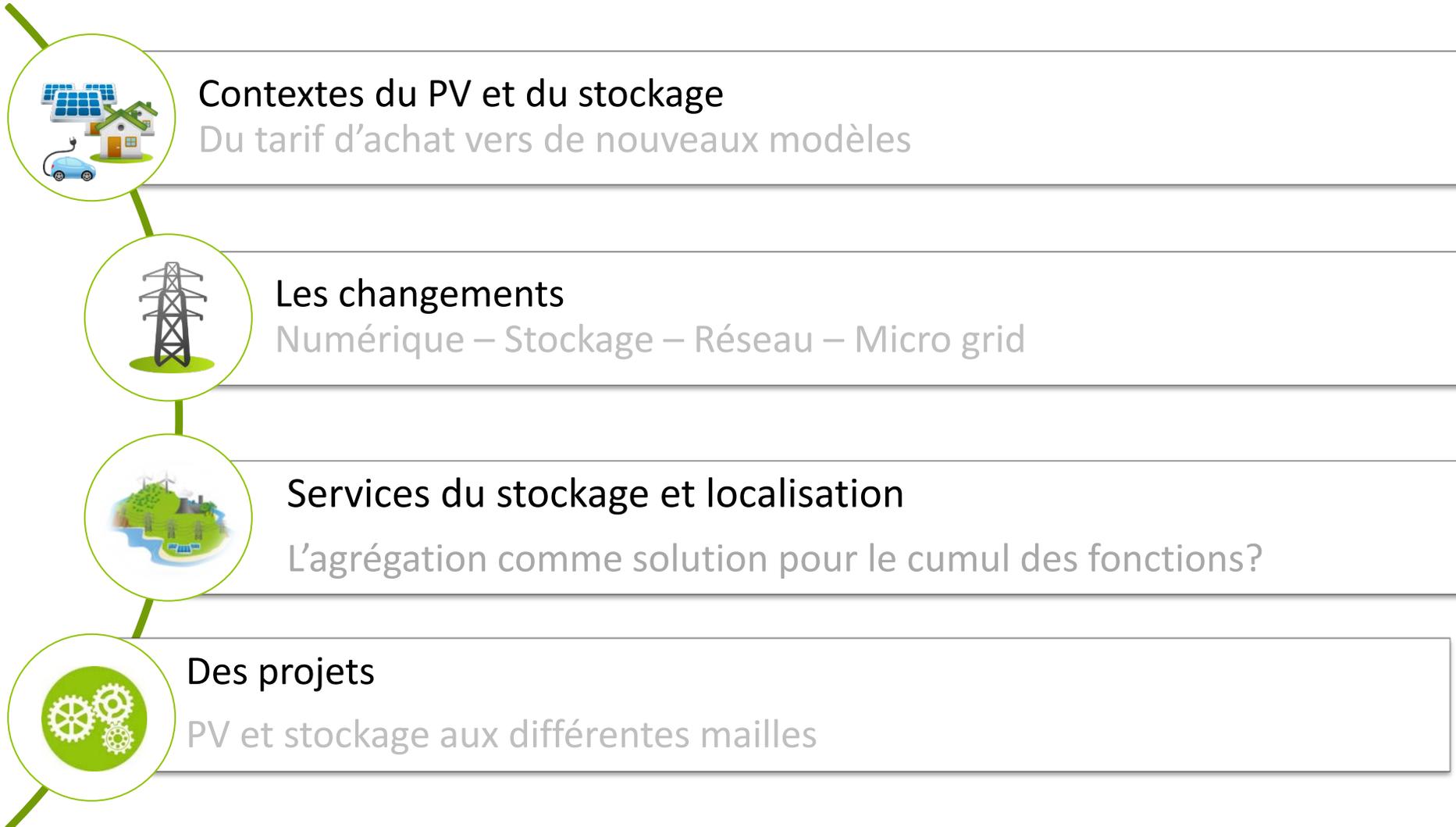


Stockage distribué pour l'intégration d'ENR : quels impacts sur le bâtiment et le réseau de distribution ?

Marion PERRIN– Chef de service Stockage et Systèmes Electriques
Marion.perrin@cea.fr



- Les diminutions de coût des grandes centrales

ARTICLE MIS A JOUR (13/03/2017) – La ministre en charge de l'énergie Ségolène Royal vient de dévoiler la liste des lauréats à la première période de candidatures de l'appel d'offres pour des centrales photovoltaïques au sol de grande puissance entre 5 et 17 MWc : 79 projets d'une puissance cumulée de 534,8 MW ont été retenus, avec un prix moyen s'établissant à 62,5 euros/MWh

- Entraînent les plus petites

Recherche Amazon Kit PV 3kW du 20/03/2017



Kit Fixation pour 12 Panneau Solaire Photovoltaïque 250W 3Kw les Toits Plats de PuntoEnergia Italia

EUR 992,59 + EUR 42,50 Livraison en France métropolitaine
Plus que 15 ex. Commandez vite !



Kit Solaire Maison Pro 3Kw 48V Systeme Photovoltaïque Off-Grid Batteries AGM

EUR 5 175,17 + EUR 15,00 Livraison en France métropolitaine
Plus que 5 ex. Commandez vite !

Dubai Gets Record-Low Bid Of 2.99¢/kWh For 800 MW Solar PV Project

May 2nd, 2016 by Saurabh Mahapatra



Dubai Electricity and Water Authority has received yet another record-breaking bid for expansion of the iconic Mohammed bin Rashid Al Maktoum Solar Park, the lowest solar price bid in history, for an 800 MW solar PV project that expands on 213 MW.



Inicio » Noticias »

Solarpack marca record histórico en licitaciones con 29,1 \$/MWh en Chile

19/08/16 | Noticias principales, Chile, Desarrollo de mercado



Foto: Solarpack

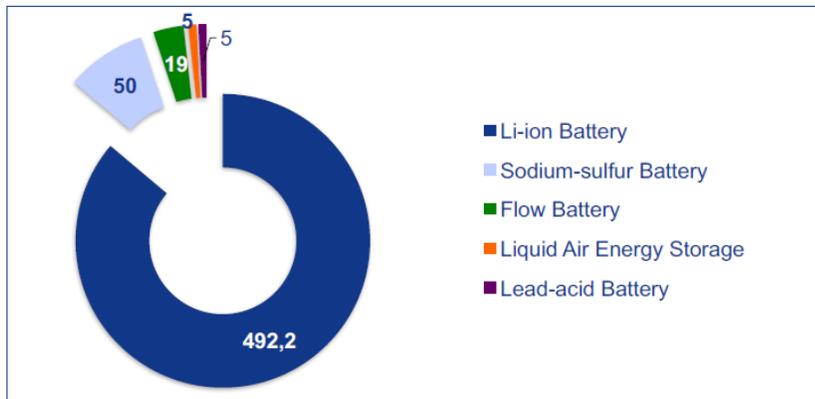
RÉDUCTION DE COÛT DU STOCKAGE

Proportion Plomb/Lithium pour les systèmes d'autoconsommation en Allemagne. Source ISEA

- Le li-ion est la technologie dominante

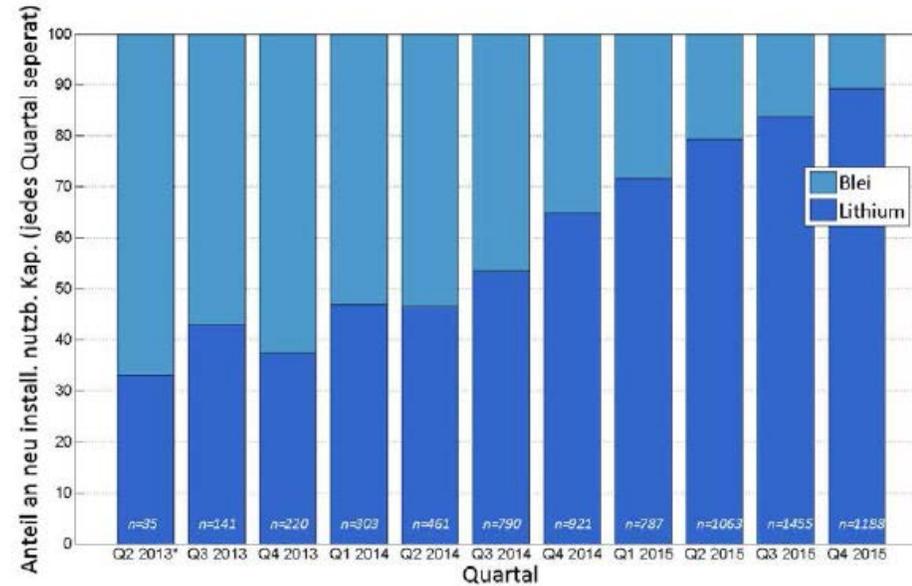
Focus : Projects over 1MW **commissioned** (so, REAL) in 2016, UPS excluded unverified data (approx 5-10% of projects) excluded

2016 Commissioned MW, by technology



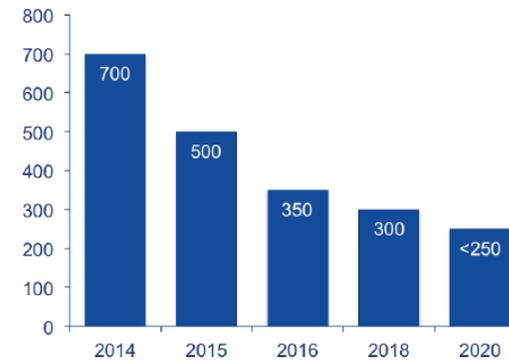
CONFIDENTIAL - Copyright © 2017 Clean Horizon Consulting

- Une courbe d'apprentissage tirée par les volumes automobiles



The decrease of Li-Ion batteries has been driven by the booming in the sale of electric vehicles

History and prevision for the evolution of lithium-ion battery prices from 2014 to 2020 (DC containerised solutions, EXW)¹ €/kWh

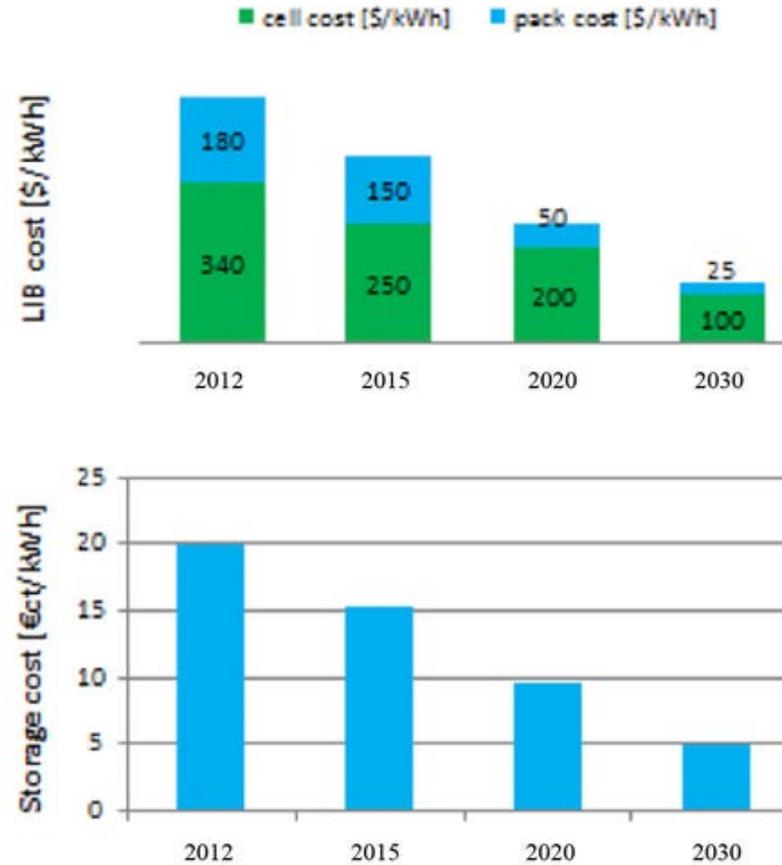
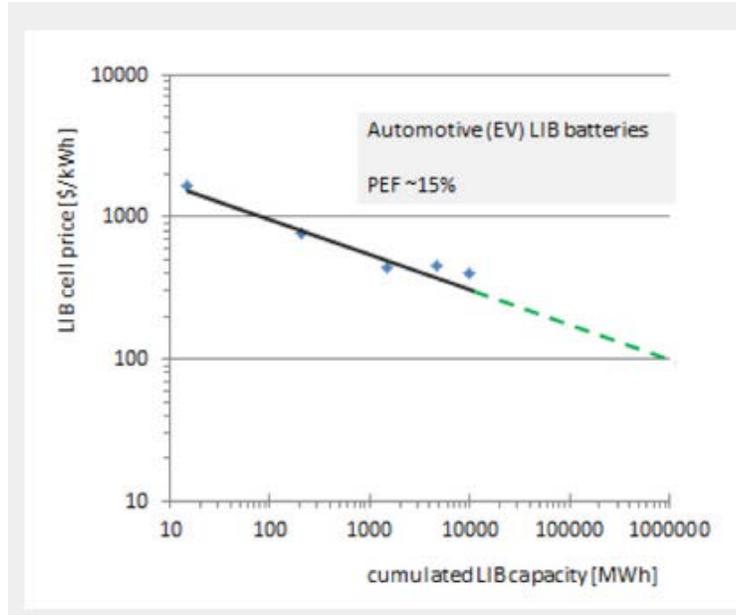


- In 2016, over 80% of commissioned MW have been lithium-ion
- For 2020, leading battery manufacturers are announcing even lower prices, at 250 \$/kWh
- This decrease in prices is greatly pushing the development of the market, and unlocking opportunities for storage

Sources/Notes: 1. Based on Clean horizon experience. The prices before 2014 have voluntarily not been displayed because they are too project-specific: as very few commercial projects were installed at this time and usually benefited from subsidies, the prices were not exactly representative of the market.

CONFIDENTIAL - Copyright © 2017 Clean Horizon Consulting

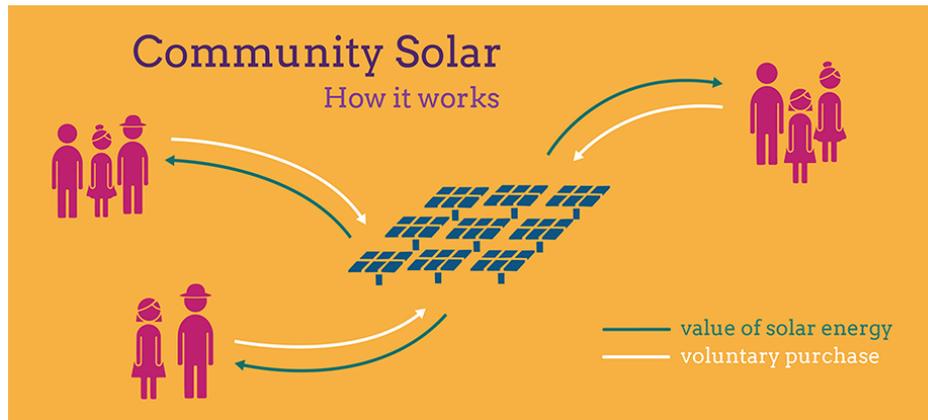
RÉDUCTION DE COÛT DU STOCKAGE: COURBE D'APPRENTISSAGE



15% cost decrease for each doubling of the installed capacity : 100€/kWh once 1TWh reached
Possible in 2030 provided market growth of 31% per year

L'AUTOCONSOMMATION DE L'ÉLECTRICITÉ PHOTOVOLTAÏQUE

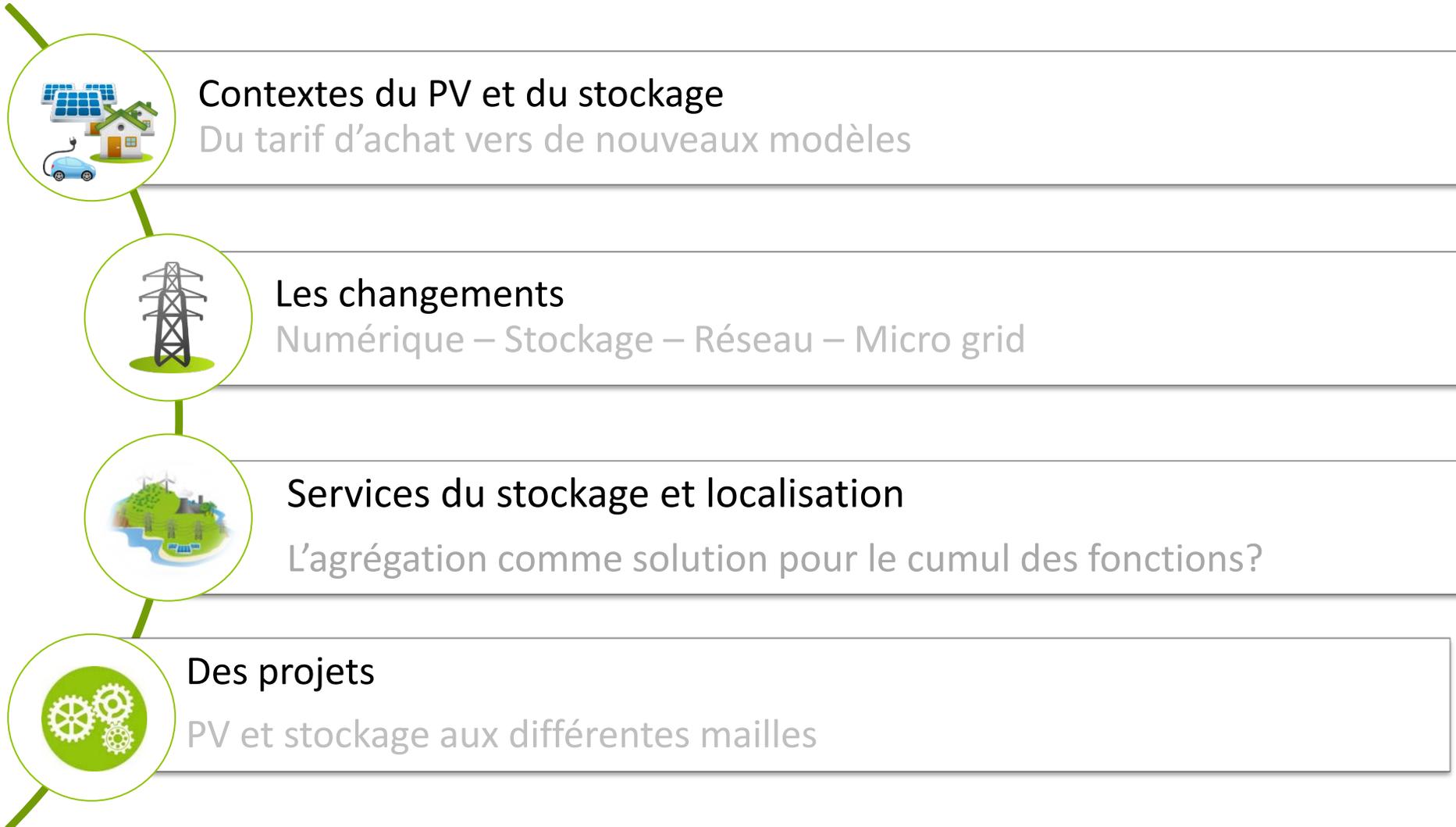
- La France et le monde à l'heure du photovoltaïque et de l'autoconsommation
- Du tarif d'achat (FIT) vers de nouveaux modèles d'affaires:
 - Très grande centrale: vente directe sur les marchés
 - Centrale intermédiaire: vente directe / livraison directe / autoconsommation
 - Petite centrale: autoconsommation



Source: site web EnergySage

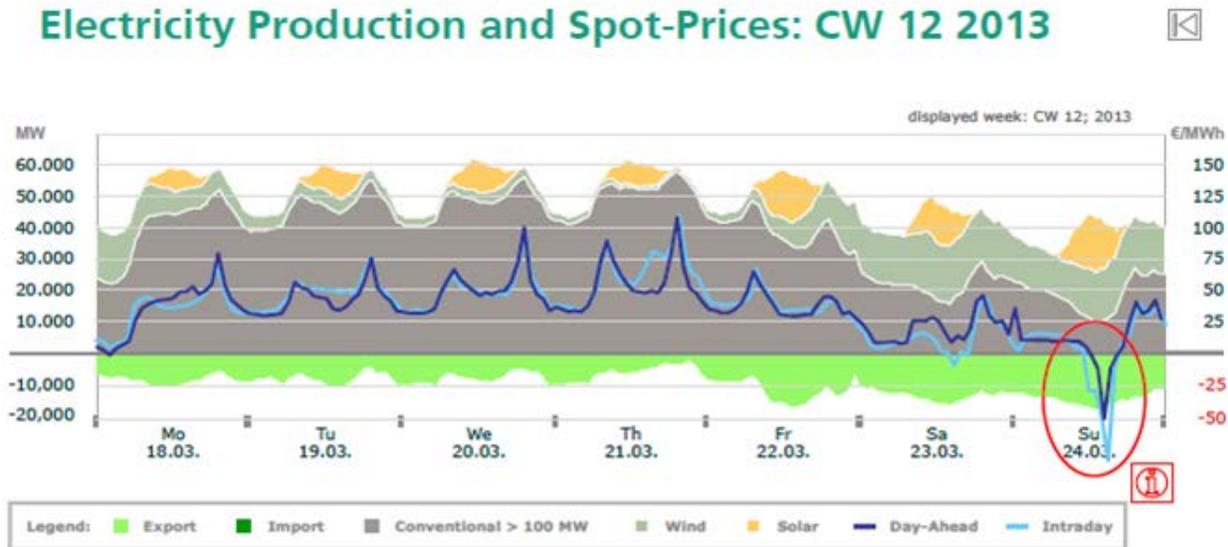


Source: site web SteadySun

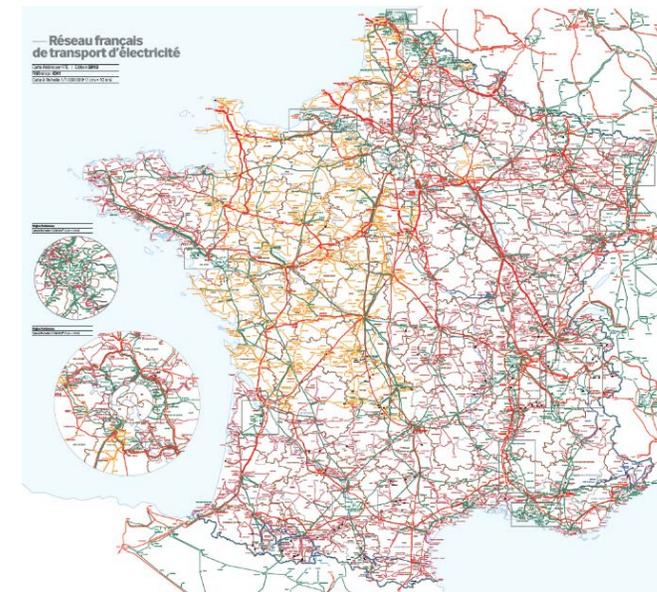


QUELS CHANGEMENTS ?

- L'autoconsommation sera vertueuse pour le système électrique
 - Améliorer les capacités d'accueil
 - Fournir des services systèmes (le PV est aussi une opportunité)
 - S'intégrer dans un mix de production



Source: Johannes Burger & al., Fraunhofer ISE, Data:EEX,Entso-e



Source: Site web RTE

QUELS CHANGEMENTS ?

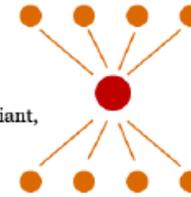
- **L'autoconsommation sera numérique**
 - Le système de communication (comptage, linky...)
 - Intelligence énergétique (EMS, architecture optimisées...)
 - Le système d'information (blockchain, achat/vente, data analytics, supervision...)
 - L'interopérabilité (aller au-delà de la compatibilité...)



Source: Site Web ENEDIS

Modèle de transactions actuel

**Intermédiaire,
plate-forme**
par ex. bourse, négociant,
banque, fournisseur
d'énergie



Fournisseur
par ex. vendeur,
producteur d'énergie, prêteur

Demandeur
par ex. acheteur, consommateur
d'énergie, emprunteur

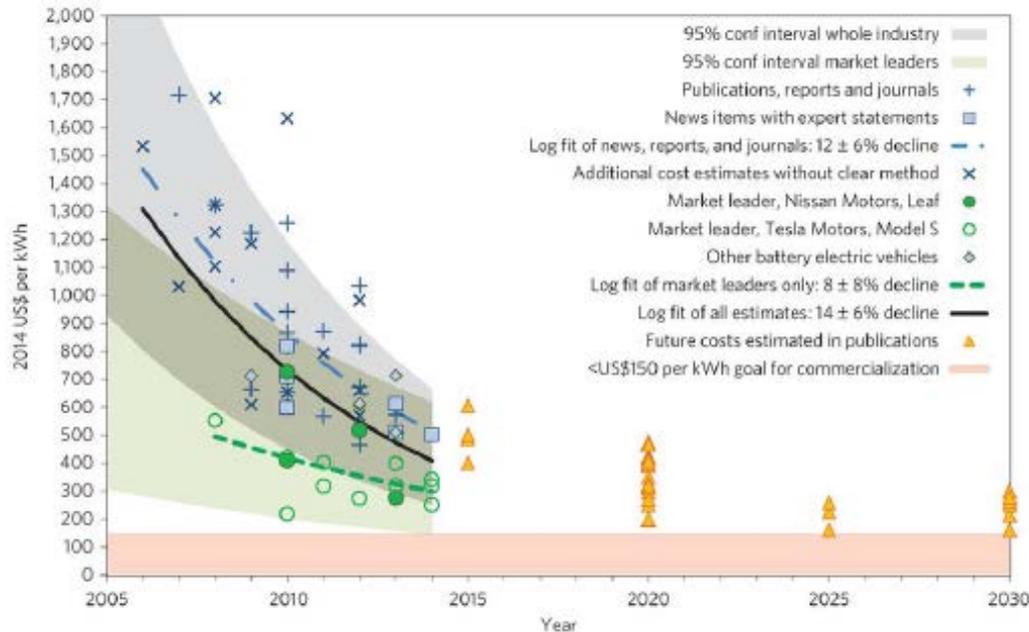
Modèle de transactions blockchain



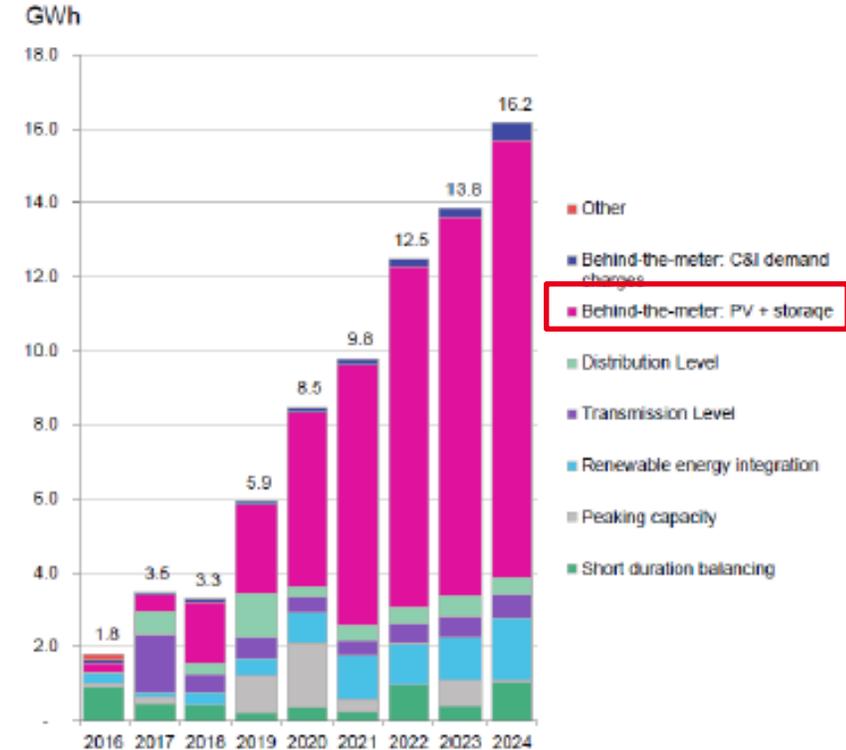
Source: rapport OFAENR

QUELS CHANGEMENTS ?

- L'autoconsommation et le stockage
 - Des batteries toujours moins chères et plus performantes
 - Vers des LCOS <<100€/MWh (Levelized Cost of Storage)
 - Une pénétration même sur des marchés à l'export... et en France?



Source: Nykvist et al. 2015

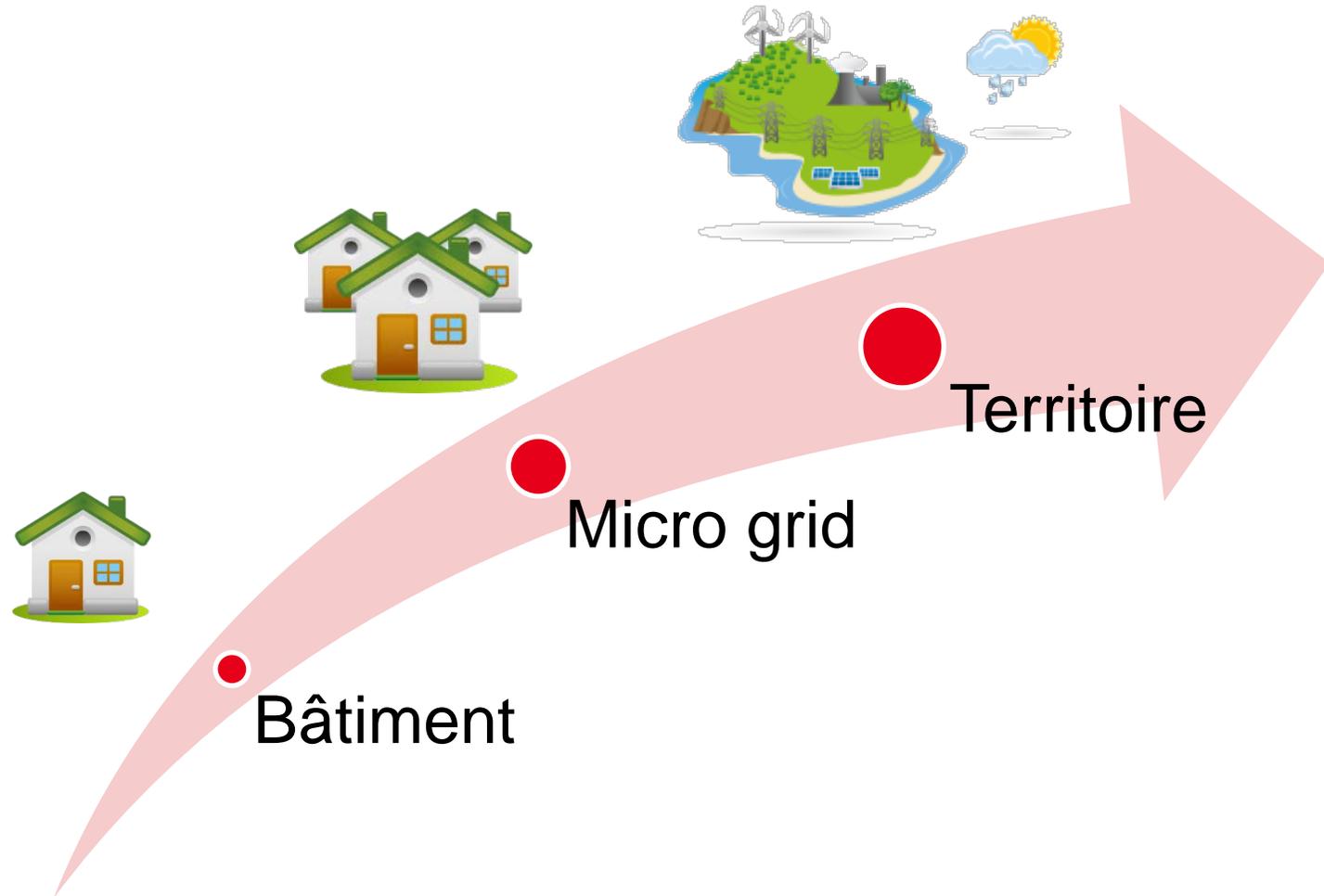


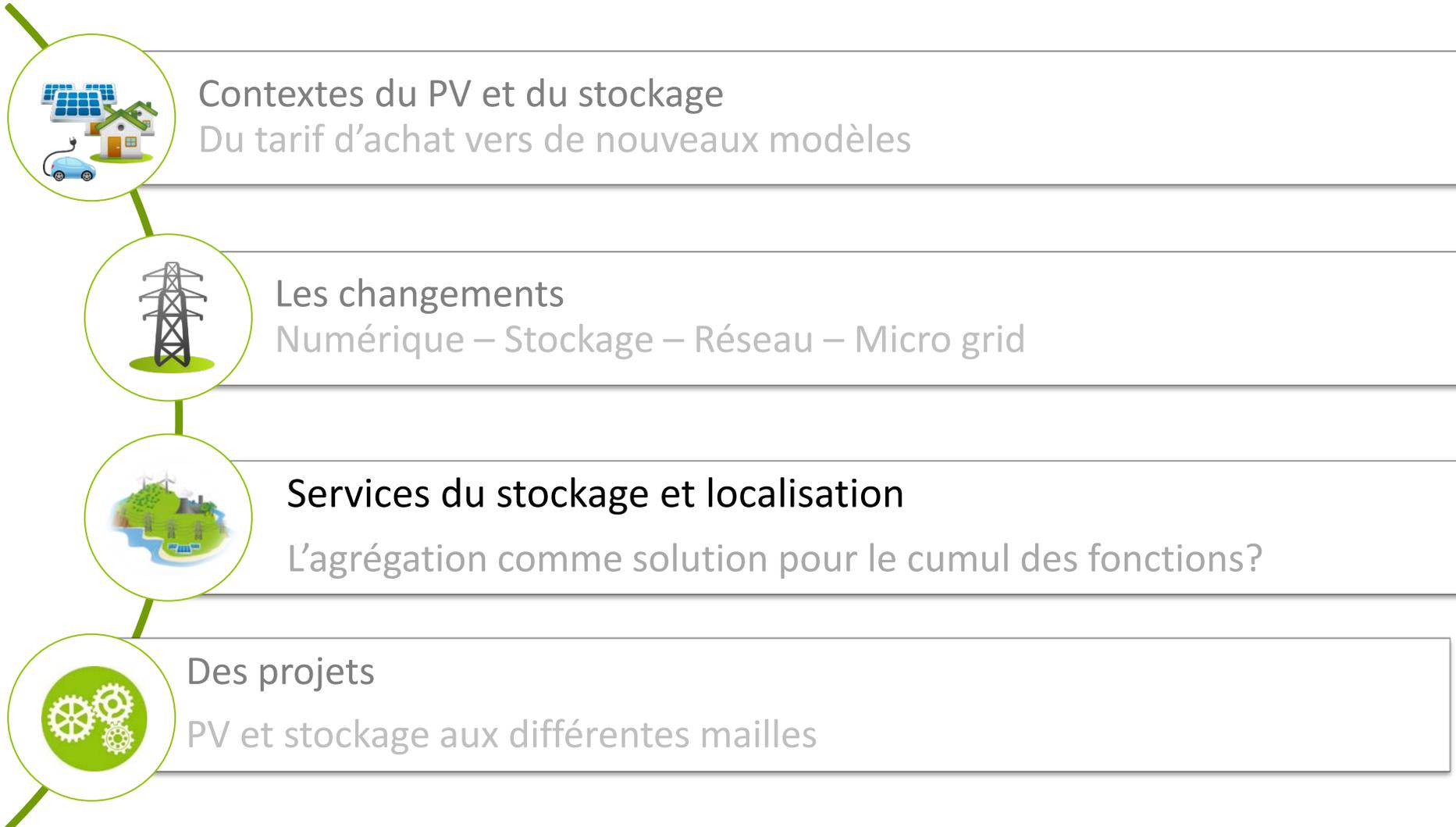
Source: BNEF Global Energy Storage forecast

QUELS CHANGEMENTS APPORTE L'AUTOCONSOMMATION?

- **L'autoconsommation sera au-delà du bâtiment**

- Bâtiment résidentiel, tertiaire, site industriel
- Micro-réseau
- Territoire

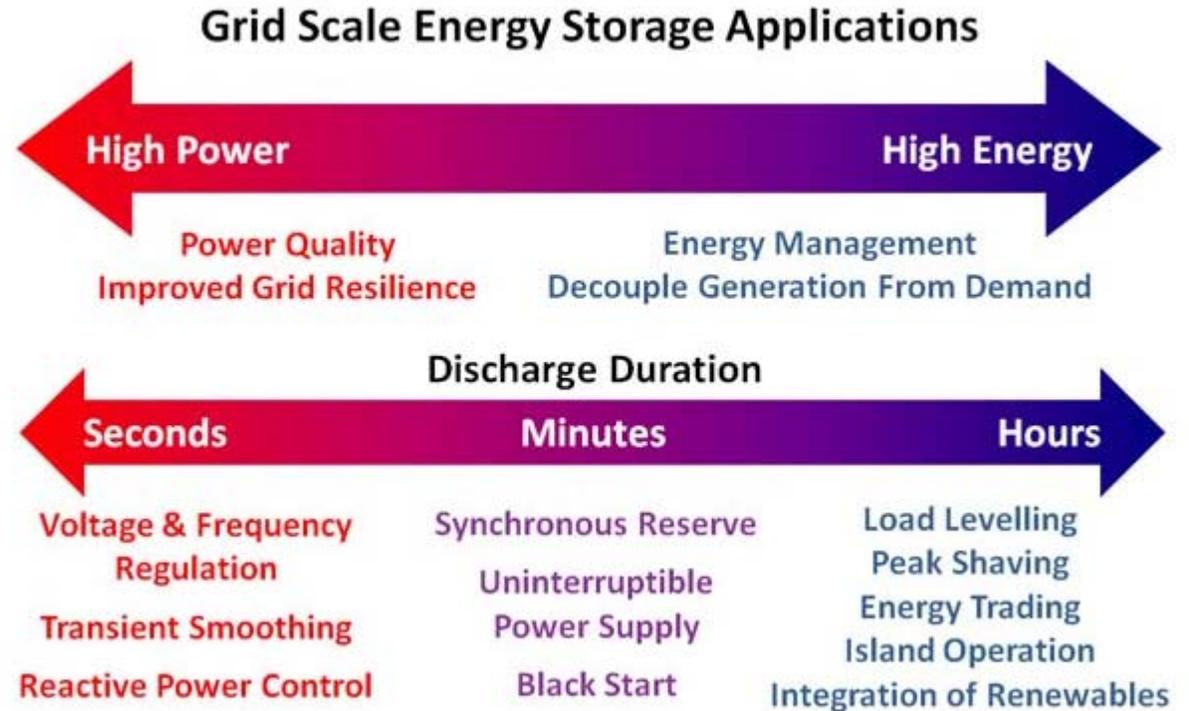




LES FONCTIONS DU STOCKAGE

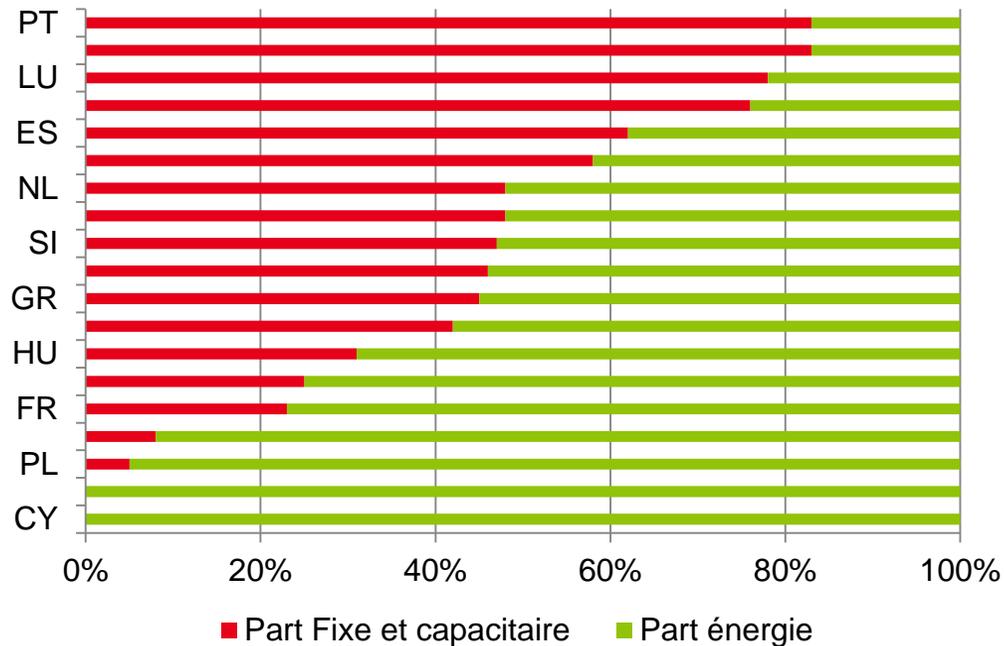
- Toutes les applications du stockage (npowerUK)

- Besoin de cumuler les fonctions et rémunérations pour atteindre une rentabilité



AU NIVEAU DU CONSOMMATEUR (SOURCE ENEA CONSULTING)

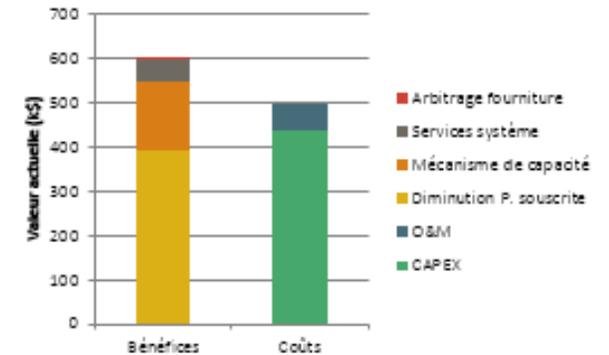
- **Profitabilité du stockage:**
Fonction du poids de la puissance souscrite dans la tarification réseau



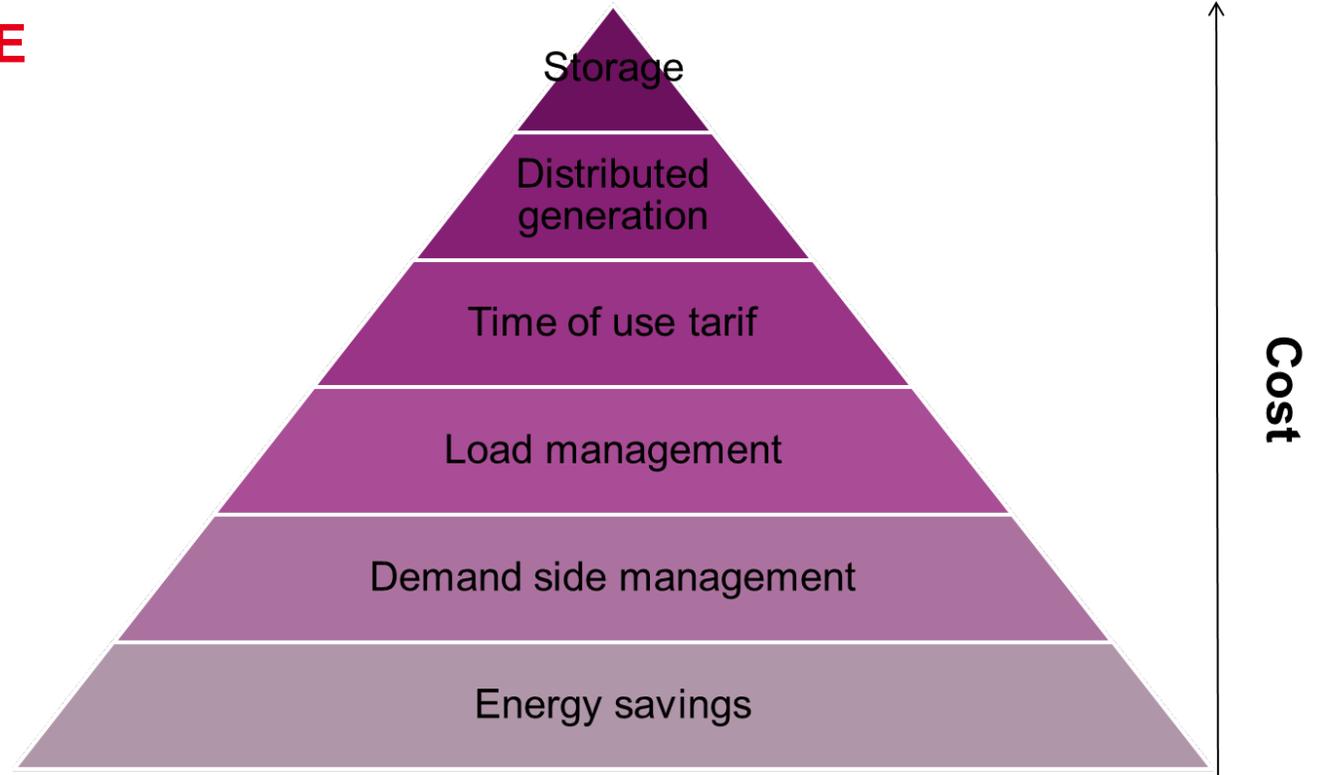
Au niveau du consommateur, l'empilement des services permet une rentabilité des actifs de stockage (avec ou sans autoconsommation EnR)

4 principales sources de valeur

- ▶ Diminution pic de puissance
- ▶ Services systèmes
- ▶ Mécanisme de capacité
- ▶ Optimisation de la fourniture

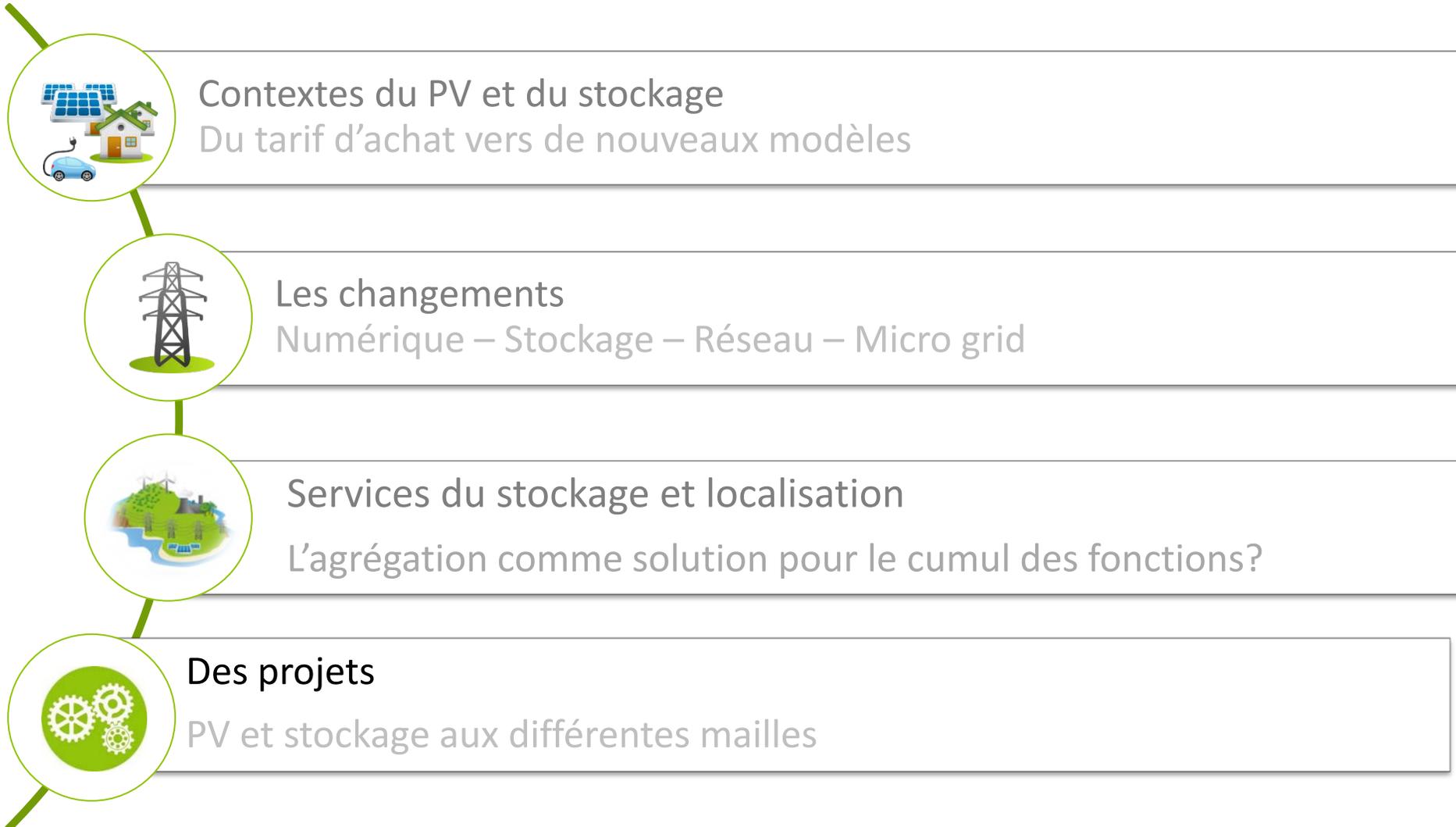


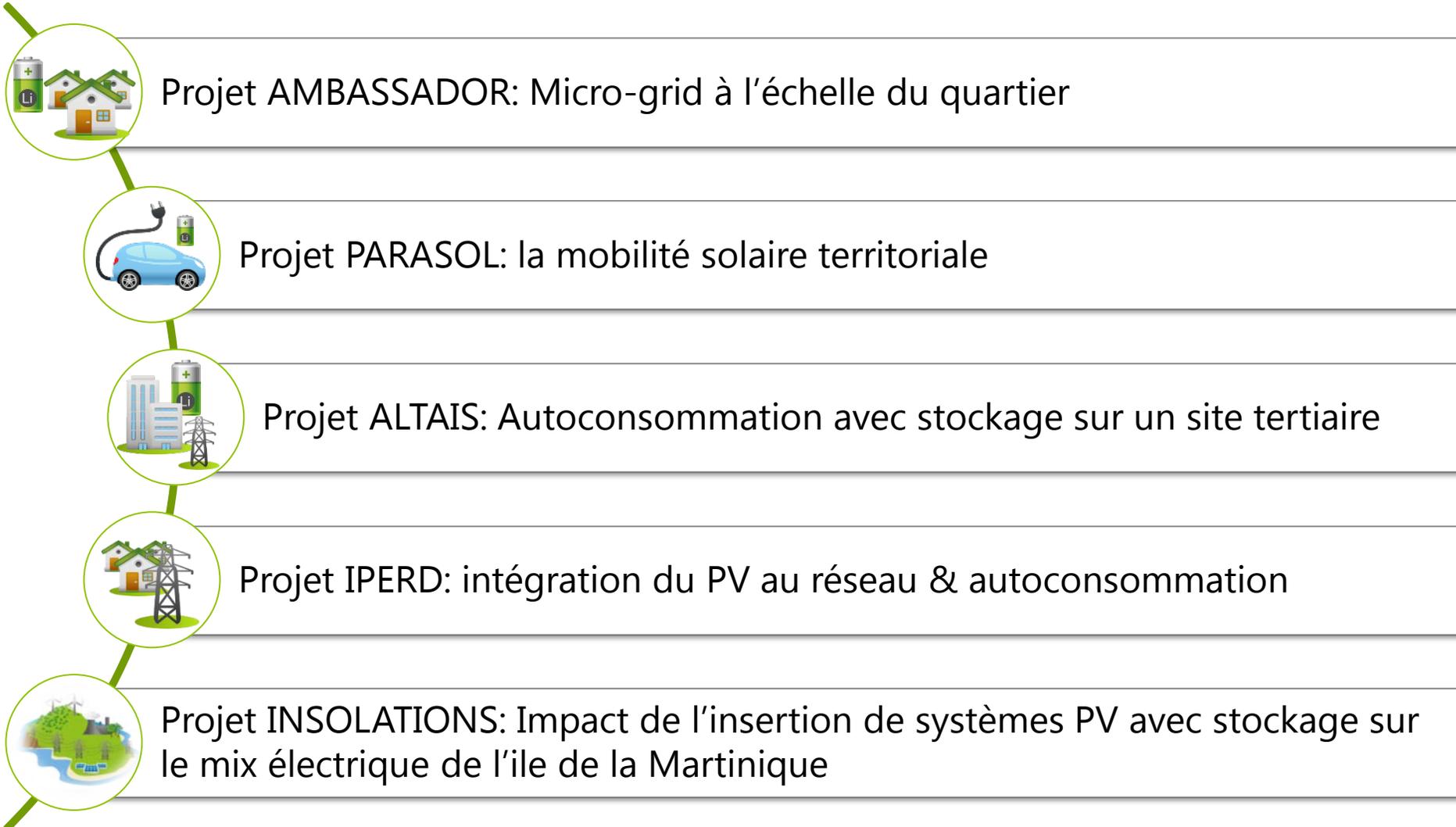
LA VALEUR DU STOCKAGE



- **Besoin d'empiler les rémunérations pour atteindre la rentabilité**
- **Coupler les réponses aux besoins du transport, de la distribution et du consommateur final**

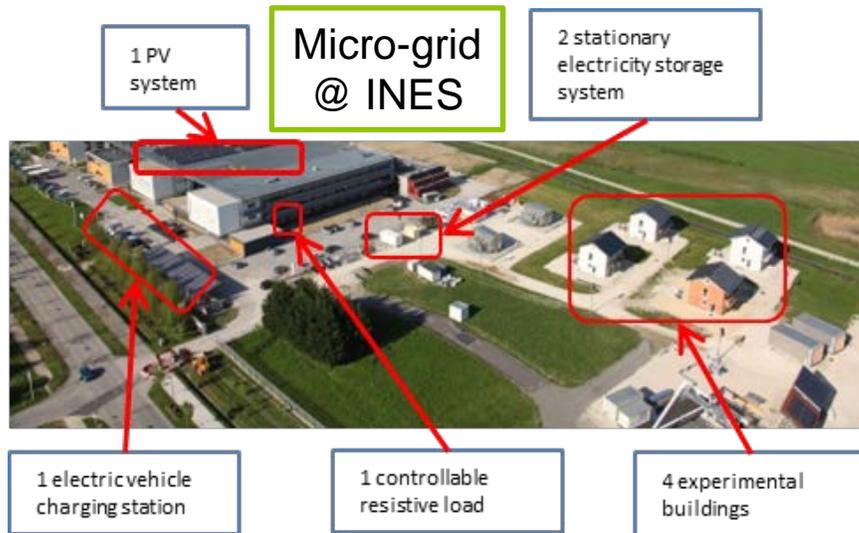
=> Agrégation centralisée de systèmes distribués ???



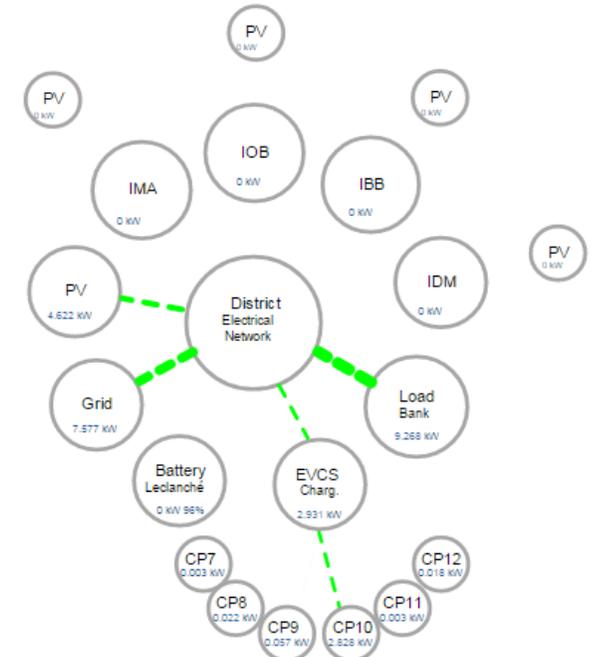


PROJET AMBASSADOR: MICRO-GRID À L'ÉCHELLE DU QUARTIER

- ✓ Autoconsommation de l'énergie PV à l'échelle d'un site complet (micro-grid)
- ✓ Achat et vente de l'électricité au meilleur prix en fonction du marché de l'énergie et des moyens de production et stockage



Le cas d'étude INES en simulation



Aperçu des flux en « temps-réel » du micro-grid INES

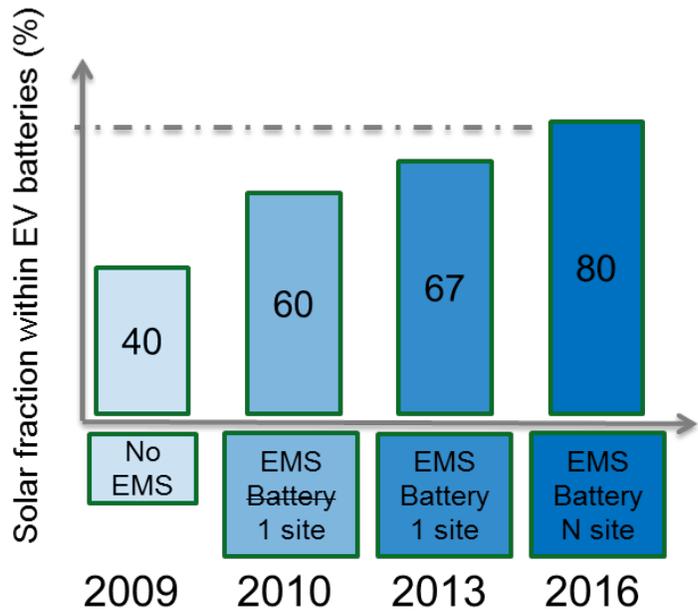
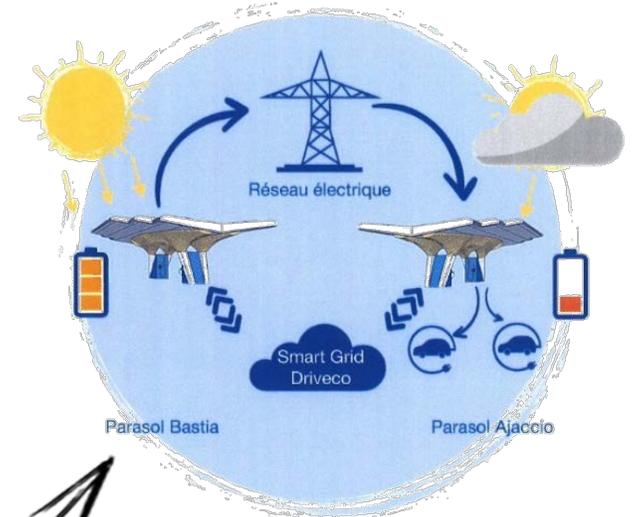
<http://demis.cloudapp.net/demis/pages/Ambassado/r/Inesflowchart.html>

LE PROJET PARASOL: LA MOBILITÉ SOLAIRE TERRITORIALE

- ✓ Autoconsommation de l'énergie PV pour la recharge de VE
- ✓ Gestion coordonnée à l'échelle territoriale

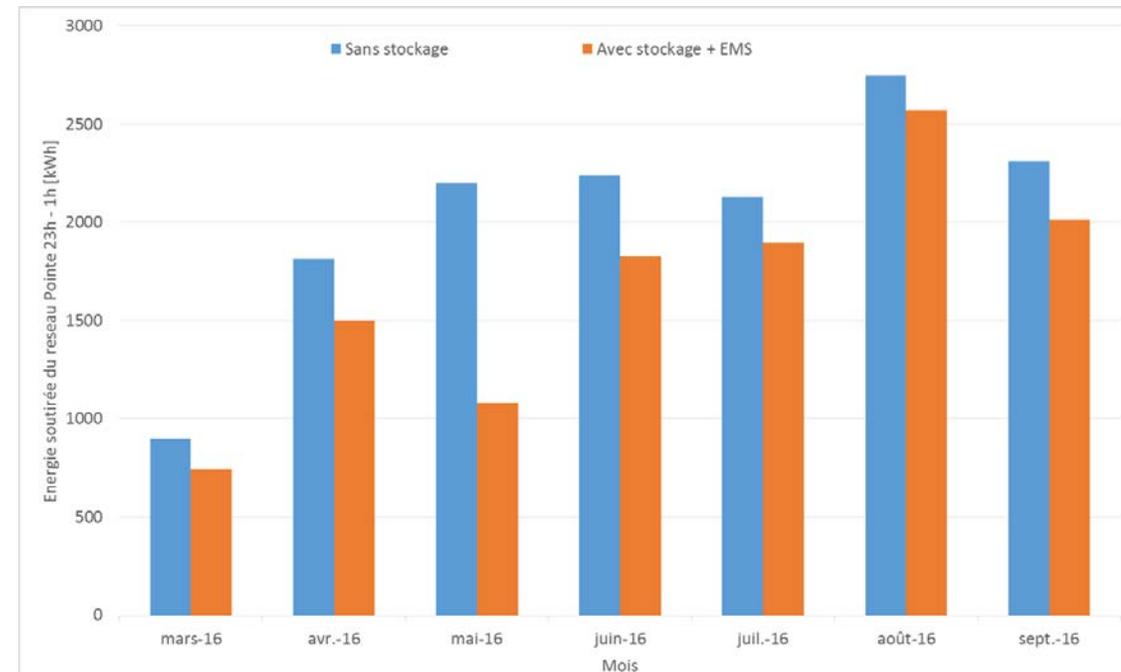
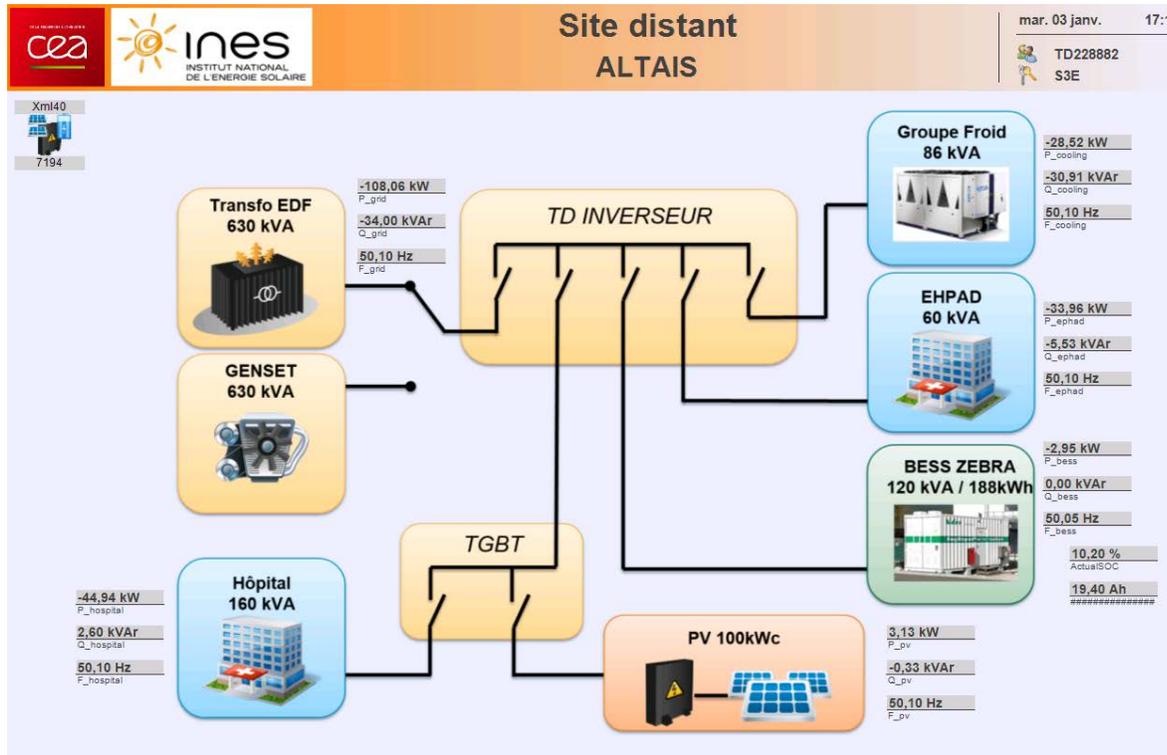


DRIVECO



PROJET ALTAIS: AUTOCONSOMMATION AVEC STOCKAGE SUR UN SITE TERTIAIRE

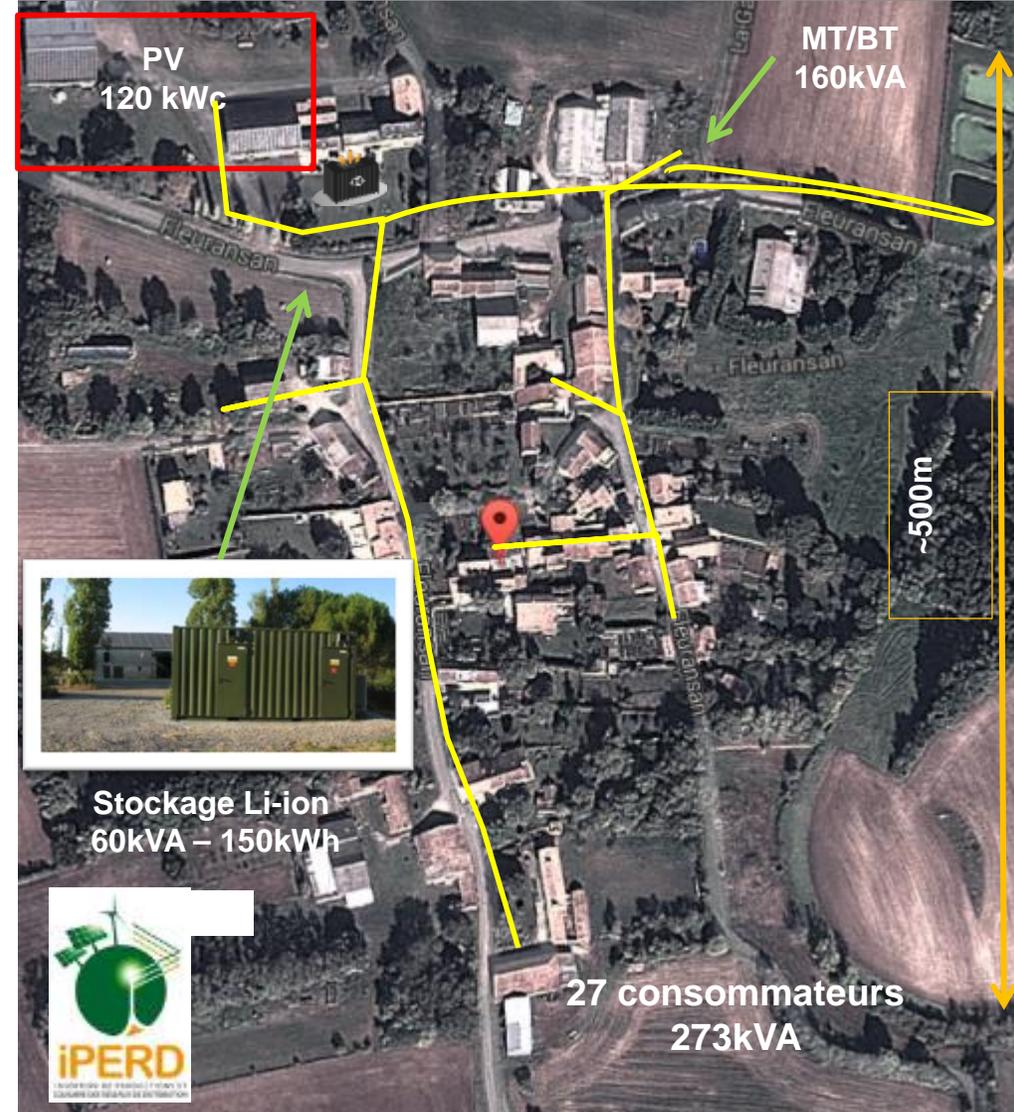
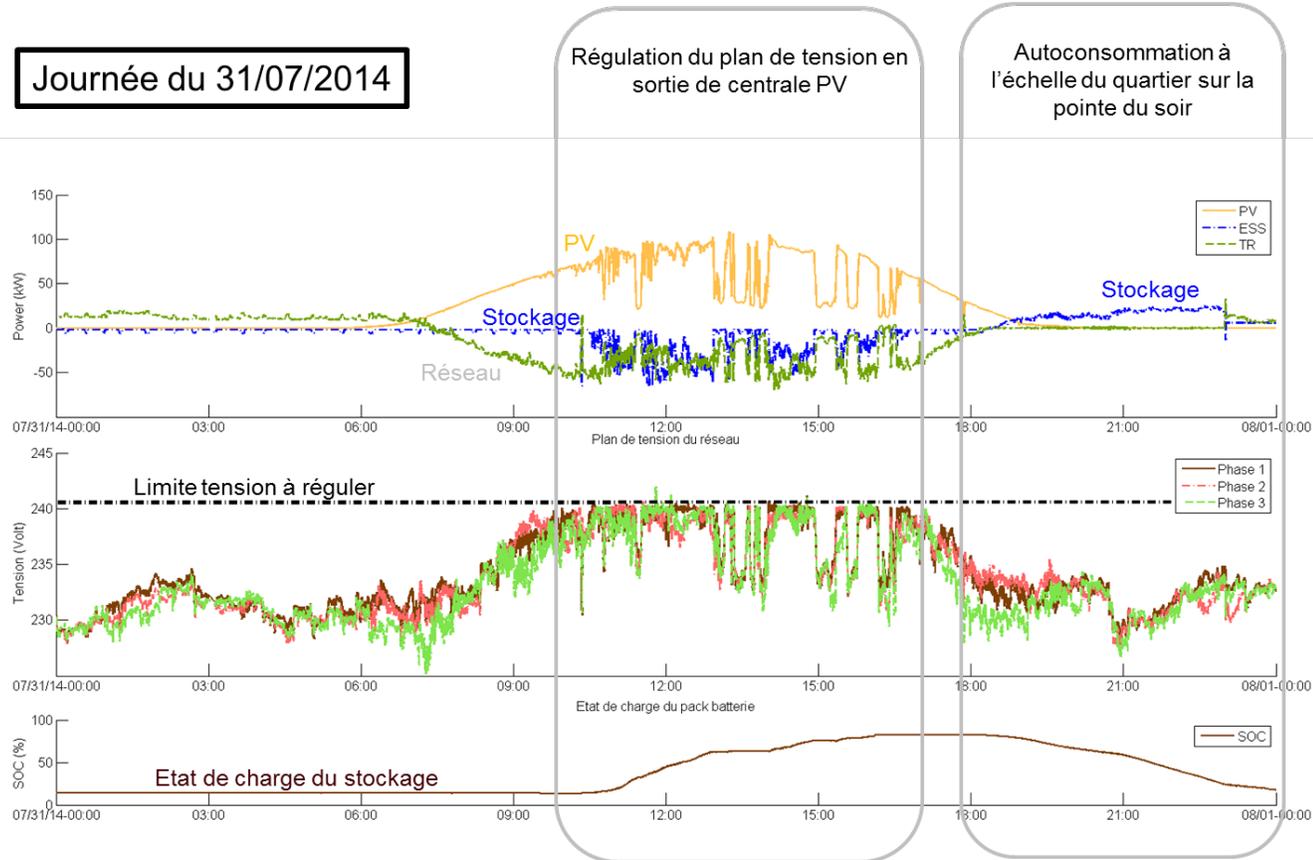
- ✓ Un site de consommation tertiaire (Hôpital du François) et de production PV
 - ✓ Un système de stockage et un EMS
- ✓ Objectifs : Effacement partiel de la consommation du site lors des périodes de pointe, limiter et lisser le soutirage au réseau électrique durant la journée, augmenter le taux d'autoproduction



PROJET IPERD: INTÉGRATION DU PV AU RÉSEAU & AUTOCONSOMMATION

- ✓ Un réseau basse tension « contraint » par une production intermittente
- ✓ Une production raccordée sur un départ également consommateur
- ✓ Objectif : tester la pertinence du stockage pour répondre à la problématique de tension générée par la production intermittente + autoconsommation

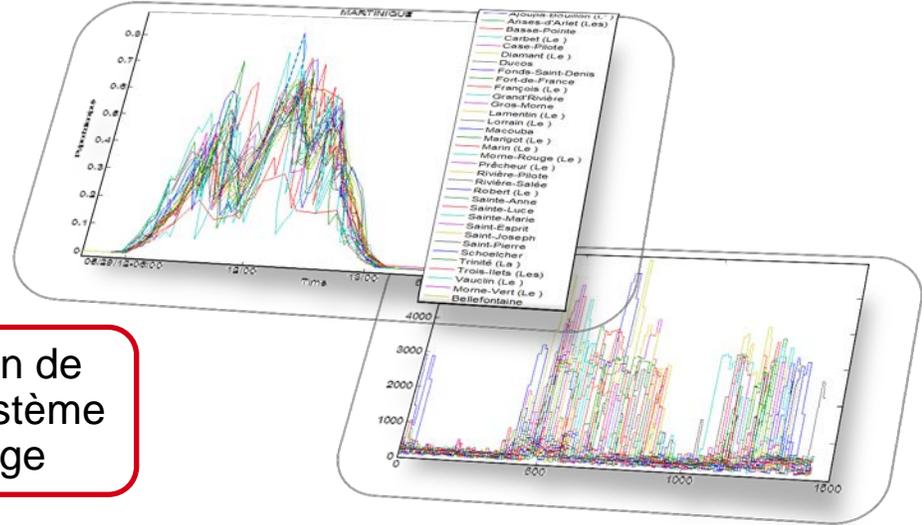
Journée du 31/07/2014



PROJET INSOLATIONS: IMPACT DE L'INSERTION DE SYSTÈMES PV AVEC STOCKAGE SUR LE MIX ÉLECTRIQUE DE L'ÎLE DE LA MARTINIQUE

Choix
Technique
Economie
...

1. Analyse des profils de consommation et de production



4. Recommandations

2. Proposition de gestion du système PV-Stockage

3. Analyse du mix de production

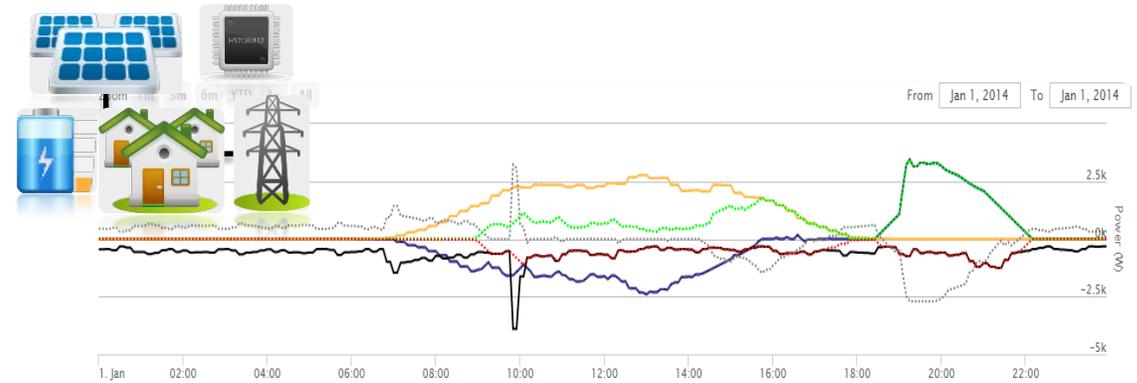
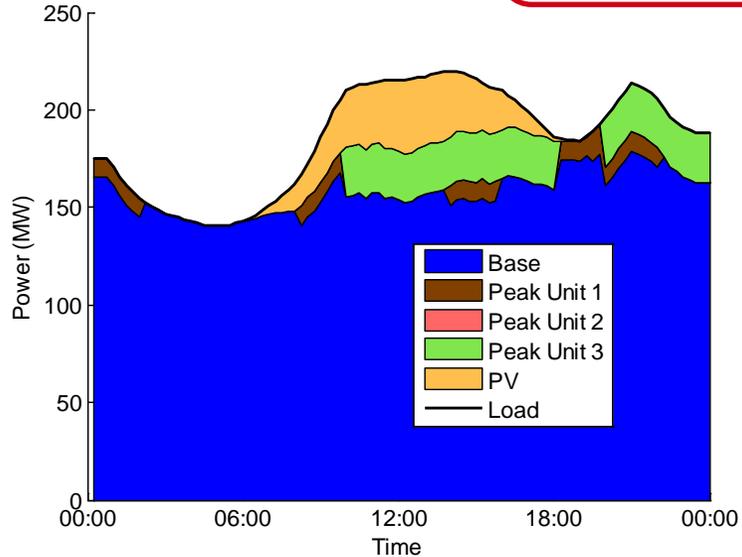


Figure: Stratégie de gestion du système PV-stockage

liten
cea tech





liten
cea tech

Annexe: Laboratoire des Systèmes Electriques Intelligents

Solutions pour l'optimisation des systèmes électriques complexes

De l'installation, à l'opération et à la maintenance

Architecture ➤ **Gestion** ➤ **Diagnostic**



30 experts:

Génie logiciel, modélisation système, mathématique appliqué, Génie électrique, Technologies de l'information et de la communication



3,5M€ de budget

50 à 75% via des partenaires industriels



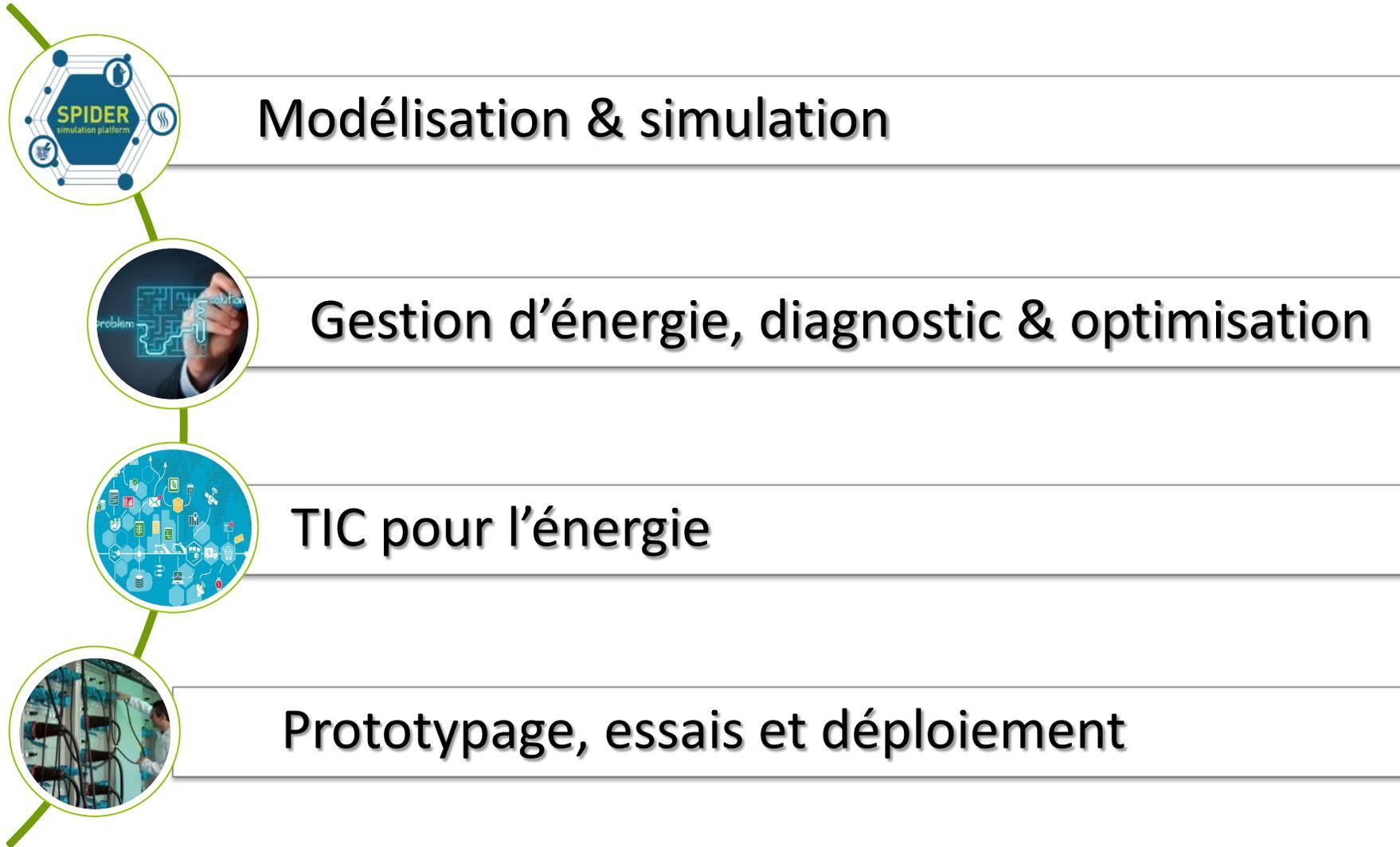
20 brevets dans le portefeuille

~6 nouveaux brevets par an

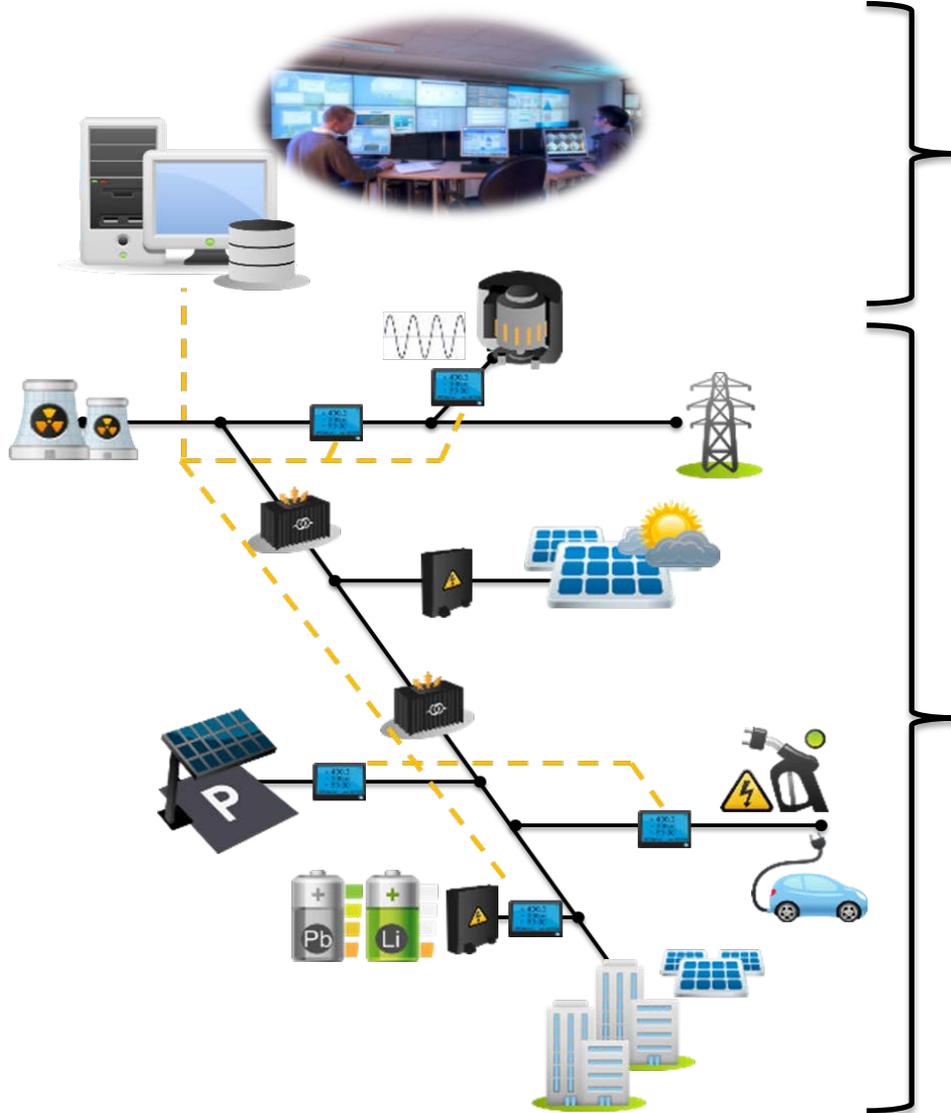


Plateformes

Micro-réseau & HIL, Système d'information, Simulation système, Conception algorithmes EMS



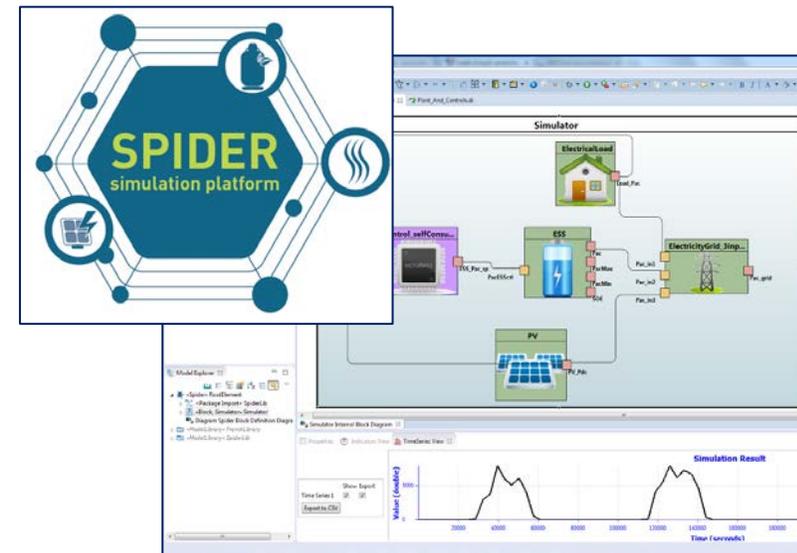
E-Plateforme de modélisation et simulation



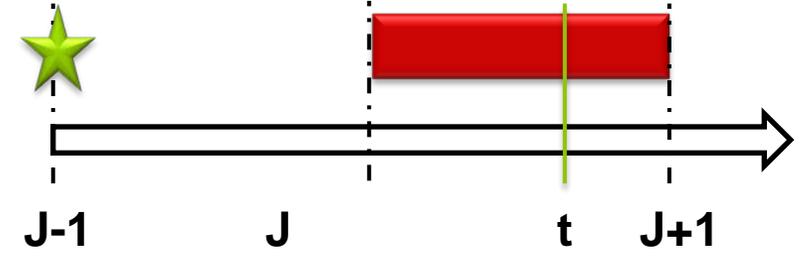
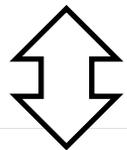
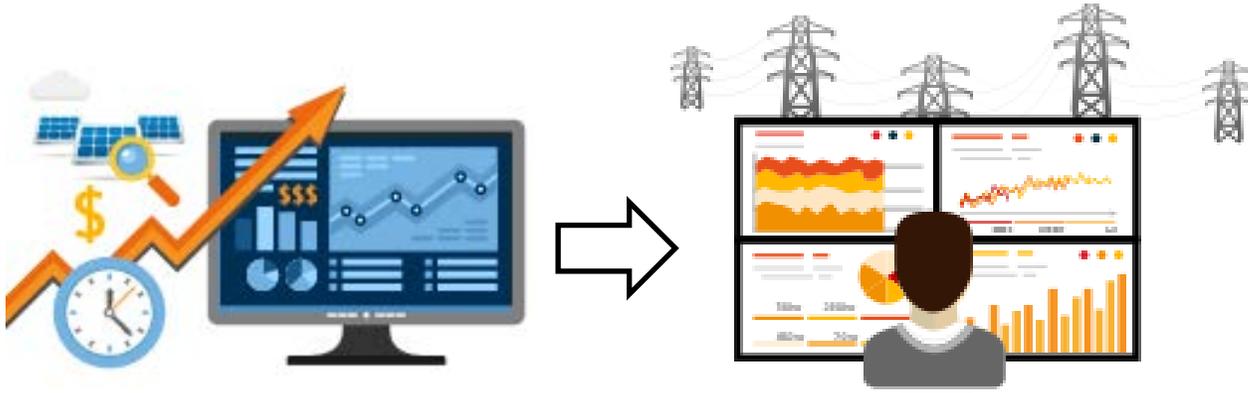
Module MORE: contrôle haut niveau / gestion prévisionnelle



SPIDER: modélisation système

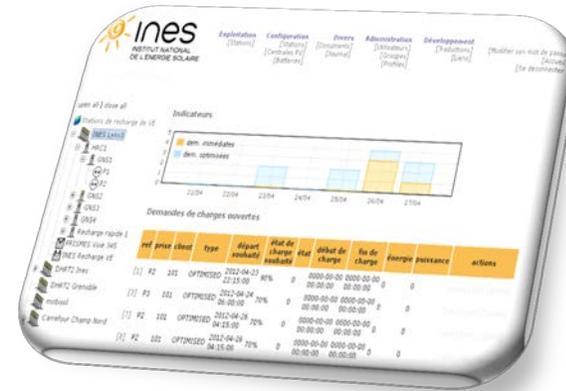
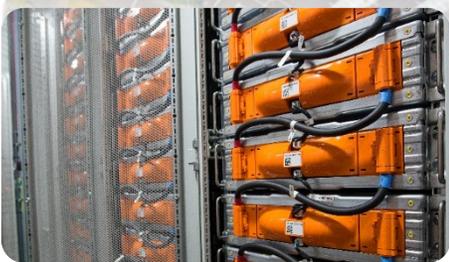
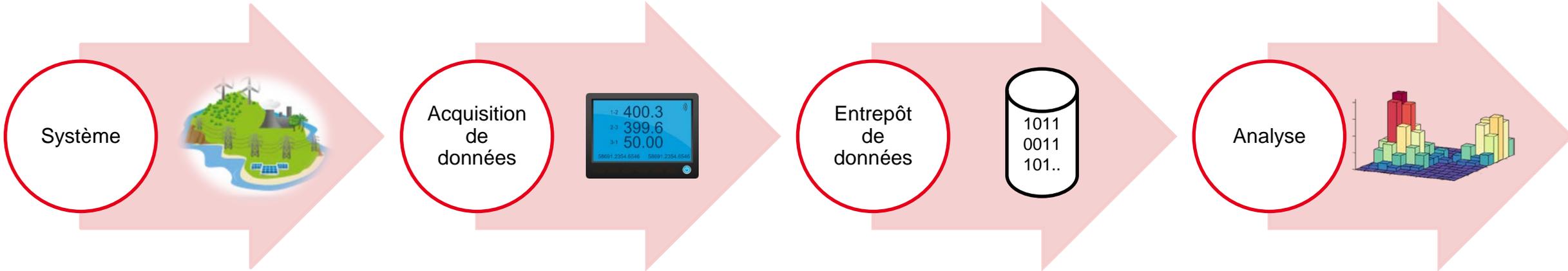


E-Plateforme de création d'EMS



- ✓ Planification: gestion prévisionnelle via la prise en compte des prévisions de prix, de production...
- ✓ Règles logiques de gestion: suivi optimal des plans de production établis par la planification, suivi des aléas, règles issues de connaissances métiers...
 - ✓ Contrôle temps-réel en boucle fermée

E-Plateforme d'analyse de données



- Analytics**
- ✓ Analyse des performances
 - ✓ Détection et compréhension des défauts
 - ✓ Prédiction d'états
 - ✓ Extraction de paramètres
 - ✓ Evaluation des stratégies de contrôle

E-Plateforme – Système d'information pour la gestion d'énergie

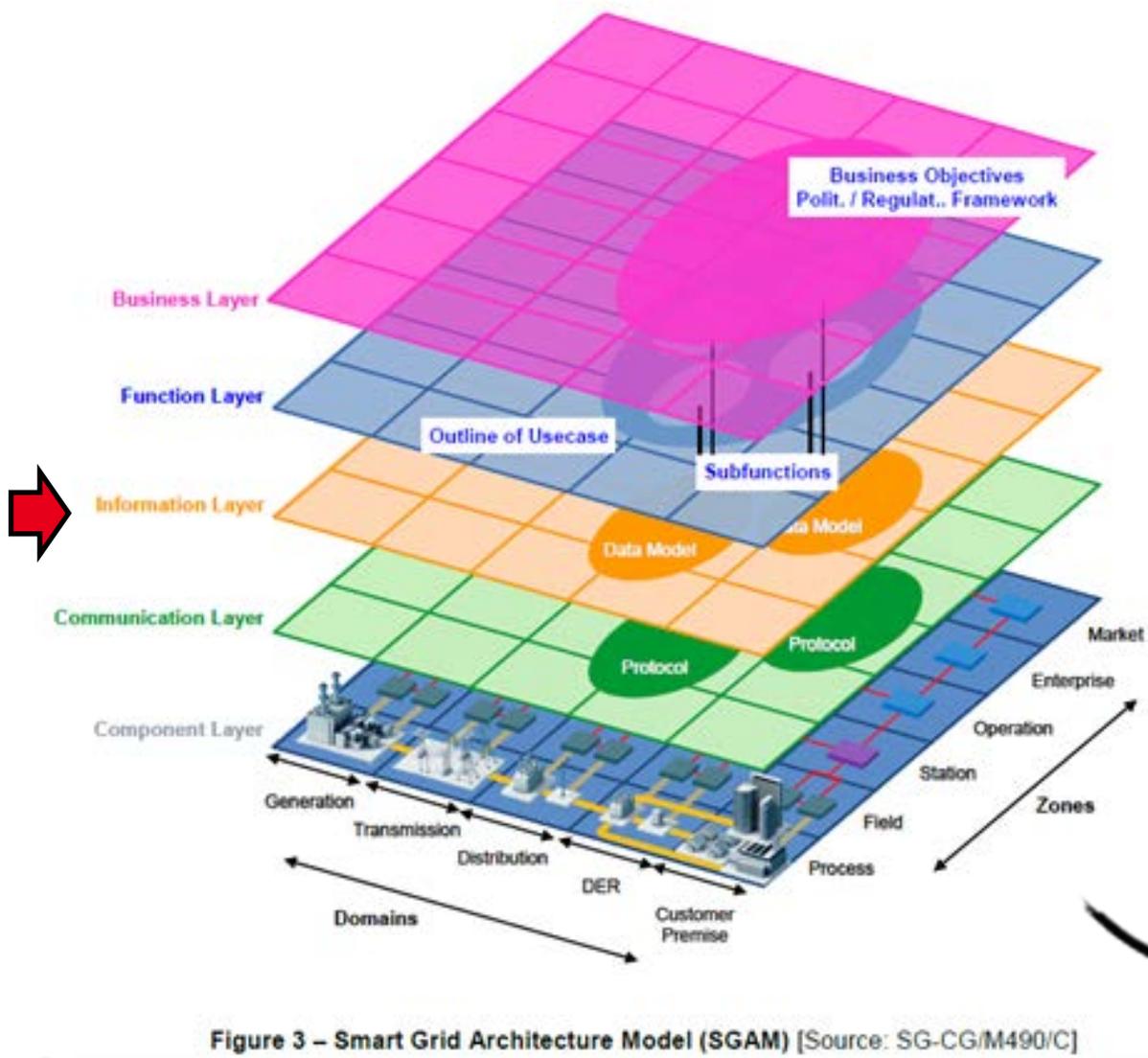


Figure 3 – Smart Grid Architecture Model (SGAM) [Source: SG-CG/M490/C]

- ✓ Architecture de représentation du système énergétique via « **CIM** »
- ✓ Communication adaptable aux standards dont **IEC61850**
 - ✓ **Modèle sémantique de données** – Représentation graphique
 - ✓ Intégration d'**algorithmes de gestion**
 - ✓ Intégration d'**algorithmes de diagnostic**



Plateforme de tests micro-réseau

Composants du micro-réseau

- ✓ Production photovoltaïque
 - ✓ Production diesel
- ✓ Station de recharge de VE
 - ✓ Maisons expérimentales
- ✓ Systèmes de stockage (batteries, H2,...)
 - ✓ Système SCADA
 - ✓ Systèmes HIL & PHIL

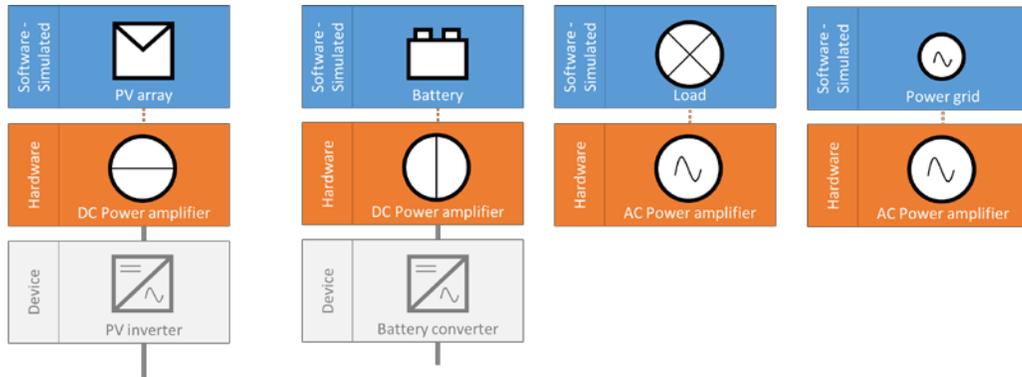


Figure: Les composants HIL du micro-réseau



liten
cea tech

