interface** entre les **µonduleurs** et l'**application Installer Toolkit** permettant la **mise en service** de l'installation et sa **maintenance** au niveau local. Cette application s'installe sur Smartphone (Android ou iOS) et permet :

- ✓ De **se connecter à la passerelle** Envoy-S soit par le réseau local, soit par un point d'accès Wi-Fi
- ✓ De **scanner les différents composants** de l'installation (µonduleurs, batteries,...), de visualiser leur état (communicant ou non) et proposer des informations de dépannage
- ✓ De **paramétrer les µonduleurs** suivant un **profil réseau** correspondant aux normes en vigueur par rapport au pays d'installation (norme **VDE-0126-1-1 + A1**) avec génération d'un rapport de conformité de l'installation
- ✓ De **visualiser l'état de l'installation** avec la puissance et le cumul de production
- ✓ De **synchroniser l'installation** avec le superviseur Enlighten



Installer Toolkit



Communication bidirectionnelle entre l'installation et le superviseur

Plus d'informations sur www.erm-automatismes.com



Architecture fonctionnelle et structurelle

Tableau de distribution électrique

Le tableau de distribution électrique permet d'assurer la protection des différentes charges présentes dans l'installation électrique.

Il est composé de :

- ✓ 1 coffret modulaire 2 rangées avec porte transparente
- ✓ 1 disjoncteur différentiel monophasé 16A 30mA type AC
- ✓ 3 disjoncteurs 10A courbe C
- ✓ 1 prise modulaire 2P + T 16A
- ✓ Des accessoires pour la consignation de l'installation
- ✓ De l'emplacement disponible pour intégrer d'autres départs

Ce tableau est conforme à la norme NF C 15-100. Il ne comprend pas le compteur général d'énergie et le disjoncteur d'abonné

Centre de supervision Enlighten

Le système **Solerm Autoconsommation** est accompagné d'un accès au centre de supervision **Enlighten** accessible par simple navigateur internet et/ou par les applications dédiés sous Android et iOS. Les données de l'installation sont transmises par internet avec la passerelle de mesure et de communication Envoy-S.

Deux logiciels et/ou applications :

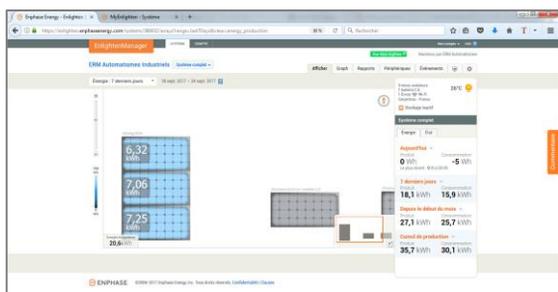
- ✓ **Enlighten Manager**, conçu pour les professionnels du solaire, permet une gestion efficace de(s) l'installation(s) et simplifie les opérations de maintenance
- ✓ **MyEnlighten**, conçu pour les propriétaire d'une installation, permet de visualiser les performances de leur installation

Les principales fonctionnalités de **Enlighten Manager** :

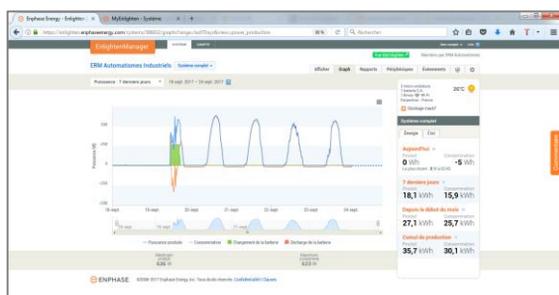
- ✓ De **gérer une ou plusieurs installations** avec visualisation des différentes architectures matérielles
- ✓ De **gérer l'ensemble des composants de l'installation** (passerelle, onduleurs, batterie(s), mesure de production et de consommation)
- ✓ De **visualiser les performances globales** du système sur un synoptique ou sur un graphique détaillé (énergie et puissance produite, énergie et puissance consommée) avec historique
- ✓ De **visualiser les performances détaillées** sur un synoptique ou sur un graphique détaillé avec l'énergie et la puissance produite, la tension et le courant DC, la tension et la fréquence AC, la température au niveau de chaque onduleur avec historique
- ✓ De **déclencher des alertes sous la forme d'événements** en fonction de l'état des composants (actif, inactif, ...) avec horodatage afin de faciliter les interventions de maintenance
- ✓ De **générer différents rapports** sur la production et la consommation du site, des modules ainsi que sur les paramètres du profil réseau.

MyEnlighten offre des fonctionnalités similaires et simplifiées au travers d'une interface plus conviviale et adaptée au grand public :

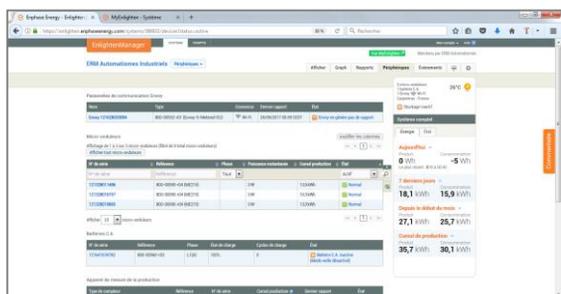
- ✓ **Aperçu global journalier** de l'installation sur synoptique et sur graphique du bilan énergétique de l'installation (énergie produite, énergie consommée, énergie stockée sur batterie et énergie injectée sur le réseau)
- ✓ **Visualisation des historiques** de production et de consommation sous la forme calendaire
- ✓ **Visualisation des impacts environnementaux** (équivalence énergie produite et compensation carbone)



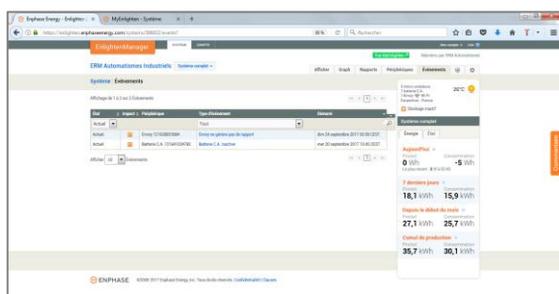
Synoptique d'une installation avec les performances globales



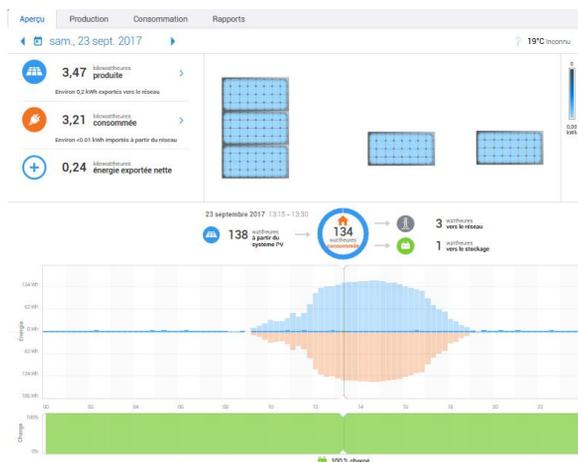
Visualisation sur graphique des performances globales et détaillées



Architecture matérielle de l'installation et états des composants



Alertes sous la forme d'événements pour la maintenance



MyEnlighten

Compléments

Deux modules photovoltaïques supplémentaires réf AX11

Cette option intègre **deux modules photovoltaïques supplémentaires** permettant de passer la puissance de l'installation de 530 Wc à 1060 Wc.

Les deux panneaux photovoltaïques sont du type polycristallins à 60 cellules. La puissance unitaire est de 265Wc. Chaque panneau est équipé de moduleur Enphase.

Ils sont fournis sur un châssis équipé de roulettes et à inclinaison réglable. L'ensemble des accessoires de câblage et de raccordement est également fourni (pinces de montage, supports de connecteur, prises de raccordement étanches, coupleur étanche, fin de ligne, griffes de terre,...)

Il est possible d'ajouter cette option à une installation de 1060 Wc permettant d'augmenter la puissance par palier de 530 Wc.



Deux modules photovoltaïques supplémentaires



Batterie centralisée de stockage Enphase

Stockage sur batteries centralisées Enphase Réf AX12

Cette option intègre **la solution de stockage intelligent** de l'énergie produite et non consommée par **une ou des batteries centralisées en courant alternatif (AC)**. Dotée d'une très longue durée de vie et de performance exceptionnelle, elle s'impose aujourd'hui comme l'une des références en matière de stockage de l'énergie dans les installations d'autoconsommation.

Les principales caractéristiques sont :

- ✓ Capacité 1,2 kWh
- ✓ Profondeur de décharge (capacité utilisable) 100 %
- ✓ Rendement global de 96 %
- ✓ Puissance de sortie maximale : 270 VA
- ✓ Technologie Lithium Fer Phosphate (LFP)

La batterie s'intègre au réseau de communication de l'installation. Les phases de charge et de décharge sont enregistrées et le centre de supervision Enlighten permet de restituer ces informations.

En fonction du dimensionnement de l'installation, il est possible d'intégrer plusieurs batteries de stockage centralisées en parallèle.

Stockage sur batteries décentralisées Batsol® réf AX13

Cette option intègre **la solution de stockage intelligent Batsol®** de l'énergie produite et non consommée par **une batterie décentralisée en courant continu (DC)**.

Elle s'intègre sur n'importe quel module photovoltaïque standard de 60 ou 72 cellules et sur n'importe quel moduleur. La capacité unitaire est de 770 Wh

L'ajout de cette fonction stockage permet de transformer chaque panneau solaire en centrale de production d'énergie indépendante.



Batterie décentralisée de stockage Batsol®



Activités Pédagogiques

Activités pédagogiques

Le **Solerm Autoconsommation**, système didactique de production d'énergie électrique à partir de panneaux photovoltaïques est fourni avec des **scénarios pédagogiques sous la forme Cpro** (Cerise Pro). Les activités pratiques sont développées et sont accompagnées de corrigés. Elles couvrent l'ensemble des compétences du Bac Pro MELEC et de la certification intermédiaire BEP. Les activités pédagogiques sont organisées par année de formation.

2nd professionnelle :

Les **compétences visées** sont :

- ✓ C1-CO1 - Analyser les conditions de l'opération et son contexte
- ✓ C2-CO2 - Organiser l'opération dans son contexte
- ✓ C3 - Définir une installation à l'aide de solutions préétablies
- ✓ C4-CO3 - Réaliser une installation de manière éco-responsable
- ✓ C6 : Régler, paramétrer les matériels de l'installation
- ✓ C7-CO5 - Valider le fonctionnement de l'installation
- ✓ C10-CO7 - Exploiter les outils numériques dans le contexte professionnel
- ✓ C11 - Compléter les documents liés aux opérations
- ✓ C12-CO8 - Communiquer entre professionnels sur l'opération

Les **scénarios** sont :

- ✓ **Sc1 : Découverte du système « PV Autoconsommation ».**
L'élève suit un tutoriel qui le guide dans un scénario de découverte des composants du système photovoltaïque autoconsommation, de son fonctionnement et de ses évolutions sur un plan technologique et sur le plan environnemental.
(C1-CO1, C2-CO2, C7-CO5, C10-CO7, C11, C12-CO8)
- ✓ **Sc2 : Installation et raccordements des modules PV avec micro-onduleurs et du coffret de protection UTE 15-712-1.**
L'élève prend conscience des frontières entre les différents types de courant (continu ou alternatif), de l'influence de l'orientation et l'inclinaison des modules et suit un guide de raccordement et faire les contrôles après installation.
(C1-CO1, C2-CO2, C3, C4-CO3, C7-CO5, C11, C12-CO8)
- ✓ **Sc3 : Implantation et câblage du tableau « UTE 15-100 » et de la batterie de stockage « UTE 15-712-3 ».**
L'élève devra planter et câbler l'unité de stockage et de régulation puis réaliser le raccordement au tableau électrique de répartition et faire les contrôles après installation.
(C1-CO1, C2-CO2, C3, C4-CO3, C7-CO5, C11, C12-CO8)
- ✓ **Sc4 : Implantation et câblage de la passerelle ENPHASE ENVOY et connexion au réseau.**
L'élève plante et raccorde la passerelle ENPHASE ENVOY et paramètre la connexion au réseau pour pouvoir concentrer les données sur la plateforme cloud Enphase Energy.
(C1-CO1, C2-CO2, C3, C4-CO3, C7-CO5, C10-CO7, C11, C12-CO8)

1^{ère} professionnelle :

Les **compétences visées** sont :

- ✓ C1-CO1 - Analyser les conditions de l'opération et son contexte
- ✓ C2-CO2 - Organiser l'opération dans son contexte
- ✓ C3 - Définir une installation à l'aide de solutions préétablies
- ✓ C4-CO3 - Réaliser une installation de manière écoresponsable
- ✓ C5-CO4 - Contrôler les grandeurs caractéristiques de l'installation
- ✓ C6 - Régler, paramétrer les matériels de l'installation
- ✓ C7-CO5 - Valider le fonctionnement de l'installation
- ✓ C10-CO7 - Exploiter les outils numériques dans le contexte professionnel
- ✓ C11 - Compléter les documents liés aux opérations
- ✓ C12-CO8 - Communiquer entre professionnels sur l'opération

Les **scénarios** sont :

- ✓ **Sc5 : Implantation et câblage de la passerelle SMAPPEE et connexion au réseau. GSM Wi-Fi.**
L'élève installe un mesureur d'énergie permettant la gestion des consommations et de la production avec son smartphone avec raccordement des boucles de mesure au tableau électrique du particulier de l'autoconsommation PV
(C1-CO1, C2-CO2, C3, C4-CO3, C6, C7-CO5, C10-CO7, C11, C12-CO8)
- ✓ **Sc6 : Choix technologiques et étude d'implantation d'un générateur PV. Analyse et contrôle du rendement suivant les choix de cellules PV et des conditions environnementales.**
L'élève choisit le type de silicium, choisit les éléments de la structure et détermine les conditions d'implantation du générateur PV en fonction des contraintes liées au site (environnement, ensoleillement, orientation, inclinaison, masque, vents, foudre, ...), dans le respect du cahier des charge afin d'obtenir un rendement maximal.
(C1-CO1, C2-CO2, C3, C5-CO4, C10-CO7, C11, C12-CO8)
- ✓ **Sc7 : Contrôles de conformité pour demande de raccordement et livraison au client d'une installation PV en autoconsommation**
L'élève effectue les autocontrôles de l'installation PV en autoconsommation dans le respect des normes NF C 15 712-1 et NF C 15 712-3 et NF C 15 100.
L'élève prend connaissance des démarches administratives nécessaires à la demande de raccordement, puis complète l'attestation de conformité et les conventions ENEDIS obligatoires.
(C1-CO1, C2-CO2, C3, C5-CO4, C10-CO7, C11, C12-CO8)

SCÉNARIO ERM01 AX10 - Découverte d'une installation PV en autoconsommation

TITRE : Découverte d'une installation PV en autoconsommation

Description du contexte/Mise en situation professionnelle :

Problématique professionnelle :

Liens associés à ce scénario :

Espace de formation :

Fichiers associés :

SCÉNARIO ERM01 AX10 - Découverte d'une installation PV en autoconsommation

Liste des tâches métier :

Liste des compétences :

Liens associés à ce scénario :

Espace de formation :

Fichiers associés :

SCÉNARIO ERM05 AX10 - Livraison d'une installation PV en autoconsommation

TITRE : Livraison d'une installation PV en autoconsommation

Description du contexte/Mise en situation professionnelle :

Problématique professionnelle :

Liens associés à ce scénario :

Espace de formation :

Fichiers associés :

SCÉNARIO ERM05 AX10 - Livraison d'une installation PV en autoconsommation

Liste des compétences :

Liens associés à ce scénario :

Espace de formation :

Fichiers associés :



Activités Pédagogiques

Les activités pédagogiques (suite)

Terminale professionnelle :

Les compétences visées sont :

- C1 Analyser les conditions de l'opération et son contexte
- C2 Organiser l'opération dans son contexte
- C5 Contrôler les grandeurs caractéristiques de l'installation
- C6 Régler, paramétrer les matériels de l'installation
- C7 Valider le fonctionnement de l'installation
- C8 - Diagnostiquer un dysfonctionnement
- C9 - Remplacer un matériel électrique
- C10 Exploiter les outils numériques dans le contexte professionnel
- C11 Compléter les documents liés aux opérations
- C12 Communiquer entre professionnels sur l'opération
- C13 Communiquer avec le client/usager sur l'opération

Les scénarios sont :

✓ Sc8 : Mise en service et livraison d'une installation PV en autoconsommation équipé d'un serveur de supervision.

Après raccordement d'un système PV en autoconsommation sur le réseau de distribution, l'élève procède à la mise en service et aux essais de fonctionnement du système et de sa supervision.

La mise en place et l'exploitation des relevés de consommation sur les différents circuits du système met en évidence le phénomène d'autoconsommation.

L'élève procède à la présentation au client puis le conseille celui-ci sur l'usage et les possibilités d'exploitations futures par le gestionnaire de réseaux.

(C1, C2, C3, C5, C6, C7, C10, C11, C12, C13)

✓ Sc9 : Maintenance préventive et corrective d'un installation PV en autoconsommation.

L'élève applique une procédure de maintenance préventive des installation PV en autoconsommation. L'élève applique une procédure de maintenance correctives sur une installation PV en autoconsommation.

L'Outil de supervision WEB « Enphase » et l'analyse des données fournies sont prises en compte et utilisées comme outil de diagnostic.

L'élève tient à jour et renseigne le(s) registre(s) de maintenance.

(C1, C2, C5, C8, C9, C10, C11, C12)

✓ Sc10 : Validation des scénarios de gestion d'énergie adaptés à une Microgrid locale (désengorgement du réseau).

L'intégration d'une installation PV en autoconsommation dans une « Smart Grid » permet la gestion efficace de l'énergie et l'optimisation de l'exploitation des lignes de distribution du réseau électrique.

Plusieurs scénarios sont possibles selon l'option et l'abonnement choisis par le client.

L'élève effectue les essais et les procédures de fonctionnement qui permettent de valider les différents scénarios (l'élève s'assure que le système permet de répondre aux différentes contraintes (et sollicitations) imposées par le gestionnaire du réseau.

L'élève intègre le fonctionnement d'un système PV en autoconsommation en tant qu'élément d'une Smart-Grid, indispensable à la gestion efficace de l'énergie et à une exploitation intelligente des lignes de distribution.

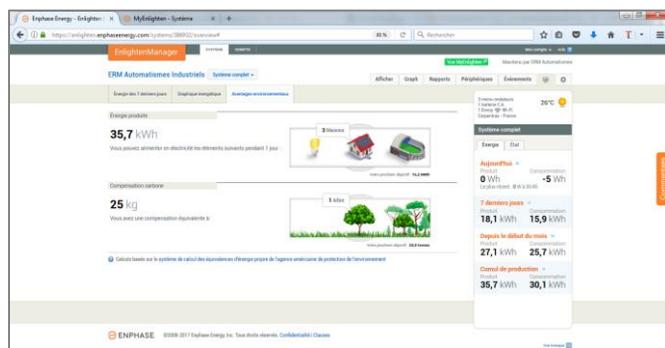
(C1, C2, C3, C5, C6, C7, C10, C11, C12, C13)



Exemple de données du centre de supervision Enlighten

Visualisation des données :

https://enlighten.enphaseenergy.com/pv/public_systems/RsTA386932/overview

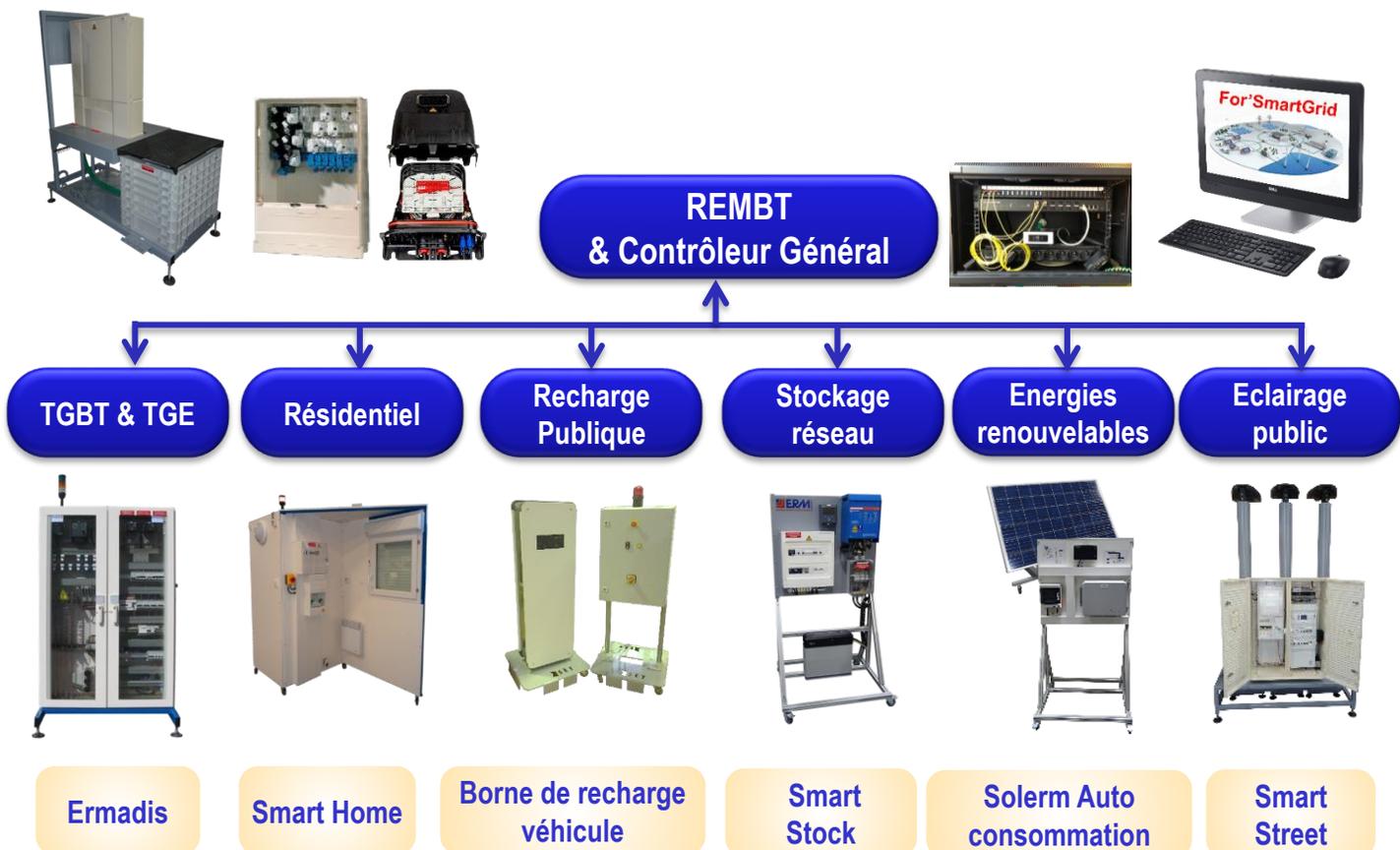


Références

- ✓ AX10/05-90-91-92-93 : Solerm autoconsommation 530 Wc avec onduleurs Enphase montés sur châssis à roulettes
- ✓ AX11 : Option Deux modules photovoltaïques supplémentaires (2 x 265 Wc) sur châssis à roulettes (compatible AX10)
- ✓ AX12 : Option Stockage sur batteries centralisées Enphase 1200 Wh pour onduleurs (compatible AX10)
- ✓ AX13 : Option Stockage sur batteries décentralisées Batsol® 2x770 Wh avec onduleurs (compatible AX10)
- ✓ AX20 : Solerm Autoconsommation 1000Wc (onduleur string SMA)
- ✓ AX21 : Stockage sur batterie pour autoconsommation (avec onduleur string)
- ✓ AX22 : Solution d'optimisation d'autoconsommation SMA EnergyBox
- ✓ AX30 : Charpente didactique pour installation PV en intégration, avec équipements de sécurité pour travail en hauteur



For'SmartGrid – Smart Grid didactique destiné à une plateforme d'enseignement



→ **Un réseau électrique intelligent avec des composants industriels et un fonctionnement au plus proche de la réalité**