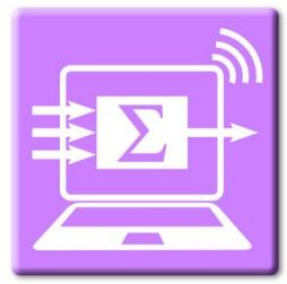


## **2. RESEAUX ENERGETIQUES DU FUTUR**

## Posters Réseaux énergétiques du futur

Distributed Sequential Dispatch of Embedded Generation in Smart Grids	Mines Douai
Prédiction à court terme de la production éolienne et solaire	Mines ParisTech
Intégration des énergies renouvelables dans les marchés de l'électricité	Mines ParisTech
Reconstitution de la courbe de charge d'une ville par simulation bottom-up	Mines ParisTech
Management of smartgrids with high EnR penetration, storage and demand flexibilities	Mines ParisTech
Planification du réseau de distribution : le rôle du stockage	Mines ParisTech
SafeWind Project : Advanced wind power forecasting with focus on extremes	Mines ParisTech
Grid4EU – NiceGrid : Large-Scale Demonstration of Advanced Smart Grid Solutions	Mines ParisTech
Stockage et déstockage d'électricité renouvelable sur méthane de synthèse	Mines ParisTech
SHOWE-IT: An ICT support solution to become more efficient?	Mines Saint-Etienne
Everlasting sensor networks	Télécom Lille1
Modeling and Optimizing a Distributed Power network : A complex System Approach of the Prosumer Management in the Smart Grid	Télécom SudParis
Projet VELCRI : Véhicule électrique - Communication Véhicule infrastructure (V2G)	Télécom SudParis
Projet Telewatt	Télécom ParisTech
Projet GreenFeed	Télécom ParisTech
Smart Grid	Télécom ParisTech
Smart Campus et son impact sur le réseau de distribution intelligent	Télécom Bretagne
Wireless-over-Fibre Systems – Toward Energy-Efficient Networks	Télécom Bretagne
Projet FUI-15 : Greenfeed	Télécom Saint-Etienne
eXergie, éMergie et bilan CO2 : mesure de la qualité de l'énergie dans les systèmes écologico-économiques complexes	Mines Nantes
HeatGrid : un modèle de simulation énergétique pour la gestion stratégique d'un réseau de chaleur	Mines Nantes

## Parties prenantes



Informatique et  
Automatique

## Auteurs

J. Dibangoye  
A. Doniec  
H. Fakham  
F. Colas  
X. Guillaud

## Partenaires



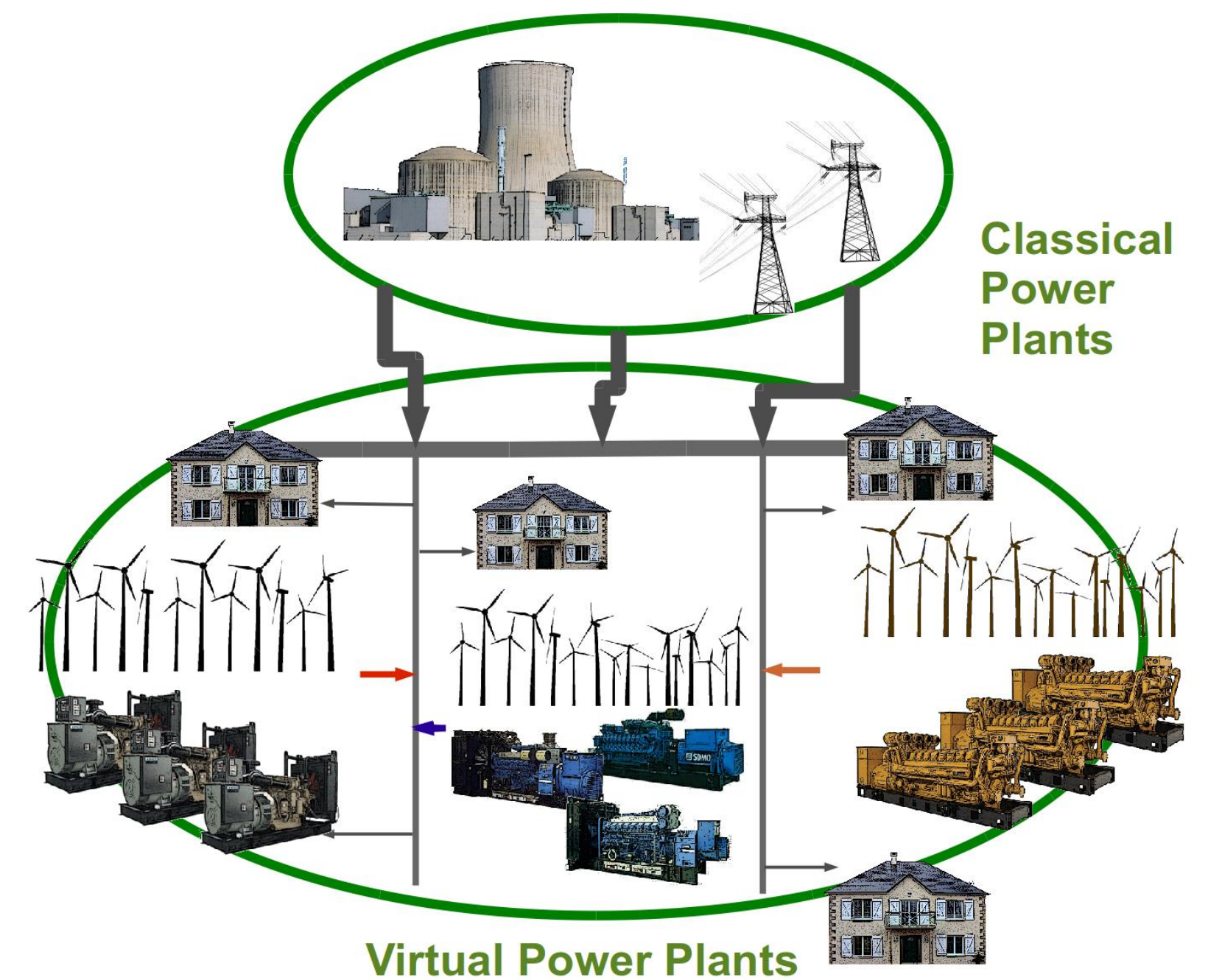
## Agents for Virtual Power Plant

### Context

- AgentVPP: a project funded by ADEME (2009-2012)
- Study the relevance and the impact of multi-agents systems for the management of Virtual Power Plant

### Aim

- Solving the sequential stochastic Unit Commitment Problem (UCP) for a Virtual Power Plant involving several embedded generators:
  - Finding the optimal schedules and amounts of power to be generated by a set of units in response to an electricity demand forecast
  - Taking potential breakdowns of units into account
  - Scheduling the production in a distributed way

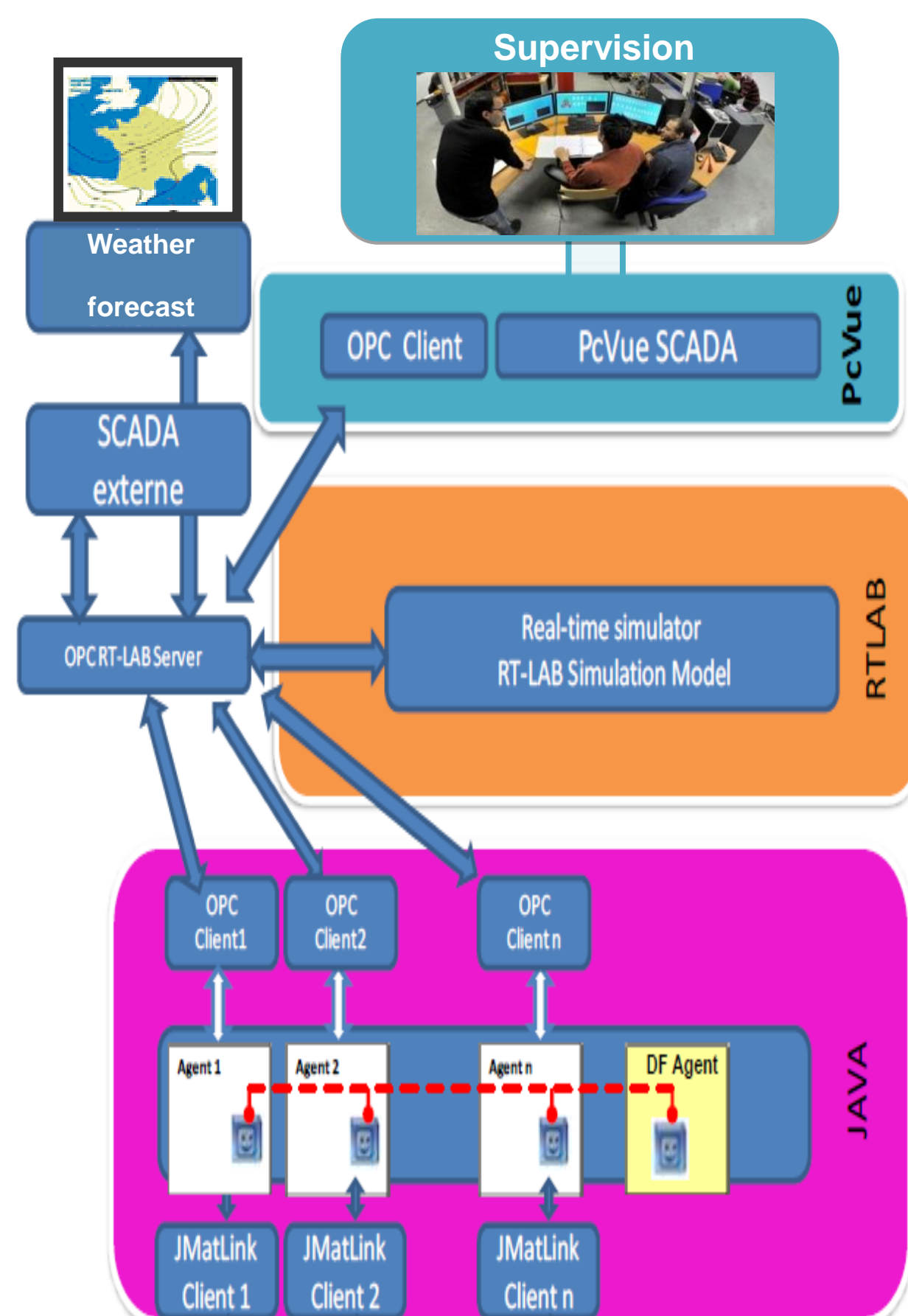


## Proposed approach

### UCP as Multi-Agent Markov Decision Problem (MMDP)

- Formulation of stochastic Unit Commitment Problem as a multi-agent sequential decision problem viewed as a set of quadratically-constrained optimization problems to solve
- Proposition of a new algorithm based on:
  - Distributed gradient optimisation
  - Multi-agent protocol dealing with local and global constraints of the problem

## Experiments

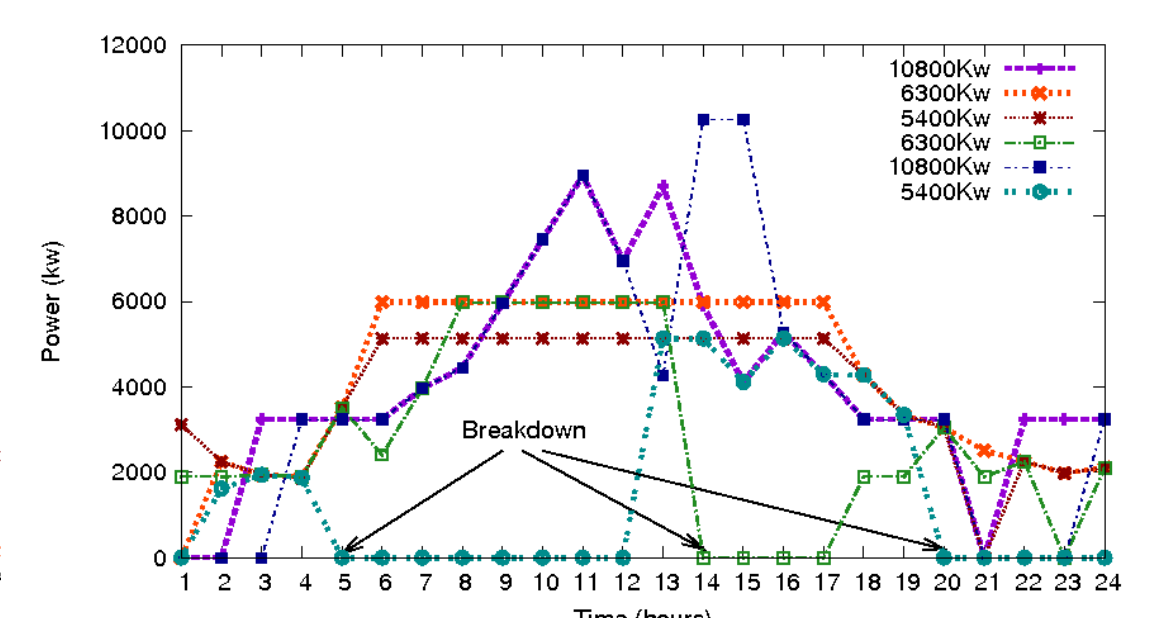
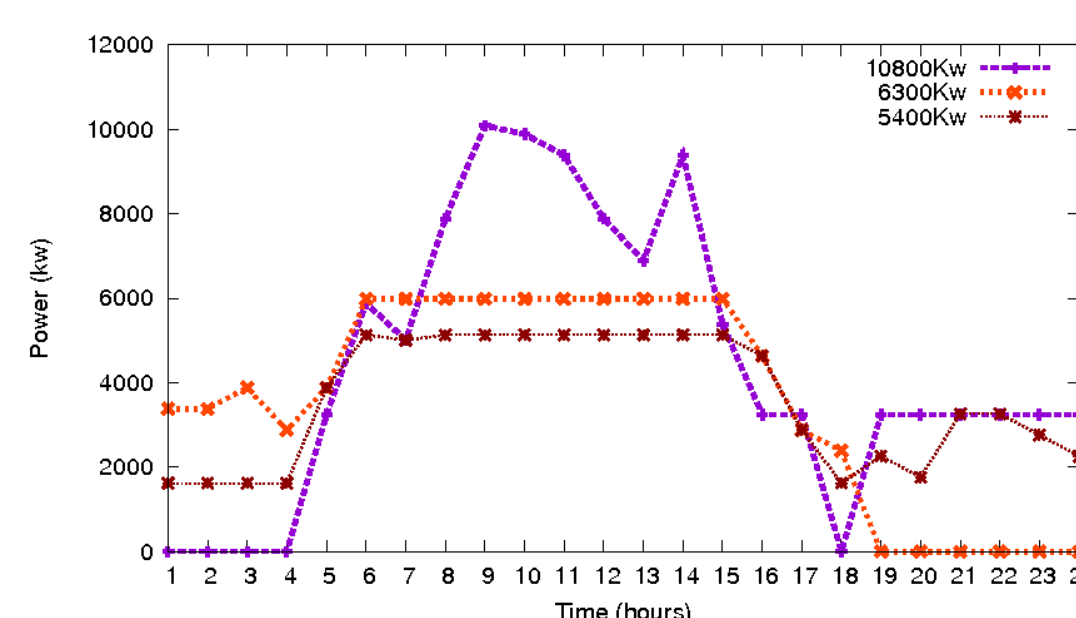


### Real-time platform

- All experiments are performed on a real-time platform based on:
  - a distributed real-time simulator: RT-LAB
  - a supervision software: PC Vue
  - a Java multi-agent platform: Jade
  - OPC for communication

### Scenario

- Several wind farms (wind turbines + diesel generators + energy storage) deployed on an IEEE 14-nodes networks
- Different numbers / types of generating units considered
- Test with and without breakdowns



## Parties prenantes



## Auteurs

Bossavy Arthur  
Kariniotakis Georges  
Girard Robin  
Bocquet Alexis  
Michiorri Andrea

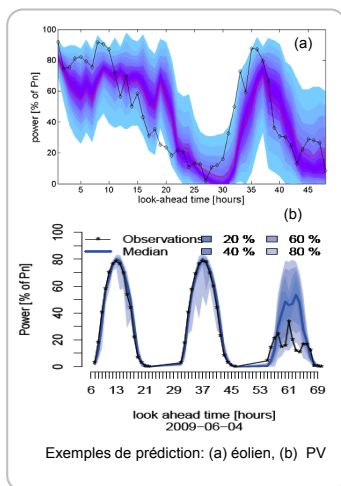
## Partenaires (industriels)



## Prédire pour mieux gérer

### Les enjeux

- L'exploitation des réseaux électriques intégrant une part importante des énergies renouvelables (EnR: éolienne et solaire) doit faire face à de nouvelles difficultés liées au caractère variable et non contrôlable de ces dernières.
- La prédiction à court-terme (i.e., à horizon de quelques heures / jours) de la production EnR permet de faciliter diverses opérations de gestion: la planification de la production d'unités conventionnelles ou d'opérations de maintenance, l'évaluation des réserves, gestion de congestion etc.
- Dans un contexte de dérégulation des marchés de l'électricité, elle permet d'accroître les revenus des producteurs en limitant les pénalités liées aux écarts entre leur provision attendue et réelle.



## Prédire le temps pour prédire la production

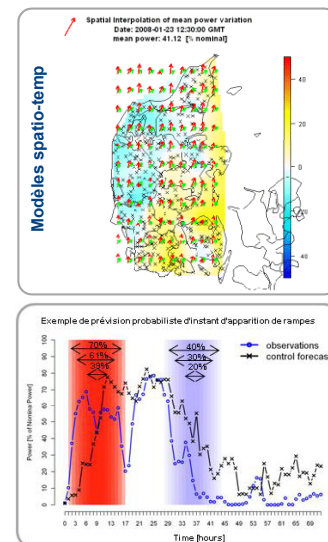
### La méthodologie

- La prédiction de la production éolienne et photovoltaïque pour un horizon dépassant quelques heures nécessite de connaître l'évolution des conditions météorologiques.
- Des estimations de l'évolution de certaines variables d'intérêt (vitesse et direction du vent, irradiation solaire, température, etc.), fournies par des modèles numériques (NWP), sont utilisées en entrée des modèles de prédiction de la production.
- Ces derniers sont des modèles destinés à convertir en puissance électrique les estimations fournies par les NWP, en s'appuyant notamment sur des données de production historique.
- Les modèles actuels fournissent des estimations moyennes du niveau de production pour un horizon donné, associées à des estimations d'incertitude (e.g., intervalles de confiance).

## Toujours chercher à mieux prédire ...

### Les axes de recherche au sein de PERSEE

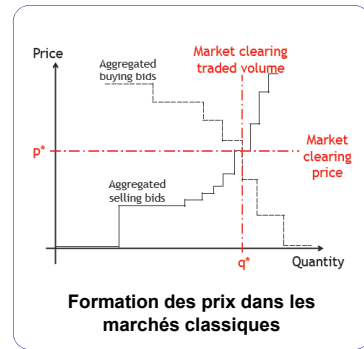
- Une priorité de recherche depuis 1992.
- **Projets sur la prédiction éolienne** en coordination: Anemos (FP5), Anemos.plus (FP6), SafeWind (FP7), Enseole...
- **Projets sur la prédiction PV**: Microgrids (FP5), MoreMicrogrids (FP6), Grid4EU (FP7), NiceGrid (AMI),...
- L'activité de recherche vise à développer des solutions pour:
  - Améliorer la performance des modèles de prédiction à différentes échelles temporelles (i.e. 5 min – 10 jours) et spatiales (au niveau local / ferme, régional, voire national).
  - Estimer l'incertitude des prévisions d'une manière fiable via des approches probabilistes.
  - Prévoir les situations extrêmes: e.g. prédiction de rampes, prédiction d'ensembles, indices de risque, scénarios de prédiction etc.
  - Intégrer les prévisions via des méthodes d'optimisation stochastique dans les outils de prise de décision pour la gestion du système électrique.



## Contexte

### Producteurs EnR et marchés de l'électricité

- Chaque jour J, les opérations du jour J+1 sont déterminées via le marché de gros en sélectionnant les offres des producteurs permettant de satisfaire la demande électrique en minimisant les coûts.
- En temps réel, des erreurs de prévision entraînent un déséquilibre entre l'offre et la demande. Pour compenser ces écarts, le gestionnaire de réseau fait appel aux réserves.
- Les producteurs EnR sont pénalisés pour les écarts constatés entre la production vendue et celle réalisée.
- Le faible coût de fonctionnement des EnR abaisse le prix du marché. Dans ce contexte, la participation au marché de services système peut représenter un biais supplémentaire de rémunération pour les producteurs renouvelables.



### Parties prenantes



PERSEE



### Auteurs

Fiona Foucault  
Robin Girard  
Georges Kariniotakis

### Partenaires

SafeWind

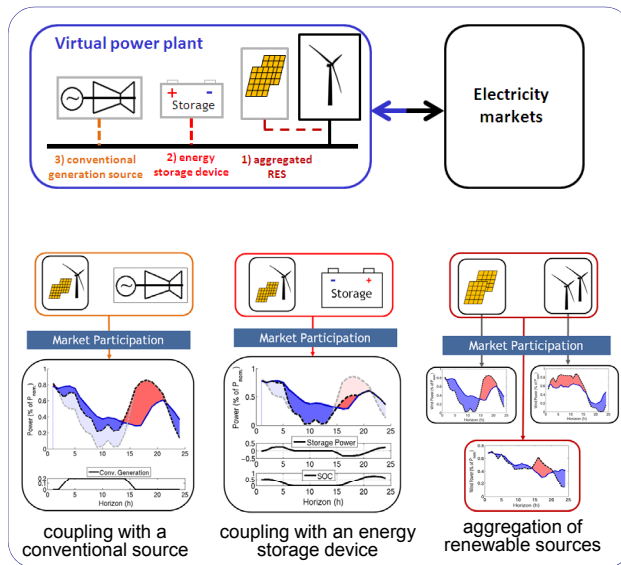
23 partenaires



22 partenaires



8 partenaires



## Valorisation de la production

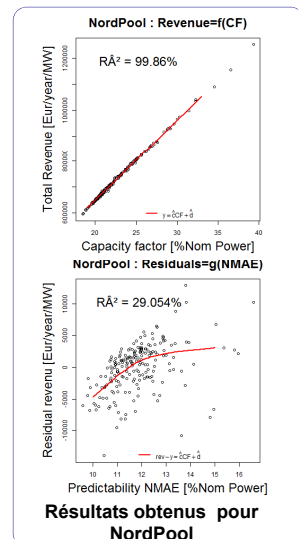
### Activité R&D au sein de PERSEE

- Au Centre PERSEE nous développons des approches pour optimiser la valorisation de la production EnR dans les marchés de l'électricité:
- **Gestion des centrales virtuelles:**
  - Couplage des EnR avec des options de "hedging" physique (e.g. stockage, unités conventionnelles, agrégation, etc).
  - Etude des options de "hedging" financier (e.g. participation aux marchés infra – journalières)
- **Valorisation locale :**
  - Méthodes de participation aux marchés à **prix locaux**
  - Etude des marchés de **services système** et des mécanismes de **capacité**.

## L'investissement dans un contexte de marché

### Le rôle de la prédictibilité

- Lors du choix d'implantation, un site est généralement sélectionné en fonction de son facteur de charge estimé, c.a.d. le taux de production annuel au vu de la capacité nominale des installations.
- Il peut également être caractérisé par un niveau de prédictibilité c.a.d d'erreurs de prévision. Les sites à terrains complexes ont généralement un facteur de charge important avec une prédictibilité plus faible et inversement pour les sites à terrain plat.
- Un compromis entre ces deux caractéristiques pourrait donc être avantageux, dans le cadre de ventes sur un marché où les erreurs sont pénalisées.
- PERSEE a mené un travail sur des données éoliennes Danoises, et des données de marché de NordPool (pays nordiques), OMEL (Espagne), PJM (US). Il démontre que la prédictibilité est pour l'instant un facteur faiblement impactant, le facteur de charge expliquant la plus grande partie du revenu des producteurs.



## Parties prenantes



PERSEE



## Auteurs

François-Pascal Neirac  
 Robin Girard  
 Georges Kariniotakis  
 Christophe Tan  
 Thibaut Barbier  
 (Centre PERSEE,  
 Département DEP)

## Partenaires



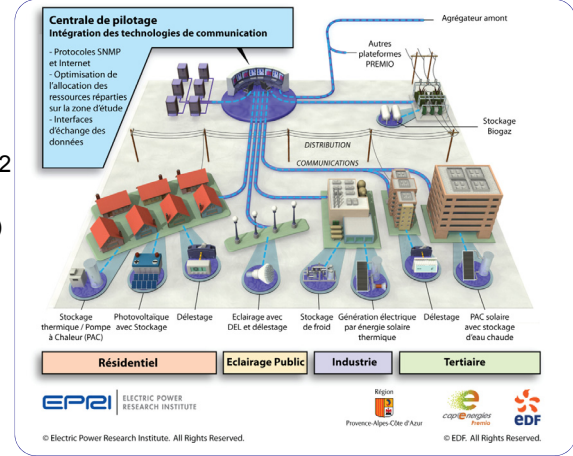
## CONTEXTE

Le démonstrateur **PREMIO** (2008-2012) a été la première plateforme smartgrid en France :

- Pour tester en grandeur réelle des technologies smart-grid (52 appareils contrôlés par une centrale de pilotage)
- Implantée dans la ville de Lambesc (8500 habitants, Dép. 13)

**PERSEE** a développé un simulateur

- Re créant un "Lambesc" virtuel simulant chaque bâtiment
- Re créant par simulation la courbe de charge
- Permettant d'évaluer le déploiement à grande échelle des technologies Premio



## METHODOLOGIE

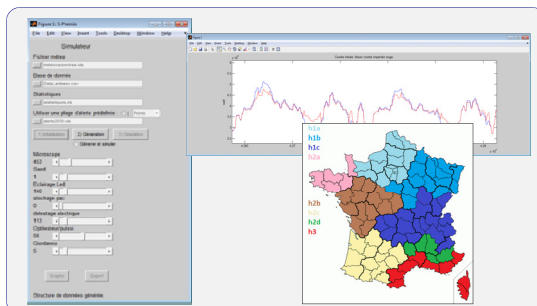
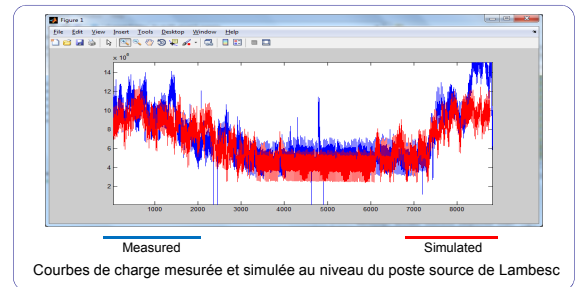
Création d'une ville virtuelle :

- Utilisation du modèle Territoire 3D : modèle 3D intégral de la France
  - Chaque bâtiment identifié, Géométrie {x,y,z}, volume, ...
  - Nature (résidentiel, ...), vétusté, ...
- Dans chaque bâtiment, placement aléatoire :
  - D'occupants
- D'équipements électriques (chauffage, électro-ménager, éclairage, ...)
  - En accord avec les statistiques connues (INSEE, taux d'équipement, ...)
- Simulation de chaque équipement
  - Modèles physiques et stochastiques
  - Prise en compte du comportement aléatoire (allumages, durées, ...)
  - Prise en compte du climat (simulation thermique du chauffage électrique, éclairage, ...)

## RESULTATS

Reconstitution de la courbe de charge

- Agrégation des 52500 courbes de charge
- La simulation respecte :
  - Puissance, Energie, Facteur de forme
  - Variabilités : diurne, hebdomadaire, saisonnière
  - Pics de consommation



## DEVELOPPEMENTS

Validation et développement avancé

- Validation en cours avec ERDF sur
  - un grand nombre de postes Hta-BT
  - Des données bâtiment « linky ».
- Nouveaux développements
  - Nouvelle implémentation (R/C++) plus rapide plus modulable
  - Mise en place d'un protocole d'évaluation



## Parties prenantes

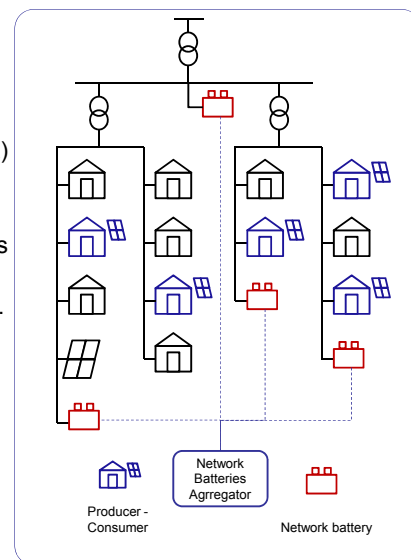
## Active distribution network management

Regulatory and technological changes promote research on distribution network

- Necessity to integrate weather dependent renewable generation (EnR) such as Photovoltaic, Wind, Wave and Tidal
- Availability of cheaper and reliable ICT (smart meters, energy boxes...)
- Existence of markets where can be offered and traded between parties ancillary services such as stability reserve, voltage regulation, etc.
- New components : i.e.: storage devices load transformer tap changers...

### R&D activities in PERSEE:

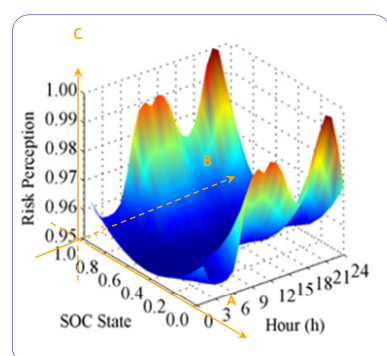
- PROJECTS: Microgrids (FP5), MoreMicroGrids (FP6), Anemos.plus (FP6), GRID4EU (FP7), Nice Grid...
- Development of methods for the management of distribution networks based on stochastic optimisation approaches. Applications to microgrids, virtual power plants, EnR/storage coordination a.o.



## Auteurs

Andrea Michiorri

Georges Kariniotakis



## Risk perception in storage management

Stochastic weather dependent production can be dealt with appropriate techniques

- Defined as an intuitive risk judgment indicating which alternatives are riskier and which are safer and modelled as a three-dimensional surface:
  - A: Technology-related preferences. A preferred State of Charge per hour is specified
  - B: Time dependant preferences of the decision maker
  - C: Value of the perceived risk
- Application to microgrid management

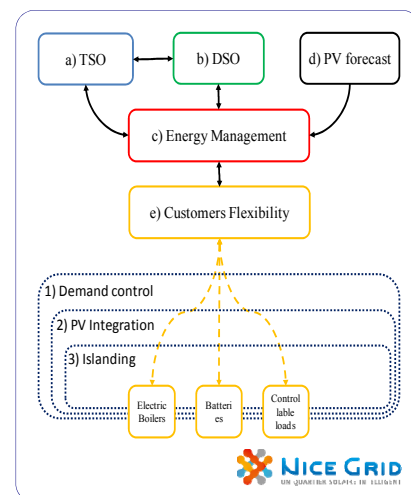
## Partenaires



## Network battery management

### Research and demonstration in Nice Grid

- ARMNES develops a "Network Batteries Agregator" for the predictive management of 5 large batteries, of a size ranging from 30 kW to 1100 kW. It is responsible for :
  - The definition of a daily optimal plan for each battery,
  - The definition of flexibility offers to the Network Energy Manager.
- The optimal plans take into account several specific objectives for the network batteries:
  - Dynamic voltage control on the low voltage network to facilitate the integration of renewable sources,
  - Transmission network contingency support with load shedding,
  - Substation peak load shaving,
  - Support branch islanding, in order to improve the security of supply.



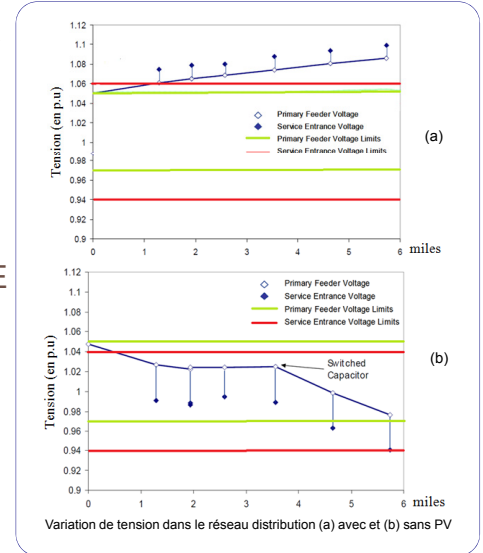
## Contexte

### Développement de la production décentralisée/EnR

- Favorisée par une baisse des coûts unitaires et les faibles effets d'échelle
- Conséquences :
  - Modification de l'équilibre offre-demande
  - Modification des besoins de réserves
  - Possibilité de *reverse power flow* dans le réseau de distribution

### Stockage et Smartgrids: R&D au sein de PERSEE

- Dimensionnement/simulation du fonctionnement des moyens de stockage
- Gestion prédictive des micro-réseaux incluant du stockage
- Gestion des centrales virtuelles ou physiques EnR/stockage (i.e. AO CRE)
- Etude du rôle du stockage dans la planification de réseaux de distribution
- **PROJETS:** Anemos.plus, Microgrids, More-Microgrids, NiceGrid, Grid4EU, Thèse CSTB....



## Parties prenantes



PERSEE



## Auteurs

Robin Girard  
François-Pascal Neirac  
Andréa Michiorri  
Georges Kariniotakis  
Thierry Guiot  
Yassine Abdelouadoud

## Rôle du stockage

### Déplacement d'énergie

- Optimiser le coût de production en diminuant le recours aux moyens de pointe ou en optimisant les achats sur le marché
- Eviter un investissement dans un moyen de production de pointe

### Qualité et fiabilité de la fourniture

- Suivi et régulation de charge
- Fourniture de réserve primaire, secondaire et tertiaire
- Réglage de tension

### Optimisation de la planification du réseau

- Gestion de la congestion des lignes
- Evitement/ajournement d'investissements

## Méthodologie et résultats (simulation du stockage)

La simulation du stockage est un *Optimal Power Flow*

- Non linéaire, non convexe, à nombre entiers, de grande dimension ( $N > 10^6$ )
- Séparation du problème pour résolution itérative
- Définition d'un critère de criticité pour limiter le temps de calcul
- Méthode innovante de résolution des sous-problèmes

$$P_{j,t} - \sum_{kk \in KK_j, ll \in KL_j} R_{ll} \times \frac{P_{kk,t}^2 + Q_{kk,t}^2}{U_{kk,t}^2} - \sum_{kk \in KK_j} P_{kk,t} = P_{j,t}^{Charge\_nette}$$

$$Q_{j,t} - \sum_{kk \in KK_j, ll \in KL_j} X_{ll} \times \frac{P_{kk,t}^2 + Q_{kk,t}^2}{U_{kk,t}^2} - \sum_{kk \in KK_j} Q_{kk,t} = Q_{j,t}^{Charge\_nette}$$

$$U_{j,t}^2 + 2 \times \left( P_{j,t} \times R_l + Q_{j,t} \times X_l - \frac{U_{l,t}^2}{2} \right) \times U_{j,t} + Z_l^2 \times S_{j,t}^2 = 0$$

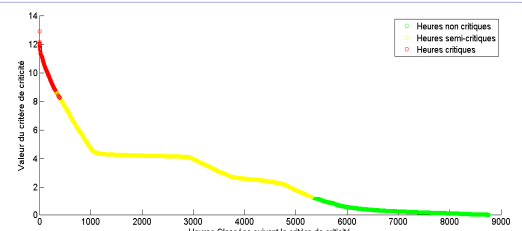
$$U_{j,t} = V_{j,t}^2$$

$$Z_l^2 = R_l^2 + X_l^2$$

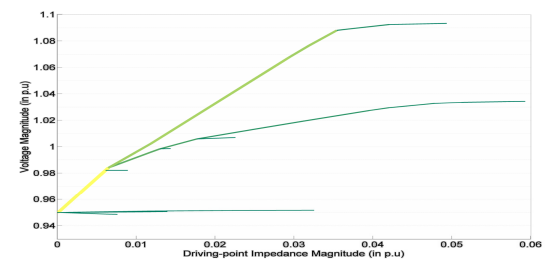
$$S_{j,t}^2 = P_{j,t}^2 + Q_{j,t}^2$$

$$V_{min} \leq V_{j,t} \leq V_{max}$$

Equations modélisant l'application « réglage de tension »



Classement des heures à l'aide du critère de criticité



Exemple de power flow résultant du problème d'optimisation

## Partenaires





## Parties prenantes



## OBJECTIVES

The integration of wind generation into power systems is affected by wind variability and uncertainties in the forecasting of the expected power output.

The main objective of SafeWind project is to substantially improve wind power predictability in challenging or "extreme" situations for facilitating wind power integration at various spatial scales: local, regional, European.

## OUTLOOK OF RESULTS

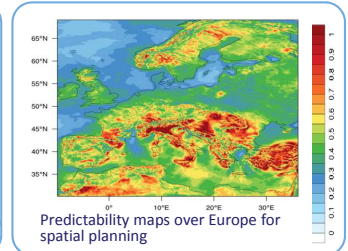
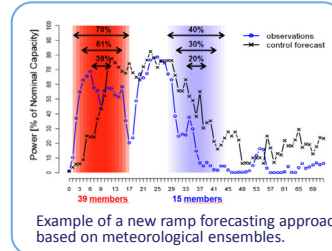
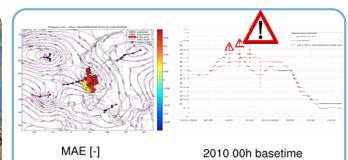
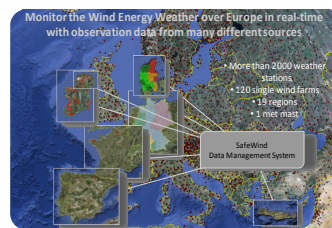
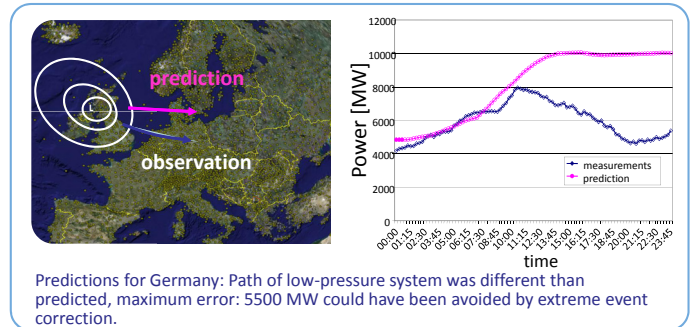
Solutions were developed for:

- Wind power ramps forecasting
- Extreme event forecasting (i.e. cut-off events)
- Spatio-temporal forecasting (up to 20% improvements)
- Wind power forecast scenarios for power system management tools
- Methods to monitor and assess the wind energy weather situation over Europe for detecting severe deviations in wind power forecasts
- Models for alerting and warning to react to severe deviations

## Auteurs

Georges Kariniotakis  
Robin Girard  
Alexis Bocquet  
Arthur Bossavy  
Mathieu Reboul

## Partenaires




## HIGHLIGHTS

Academic excellence and European leadership in the field with more than 140 scientific publications (~40 journal papers).

State-of-the-art solutions to facilitate large-scale wind energy integration into electricity grids.

Solutions close to the business processes of the European power systems industry.

Worldwide business opportunities for high-end European technology. SMEs in the project use the new knowledge to provide forecasting services worldwide.

A follow-up of the FP5 and F6 projects:



### Parties prenantes



- Grid4eu is a large-scale demonstration project of **advanced Smart Grids solutions** with wide **replication** and **scalability** potential for Europe.
- It lays the groundwork for the development of tomorrow's electricity grids.
- It is carried out by **6 Distribution System Operators**, covering more than 50% of the electricity supply in Europe.
- It tests the potential of smart grids technologies for massive **renewable energy integration**, **electric vehicle** development, **grid automation**, **energy storage**, **energy efficiency** and **load reduction**.

ARMINES participates in Grid4eu and NiceGrid with the Centre **PERSEE**, which contributes on :

- Short-term PV generation forecasting,
- Management of the network batteries,
- Simulation of the smart grid operation,
- Evaluation of replicability and scalability potential

### Auteurs

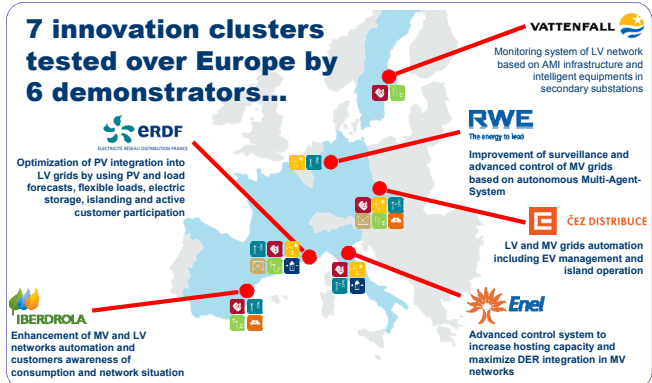
Georges Kariniotakis  
 Andrea Michiorri  
 Alexis Bocquet  
 Arthur Bossavy  
 Robin Girard



- Nice Grid is one of the 6 demos of Grid4eu. It aims at testing the operation of a **smart grid** with **enhanced communication** and **response capabilities**, and **high penetration of dispersed solar power sources** connected to individual **energy storage units**.

- The **objectives** are:
  - Optimize a LV grid with a massive penetration from decentralized generation (i.e. PV) and storage.
  - Plan microgrid islanding based on PV generation and storage capabilities
  - Engage consumers with a proactive role in the management of their electricity generation, consumption and storage
  - Facilitate testing of innovative business models and services.

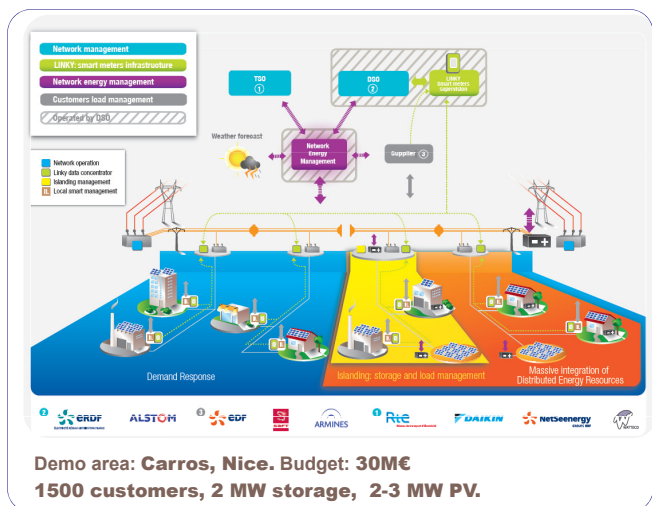
### Partenaires



**Key figures**  
 27 partners, 10 countries,  
 54 M€ budget, 25 M€ EC grant

**Partners**  
 ABB, Alstom Grid, Armines, CEZ Distribuce, CEZ Group, Cisco, Comillas, Current, EDF, eMeter, Enel Distribuzione, ERDF, Iberdrola Distribucion, Iberdrola Generation, Iron, KTH, KUL, Landis+Gyr, Ormazabal, RSE, RWE, Schneider Electric, Selta, Siemens, TUD, Vattenfall, Eldistribution, ZIV

[www.grid4eu.eu](http://www.grid4eu.eu)

[www.nicegrid.fr](http://www.nicegrid.fr)




## Parties prenantes



## Auteurs

H. Er-rbib  
C. Bouallou

## Partenaires

## Contexte général

- La production d'électricité a atteint 4 447,5 TWh en 2011 dans le monde, dépassant les 20% de la production totale (20,2% en 2011);
- Les énergies renouvelables (EnR) sont peu polluantes mais fluctuantes : problème de stockage;
- Les accumulateurs d'électricité sont très volumineux et de durée de vie limitée;
- Le stockage de l'électricité sous forme de méthane présente les avantages suivants:
  - Un gain environnemental lié au déverrouillage du déploiement à grande échelle d'énergies décarbonées;
  - Indépendance vis-à-vis des ressources fossiles;
  - Réduire les coûts induits par la consommation de l'électricité;
  - Assurer le contrôle et l'ajustement de l'énergie électrique (qualité et stabilité de l'énergie).

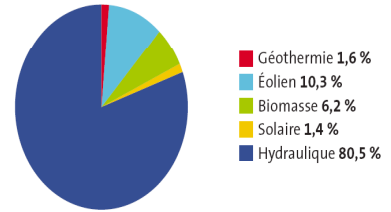
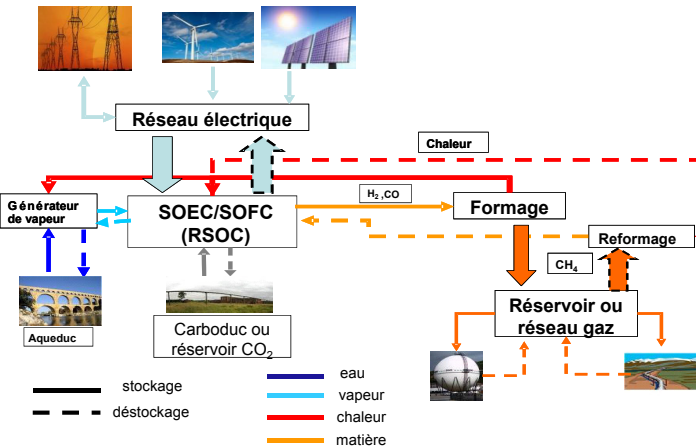


Fig.1 : La production électrique d'origine renouvelable en 2011  
Source: Agence Internationale de l'énergie

## Objectifs

- Conception un procédé réversible de stockage et déstockage de l'électricité sous forme de méthane de synthèse en utilisant un co-électrolyseur à haute température;
- Etude énergétique et économique d'un système fonctionnant à charge variable allant jusqu'à l'inversion.

## Description du procédé



- Dans la phase de stockage, le réacteur électrochimique fonctionne en mode électrolyseur (SOEC) et consomme l'électricité EnR excédentaire en co-électrolysant de l'eau et du CO<sub>2</sub>, en provenance soit de réservoirs, soit de réseaux d'approvisionnement;
- Dans la phase de déstockage, c'est-à-dire quand le réseau électrique redevient demandeur d'électricité, le fonctionnement de l'électrolyseur est inversé, il fonctionne alors en mode pile (SOFC) et consomme du gaz en produisant de l'énergie électrique. Ce gaz provient alors du réseau gaz;
- Pour initier le cycle de stockage/déstockage, la quantité de CO<sub>2</sub> nécessaire est introduite pour le stockage et est capturée au déstockage;
- Le procédé est un système ouvert avec des connexions en amont et en aval (réseau électrique et réseau gaz), sans limite de volume ni de lieu de déstockage et de stockage.

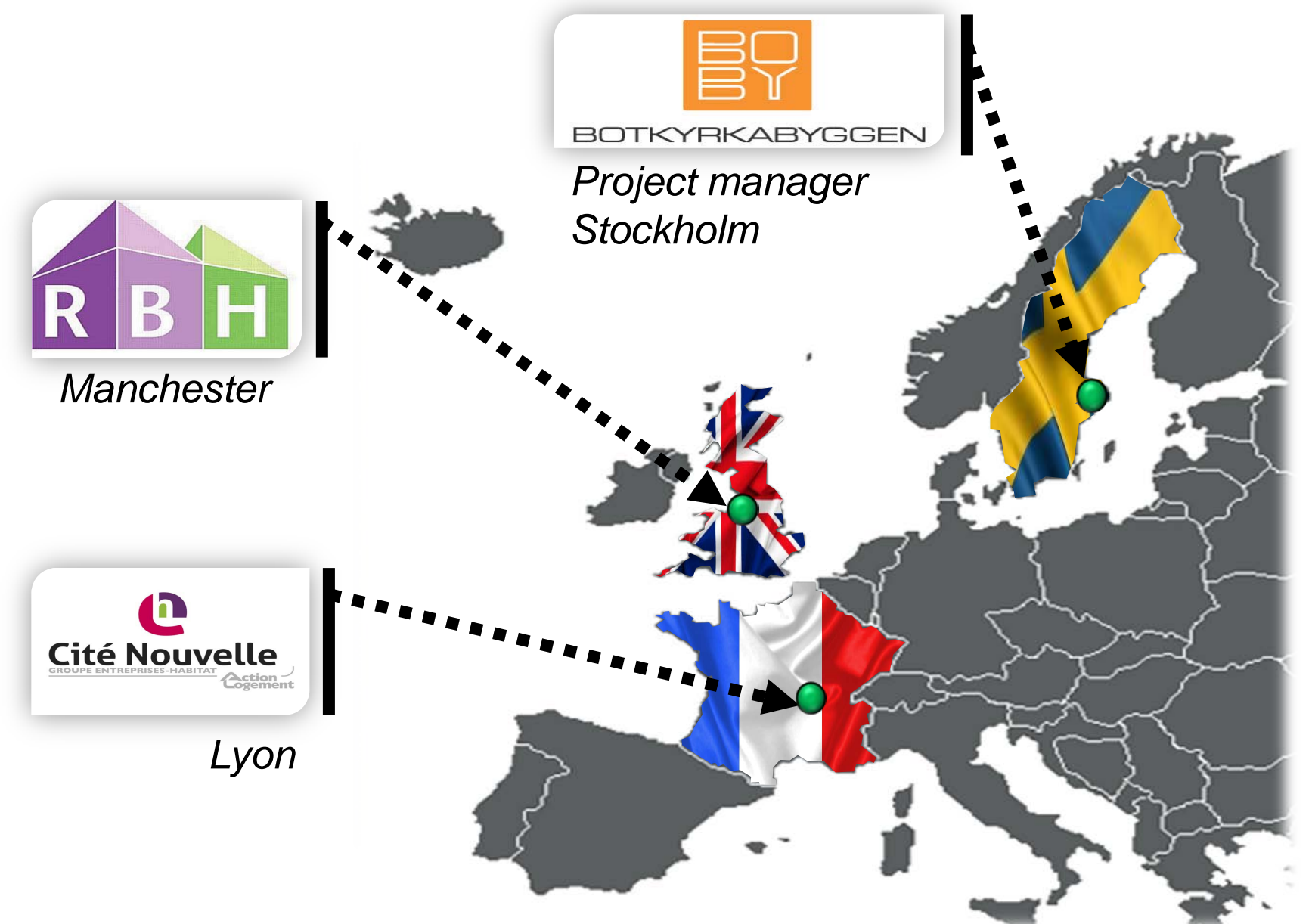
## Résultats et perspectives

- Le procédé conçu permet de stocker 5,46 MW et de déstocker 11,08 MW;
- L'efficacité énergétique lors de la production d'électricité est 36,4%;
- Bilan CO<sub>2</sub>:
  - -256 g/kWh en phase de stockage;
  - 325 g/kWh en phase de déstockage;
- Les prochains travaux porteront sur des simulations énergétique et fluide des unités conçues en mode dynamique.

Mode	Stockage				Déstockage			
	Consommation (kW)		Production (kW)		Consommation (kW)		Production (kW)	
Forme	Elec.	Therm.	Elec.	Therm.	Elec.	Therm.	Elec.	Therm.
RSOC	5463,98	1669,22	-	-	-	-	11080,83	2299,64
<b>Total</b>	<b>6275,42</b>	<b>4578,16</b>	<b>185,96</b>	<b>5163,18</b>	<b>4479,84</b>	<b>14934,34</b>	<b>12183,86</b>	<b>16612,58</b>
<b>Net</b>	<b>6089,46</b>	-	-	<b>585,02</b>	-	-	<b>7704,02</b>	<b>1678,24</b>

### OBJECTIVE

The objective of the SHOWE-IT project is to demonstrate, under real conditions, how advanced ICT components and systems can enable services that help reduce energy and water consumption in social housing across Europe. To achieve this, the project takes a demand-driven approach, prioritizing as starting point an affordable investment per dwelling (about 2000 €), and putting in place an integrated and easy replicable ICT-based services. The project expects to achieve an overall energy and water consumption reduction of 20 %.



### Stakeholders



### Authors

Jonathan **VILLOT**  
 Natacha **GONDRAN**  
 Florent **BREUIL**  
 Equipe **PIESO**  
 Institut Henri Fayol  
 ENSM-SE

### Partners



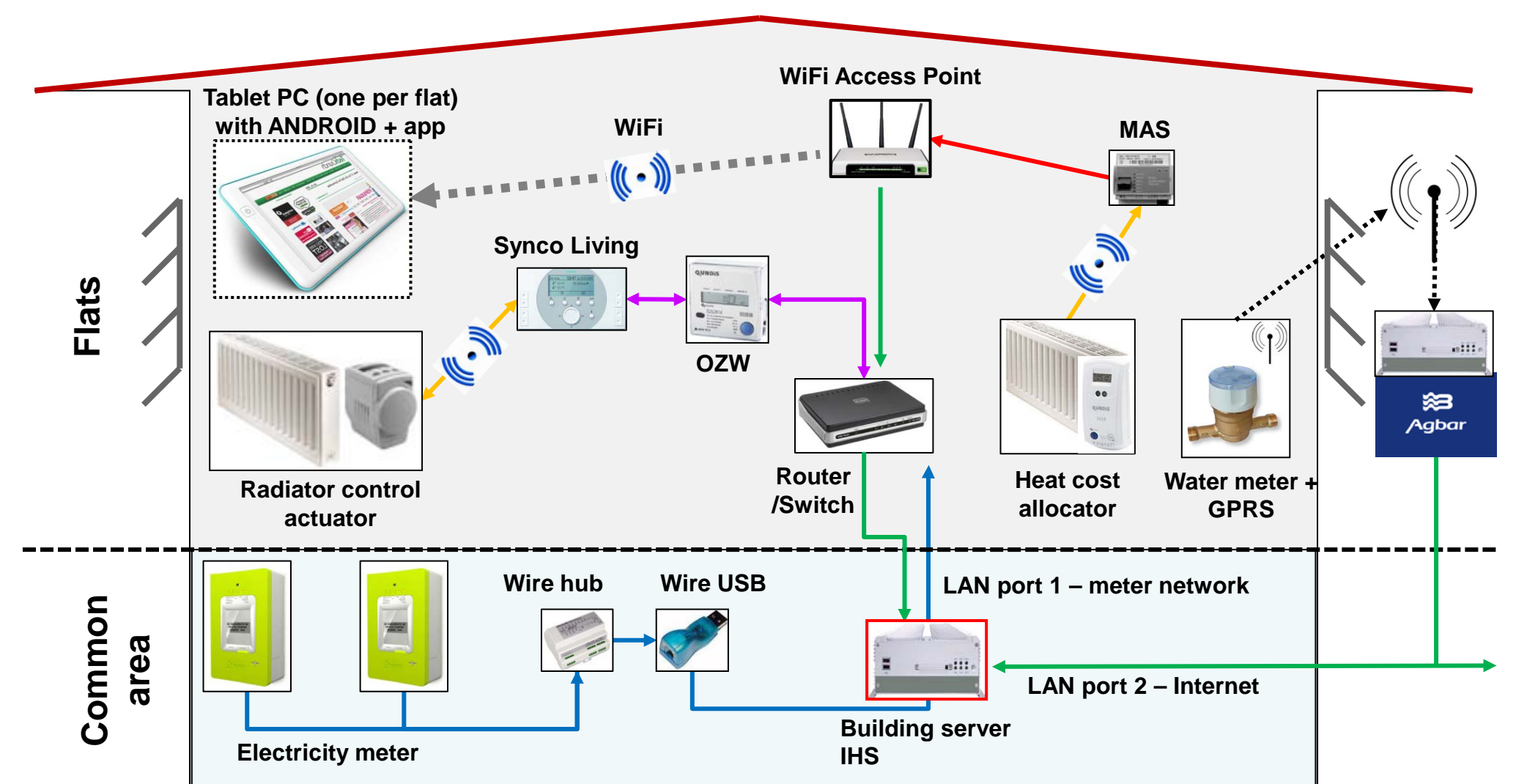
### PILOT SITES

The project regroup 12 partners. Among them, some companies like Siemens, GDF Suez, Acciona aim at creating a solid demand for such energy & water saving ICT based solutions. The service developed will be tested in three social housing companies (183 dwellings) corresponding to the average mix of the majority of the EU social housing stock (individual homes, tower blocks, etc).

### SYSTEM ARCHITECTURE

SHOWE-IT will supply a set of ICT-based services to SHC pilot sites to help optimize energy and water consumption. The most relevant technical elements to be integrated are the following:

- ✓ Synco living home automation system
- ✓ Wide Area Communication
- ✓ Water metering: meters
- ✓ Electricity & gas metering
- ✓ Consumption visualization application
- ✓ End user display: ANDROID home tablet



### SAVINGS & SCIENTIFIC BOTTLENECK

The role of ARMINES/IHF in this project is to develop a methodology to estimate the effective savings and analyze the data to assess the interest of such a system. In SHOWE-IT, the main scientific bottleneck is due to the lack of comparative data to estimate the savings, once the technology is put in place. Considering the context of the project, the option that fits better is the CGPG method (Control Group/Pilot Group). The CGPG consists of establishing two groups with the same kind of profile in each location. One group have intervention (pilot group) and the other (control group) have not. The savings are calculated by an indirect comparison (using a kriging approach) between those two groups.

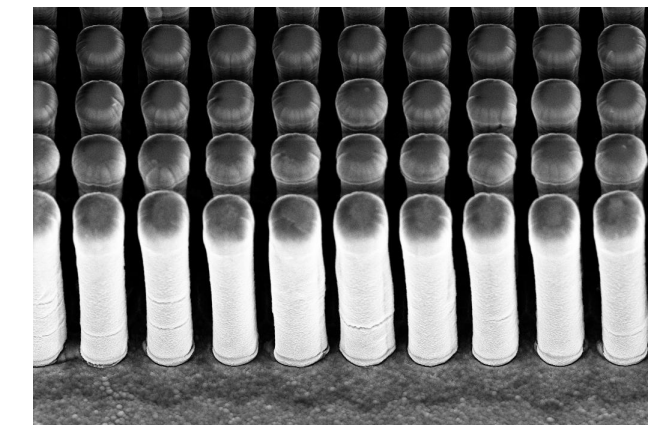
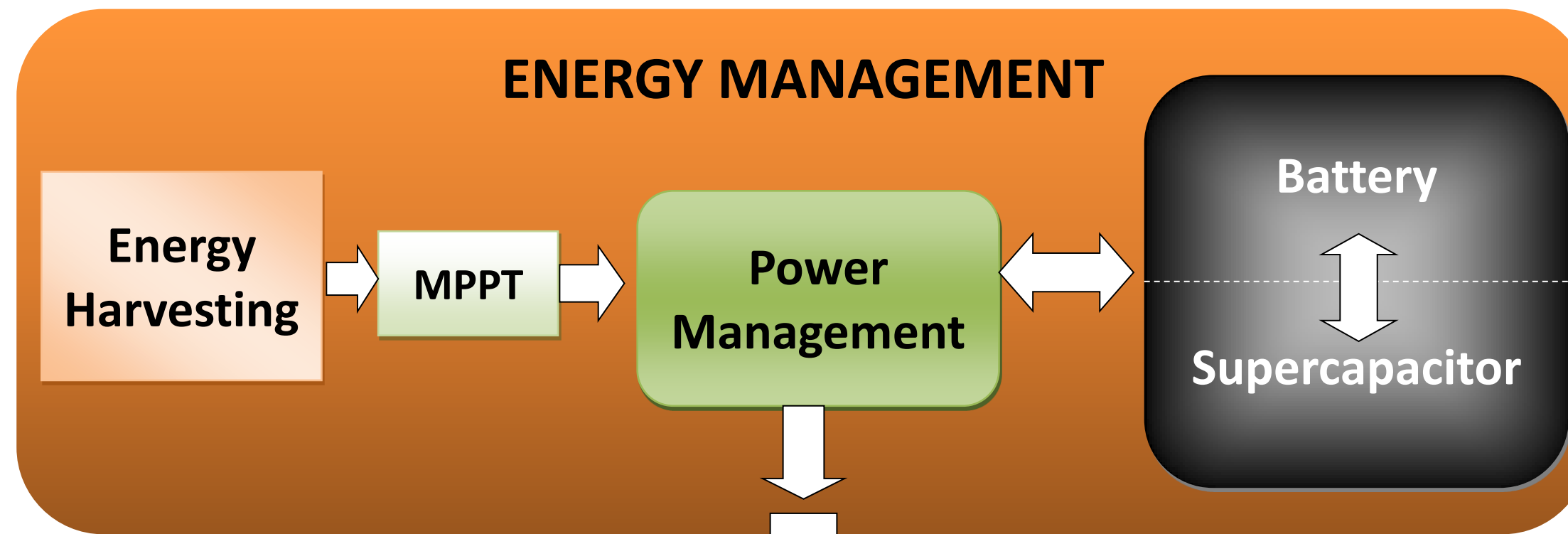


Within the team CSAM (Circuits, Systèmes et Applications des Microondes) of IEMN (Institut d'Électronique, de Microélectronique et de Nanotechnologie) and within IRCICA (Institut de Recherche sur les Composants logiciels et matériels pour l'Information et la Communication Avancée - USR CNRS 3080) we develop a research on ultra low power sensor networks. Our goal is to minimize the energy consumption so that the life duration of the network could be infinitely long. We develop studies including nanotechnologies (energy harvesting, storage devices), RF front-ends design, energy management but also radio channel and interference modeling and MAC layer optimization.

## Main contributors



## Energy Optimization: from the node...



3D Li-ion microbattery

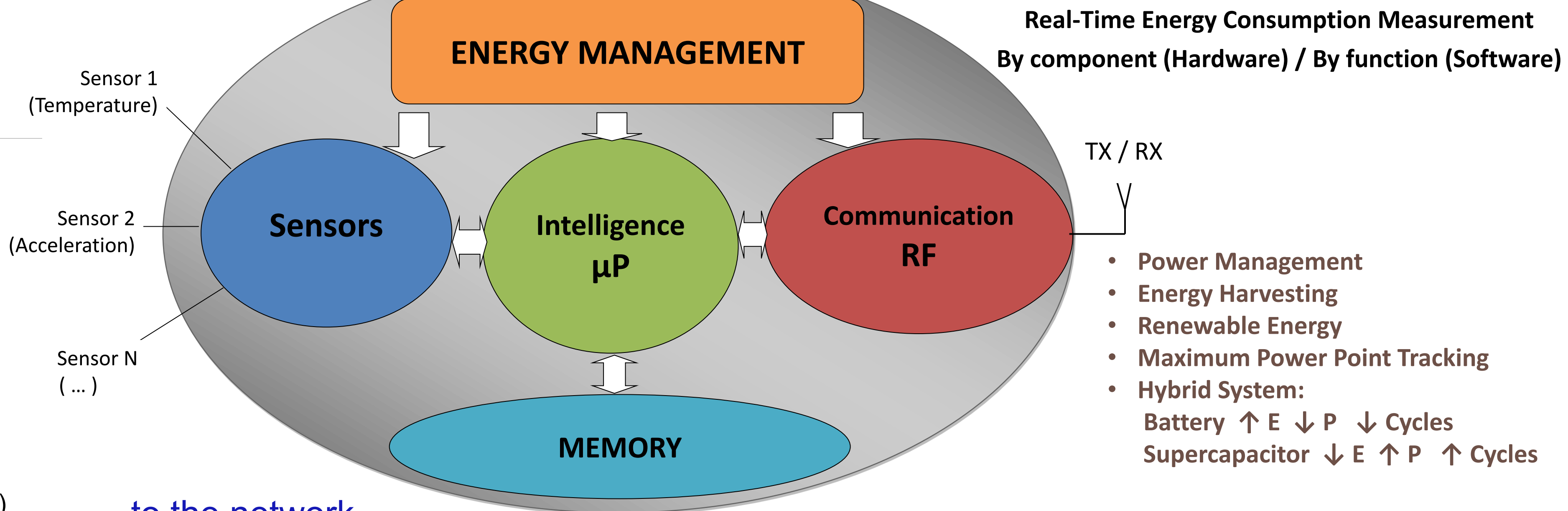


Supercapacitor

## Authors

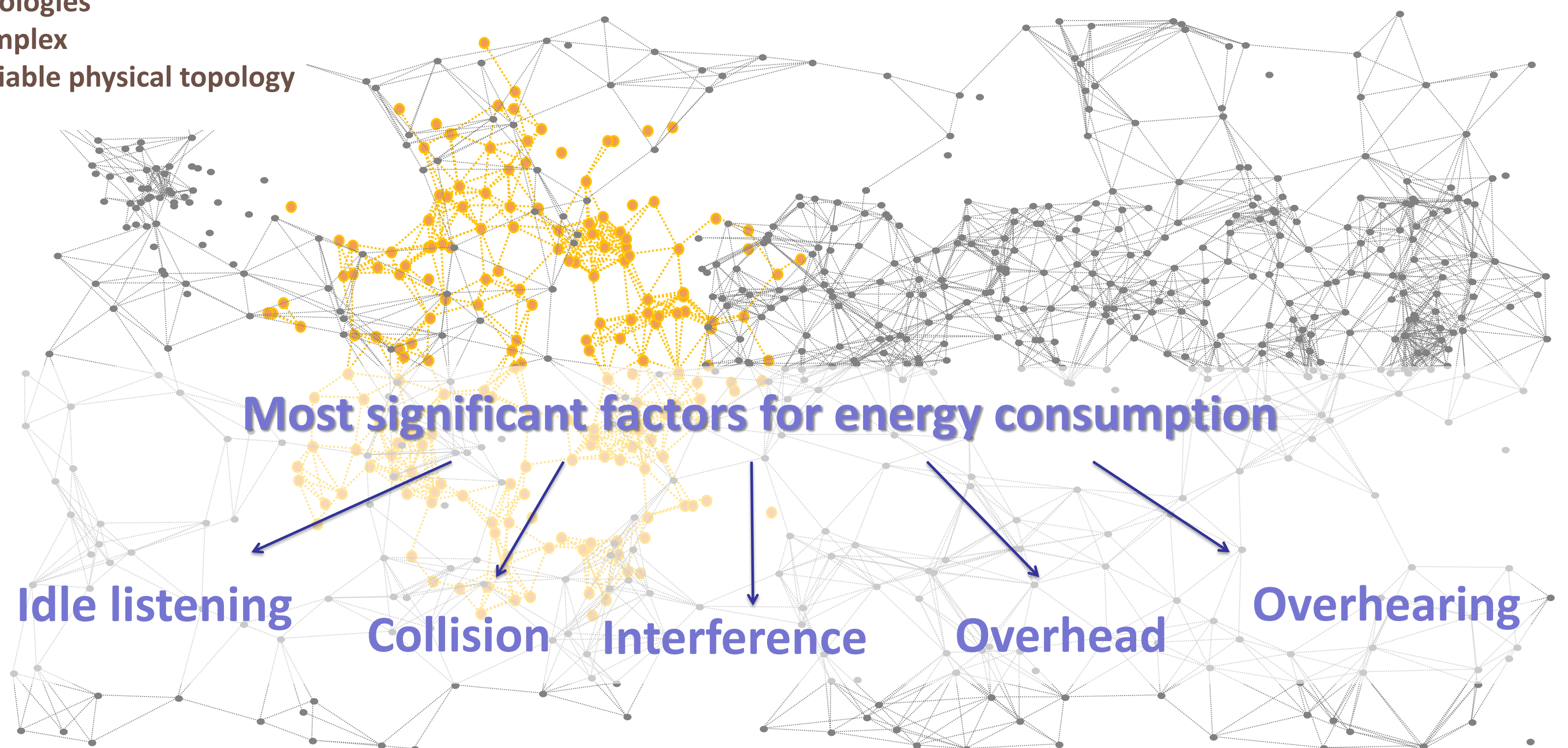
- Laurent CLAVIER
- Viktor TOLDOV
- Román IGUAL
- Nathalie ROLLAND
- Rédha KASSI
- Christophe LETHIEN
- Christophe LOYEZ
- Alexandre BOE
- Nathalie MITTON (Inria)
- Thomas VANTROYS (LIFL)
- ...

## Partners



## ... to the network

- Large scale
- Different logical topologies
- Complex
- Variable physical topology



## Conclusion

Our aim is to create an experimental environment where we can accurately evaluate the energy consumption and optimize at the node level and at the network level the main factors of energy dissipation.

## Abstract

One of the most important goals of the 21st century is to change radically the way our society produces and distributes energy. This broad objective embodies in the smart grid's futuristic vision of a completely decentralized system powered by renewable plants. Imagine indeed such a real time power network in which everyone could be a consumer or a producer. Based on a coupled information system, each user would be able to buy/sell energy at a time depending price that would allow a homogenization of the consumption, eradicating the well-known morning/evening pick. This attractive idea is currently booming in the scientific community as it generates intellectual challenges in various domains. Nevertheless, lots of unanswered questions remain. The first steps are currently accomplished with the appearance of smart meters or the development of more efficient energy storage devices. However, the design of the decentralized information system of the smart grid, which will have to deal with huge amounts of sensor's data in order to control the system within its stability region, seems to be still in search. We propose thus to build a model for this information system based on various tools of the complex system theory.

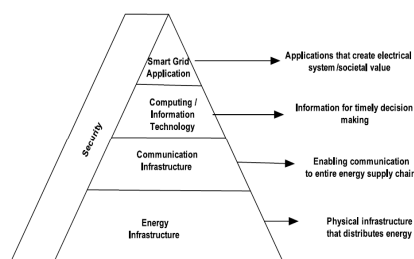
Parties prenantes



## A new architecture for a "smarter" system

**Issue:** Probably no longer possible to operate in centralized way when including a large amount of hardly controllable and predictable renewable generators.

**Solution:** Necessity to modernize the power system by adding key technologies (Sensing and Measurement, Advanced control methods and components, Improved interfaces and Decision Support).



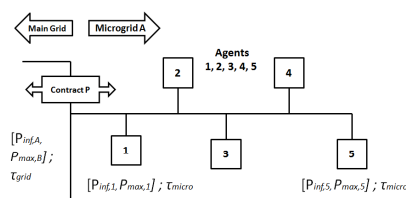
- Producer + Consumer**
  - Not only consume, but produce, sell and store energy
  - Economically interested, prosumers expect retributions
- Interesting idea, but :
  - How can a prosumer reach the grid's requirements (quality, stability, power...) to sell energy ?
  - Sell energy to who ?
  - How to retribute prosumers ?
  - How to deal with a huge amount of constantly changing buying/selling agents ?

Auteurs

Nicolas Gensollen  
Vincent Gauthier  
Monique Becker  
Michel Marot

## Toward a distributed infrastructure: Multi-Level Consensus in The Smart Grid under Dynamic Agent Behaviors

### I. Distributed algorithms for reaching consensus



- If  $\sum_{i \in A} P_{max,i} < P$  then A cannot afford the contract.
- If  $\sum_{i \in A} P_{max,i} \geq P$  then  $\Delta P = P - \sum_{i \in A} P_{min,i}$  is divided incrementally among agents with a consensus algorithm to reach equilibrium :

### II. Issues

- Which entities are responsible for the decisions ?
- How can Microgrids form clusters ?
- How can a network be subdivided into microgrid communities ?
- How can the demand be managed in islanding context ?

### III. Virtual Power Plant

- How to form profitable coalitions in a decentralized way ?
- How to model realistic agent behaviors (cooperative/non cooperative) ?

## Expected Results

Build a model that include various level of design constraints

- I. Behaviors (Agent Model for the Prosumers, Coalitions of multiple Prosumers)
- II. Centralized/Decentralized control of the Energy Demand/Production (Consensus)
- III. Network infrastructures (Duplex Electrical Bus, Topology, complex systems)

Télécom SudParis

Hossam Afifi  
hossam.afifi@it-sudparis.eu

Michel Marot  
Michel.marot@it-sudparis.eu

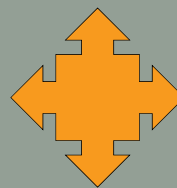
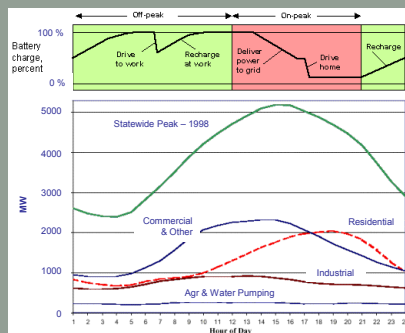
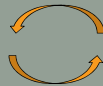
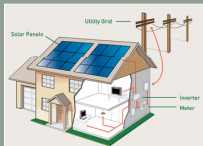
Télécom ParisTech

Houda Labiod



## Un nouvel écosystème

Fournis de l'énergie &  
Échange de l'information

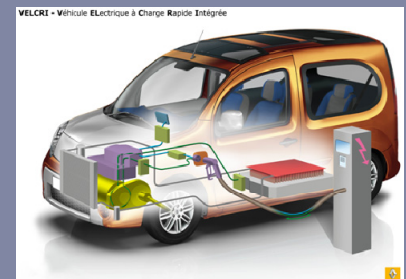


Fournisseur d'énergie (distribué) &  
Echange de l'informations



## Besoin de Communications

- Mesurer, échanger
  - La consommation des véhicules
  - L'état de charge de la batterie
- Optimiser la recharge des véhicules en fonction :
  - De la localisation
  - De la demande en énergétiques
  - De la disponibilité de la production d'énergie
  - Du type de batterie
- Fournir la tarification adapté à tout type de recharge/échange de batteries



## Communications de machine à machine

Un environnement multi-utilisateur, multi opérateurs, et distribué

- Développement d'une interface sécurisée de communication entre le véhicule et l'infrastructure de distribution d'électricité (sans fil, filaire)
  - Communication Multimodale
  - Inspiration du système de roaming du réseau cellulaire pour l'identification, l'authentification et la facturation (sur facture domicile)
  - Pervasivité des moyens de communications dans le véhicule
  - Authentification des véhicules, et le paiement sécurisé des recharges
- Communication du niveaux de la batterie aux différents éléments du réseau
  - Stations de recharge
  - Infrastructure de production d'énergie
- La batterie devient un élément de stockage d'énergie faisant partie du réseau de distribution d'énergie



## PRINCIPE

Proposer une infrastructure de recharge pour véhicules électriques:

- Adaptée aux véhicules privés hybrides ou 100% électriques
- Ne nécessitant pas de coût de génie civil: réutilisation des réseaux d'éclairage publics existants
- Consommant de nuit l'énergie non utilisée par l'éclairage urbain après la période de chauffe des lampes
- Reposant sur une réservation à distance par l'utilisateur d'une borne de recharge choisie parmi plusieurs proposées sur son smartphone par le serveur central Telewatt

## Objectifs de la contribution de Télécom ParisTech

Conception d'un algorithme d'affectation des bornes de recharge :

- Optimisant l'utilisation du système à chaque instant
- Ne perturbant pas de nuit le bon fonctionnement de l'éclairage urbain

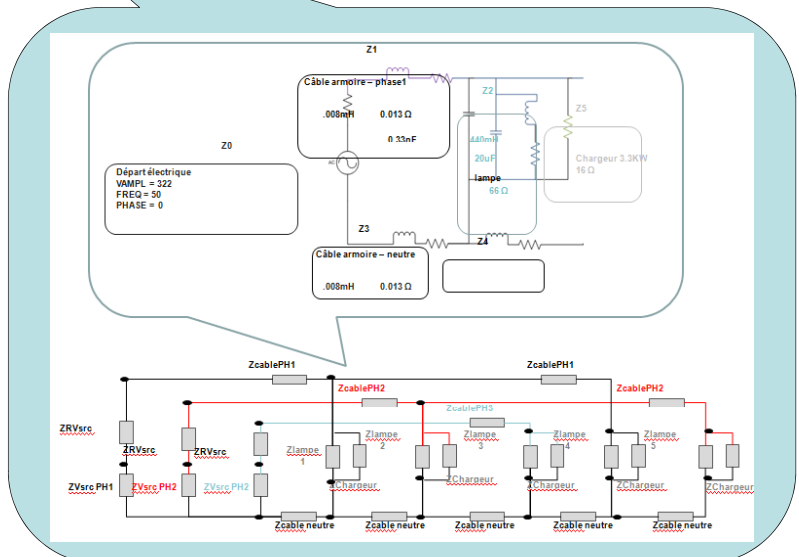
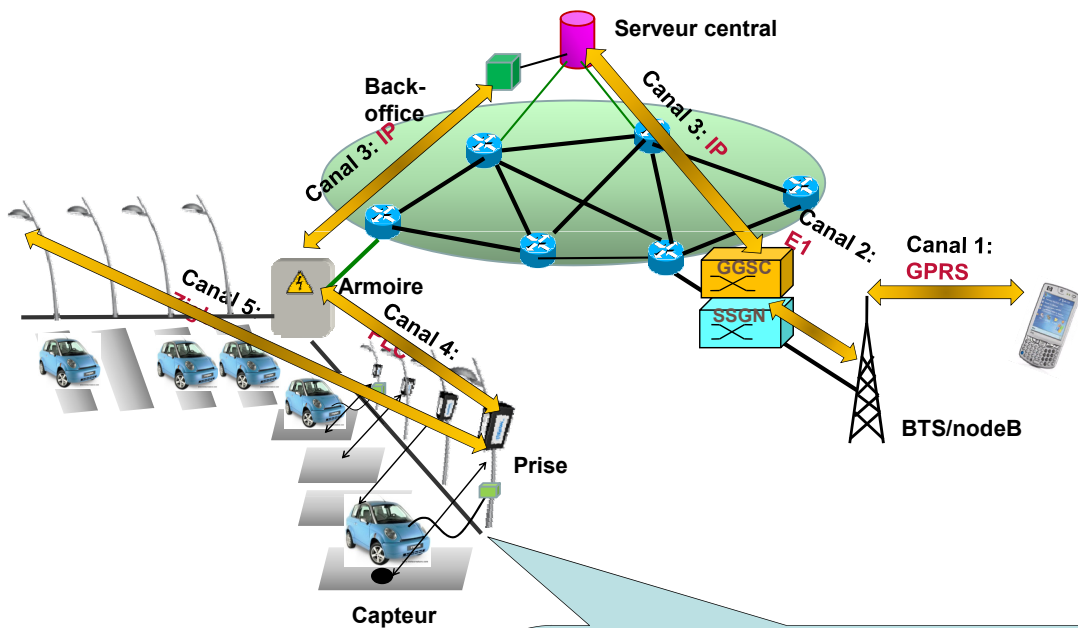
### Parties prenantes



### Auteurs

- Maurice GAGNAIRE (Professeur)
- Fadi Abi ABDALLAH (Ingénieur de Recherche)
- Sawsan AL ZAHR (Ingénieur de Recherche)
- Mario ALVARADO (Doctorant)

### Partenaires





## Parties prenantes



## Objectifs du projet GreenFeed

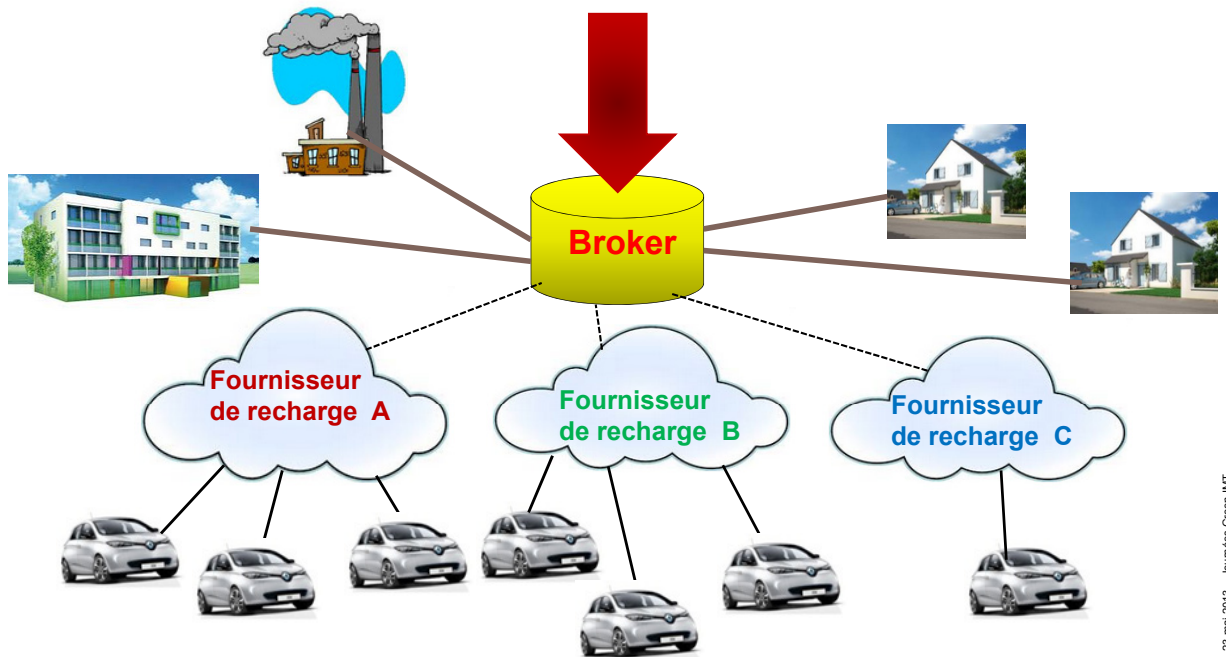
Concevoir un « broker » de service de recharge de véhicules électriques:

- Autorisant l'interopérabilité de services de recharge (*roaming* de service de recharge)
- Contribuant à la normalisation ISO CEI15118

## Partenaires

VU LOG

Carsharing Technologies and Services



## Objectifs de la contribution de Télécom ParisTech

- Conception d'algorithmes de partage de charge entre les différentes sources d'énergie tirant profit des énergies renouvelables
- Utilisation de modèles prédictifs (statistiques sur les déplacements urbains, prévisions météorologiques ....)
- Politiques de *pricing* entre fournisseurs d'énergie et fournisseurs de services de recharge
- Conception et étude de configurations types (*use case*)

## Auteurs

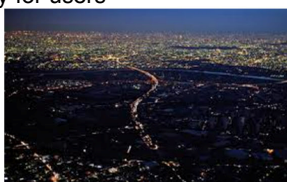
- Maurice GAGNAIRE (Professeur)
- Fadi Abi ABDALLAH (Ingénieur de Recherche)
- Sawsan AL ZAHR (Ingénieur de Recherche)
- Isabel AMIGO (Postdoc)
- Felipe DIAZ (doctorant)

## WHY A SMARTER GRID?

- Reduce CO2 emission (The 20-20-20 targets)
- Energy self sufficiency
- Enhance reliability
- Reduce capex and opex costs
- Advanced service models

## CRISIS MANAGEMENT (power shortage)

- Traditional approach: Rolling blackout
- Our approach: Differentiated services
  - Continuous supply for critical loads
  - Take into account utility for users depending on their characteristics, environmental conditions and appliances' operation
- Fairness

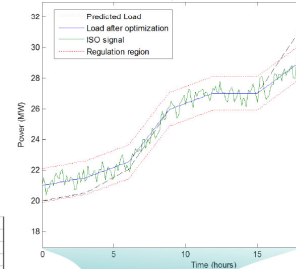


## MEANS

- Change the load curve shape (reduce peak, lower consumption)
- Distributed energy resources
- Renewable energy sources (wind, PV,...)
- Enhance efficiency

## AGGREGATORS

- Provide advanced DR mechanism to leverage consumers' storage capabilities and load and generation flexibility
- Enable prosumers' participation in the electricity market, including ancillary market
- Dynamically optimize Aggregator's decisions based on: load forecasts, client policies, market prices, flexibility capabilities and ISO signals



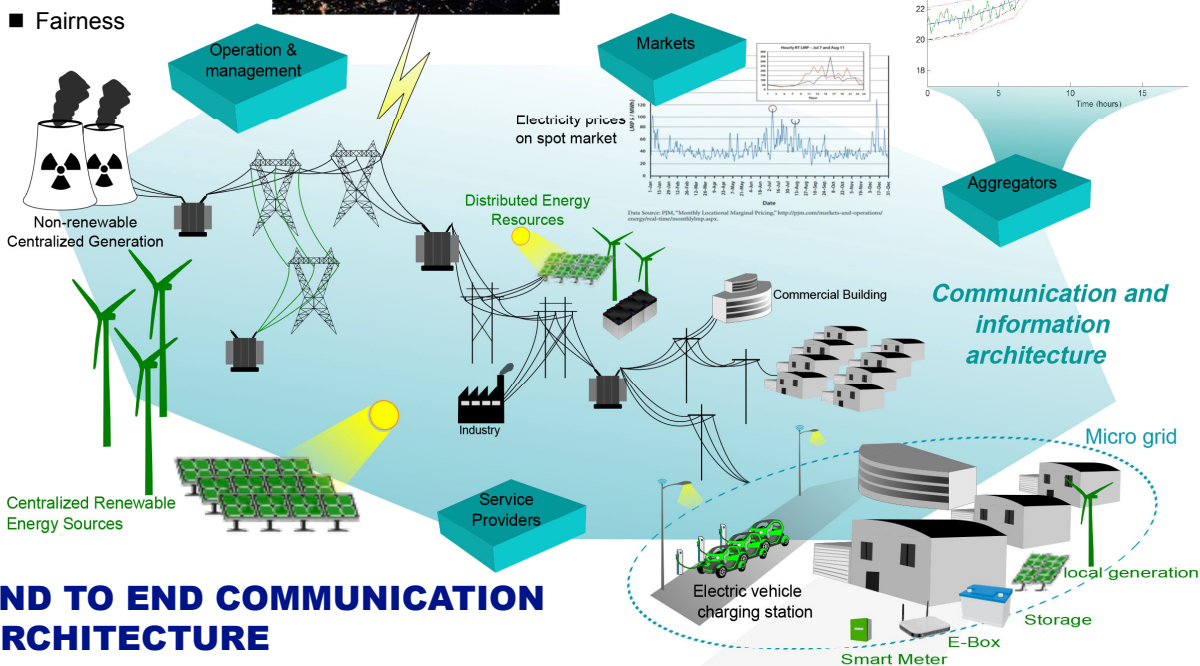
### Stakeholders



### Authors

- PhDs:
- BLIMAN Federico
  - HORTA Jose
  - KADDAH Rim
  - OBADIA Mathis
- Advisors:
- KOFMAN Daniel
  - ROUGIER Jean-Louis

### Partners

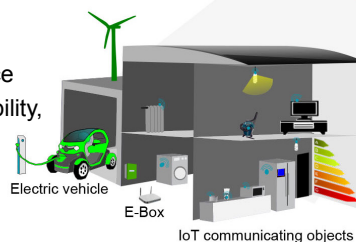


## END TO END COMMUNICATION ARCHITECTURE

- Provide interconnection of actors/devices for advanced services and enhanced controls
- Optimal distribution of overall system intelligence
- Requirements: Interoperability, Flexibility, Reliability, Security, CAPEX & OPEX.
- Based on ESOs work for M/490 mandate

## INTERNET OF THINGS

- Architecture for customer energy management system targeting autonomic policies' implementation:
  - auto-discovery, self-configuration and self-healing
- Solutions for advanced grid monitoring and control
- Smart grid, vehicles, cities and homes convergence



## MICROGRID MANAGEMENT

- Manage cooperatively electricity production and consumption locally on a neighborhood or campus level
- Leverage local storage and renewable energy sourcing capabilities
- Enhance efficiency (e.g., less transport losses)
- Ensure overall system visibility, stability and predictability

## 1. CONTEXTE

### Smart Grid

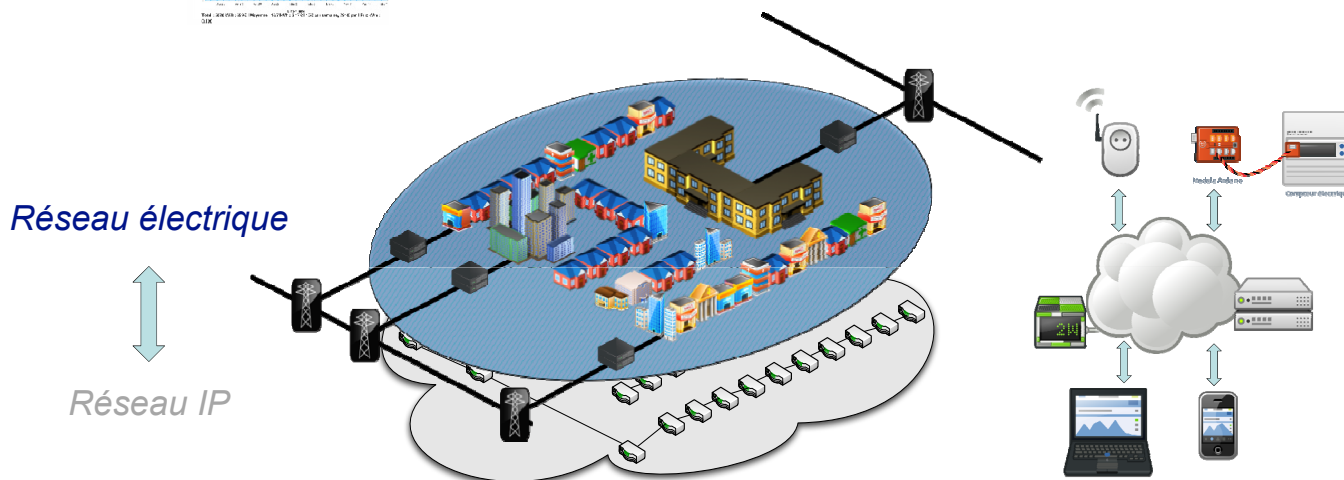
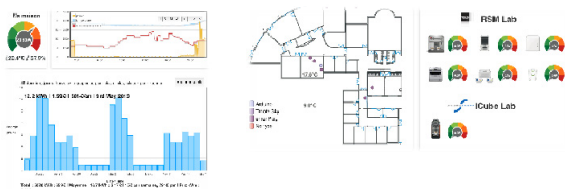
- Evolution du réseau de distribution d'électricité
- Smart Grid = Power Grid + Communications + Big Data*

### Smart Campus

- Campus instrumenté pour mesurer et piloter la consommation électrique en temps réel
- Expérimentation avec les algorithmes de gestion
- Interaction avec le Smart Grid
- Intégration des moyens de transport des agents, e.g. gestion de la recharge des voitures électriques

### Auteurs

Alexander PELOV  
Baptiste GAULTIER  
Nicolas MONTAVONT  
Laurent TOUTAIN



## 2. SmartTB

- Smart Campus de TELECOM Bretagne
  - Mesure et pilotage des prises électriques
  - Intégration des compteurs d'électricité existants
  - Optimisation de la consommation électrique
    - Réduction en heure de pointe
- Architecture et protocoles en cours de standardisation
  - REST - ETSI M2M, IPSO, CoAP
  - IETF 6LoWPAN, IETF RPL
  - IEEE 802.15.4, BLE, DECT ULE (CAT-iq), DASH7
- Développement d'une pile protocolaire pour des équipements ultra-contraints – picoIPv6
- SGC Web 2.0 spécialisé sur l'énergie
- Identification non-intrusive des appareils (NILM)
- Sélectionné par l'Appel « Innovation » de l'IMT 2013

## 3. LE GRAND PUBLIC

- Ateliers « Construire son compteur communicant »
- Open-source, open-hardware
- Déploiement à grande échelle

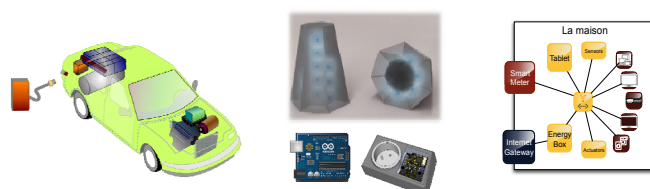


### Partenaires Industriels

Hackable Devices  
SnootLab  
WattEco  
Kerlink  
Orange  
Connected Object  
Coronis  
ITRON

## 4. PROJETS CONNEXES

- Intégration de la gestion de recharge de voitures électriques
  - Projet EGUISE (ADEME AMI)
- Interaction avec la maison connectée
  - Tablettes, Smartphones, Energy Box
- Conception des objets communicants pour la maîtrise de l'énergie à la maison
  - Collaboration avec l'Ecole des Beaux-Arts, Rennes
- La maîtrise de l'énergie dans les datacenters
  - Collaboration avec l'Ecole des Mines de Nantes



### A need for Green Mobile/Wireless Access Networks

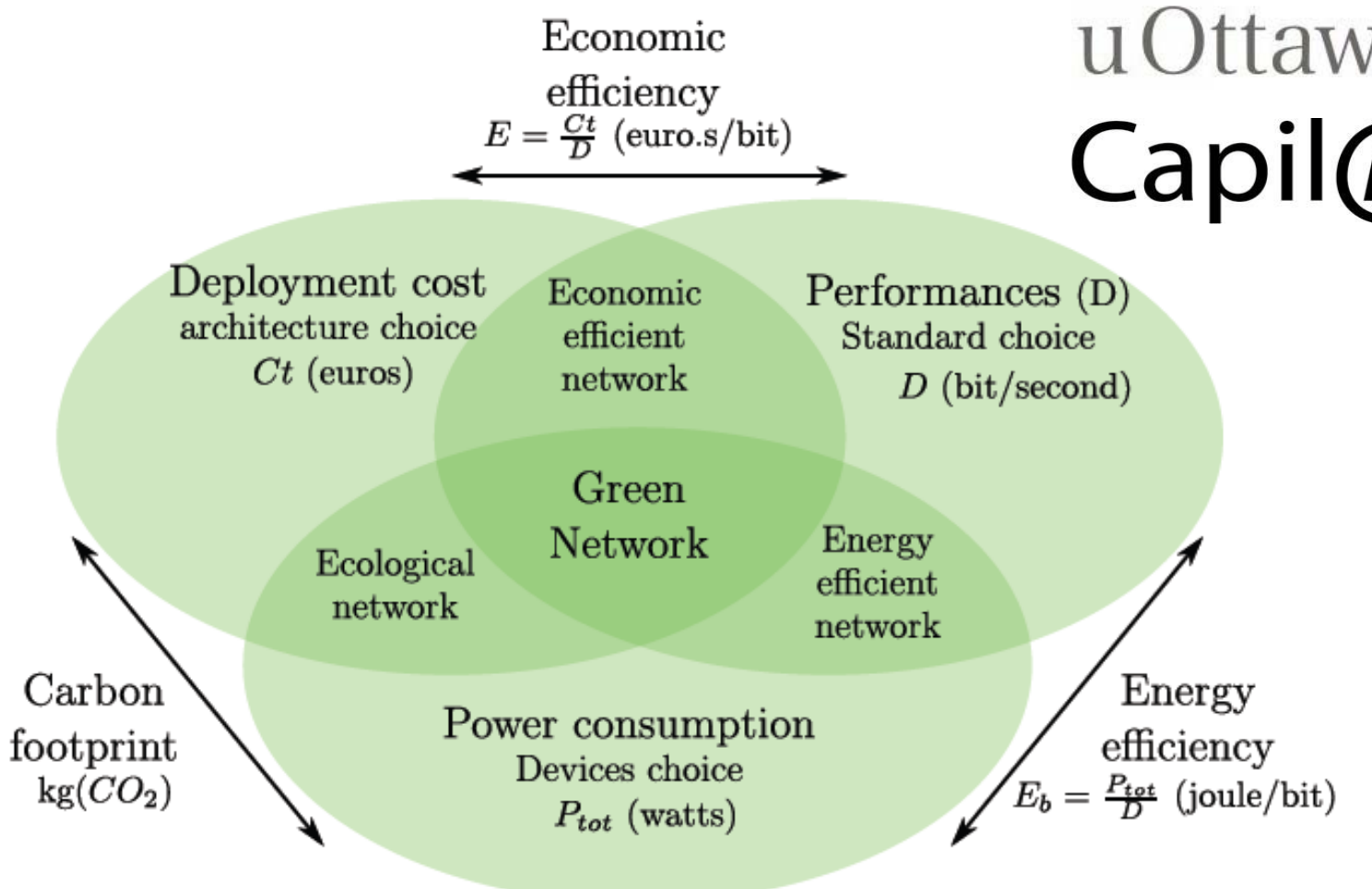
#### Mobile/Cellular Networks

- 21% of France Telecom's network total energy consumption (1341.5 GW.h,2006)
- out of which more than 80% is attributable to Base Stations (BS).

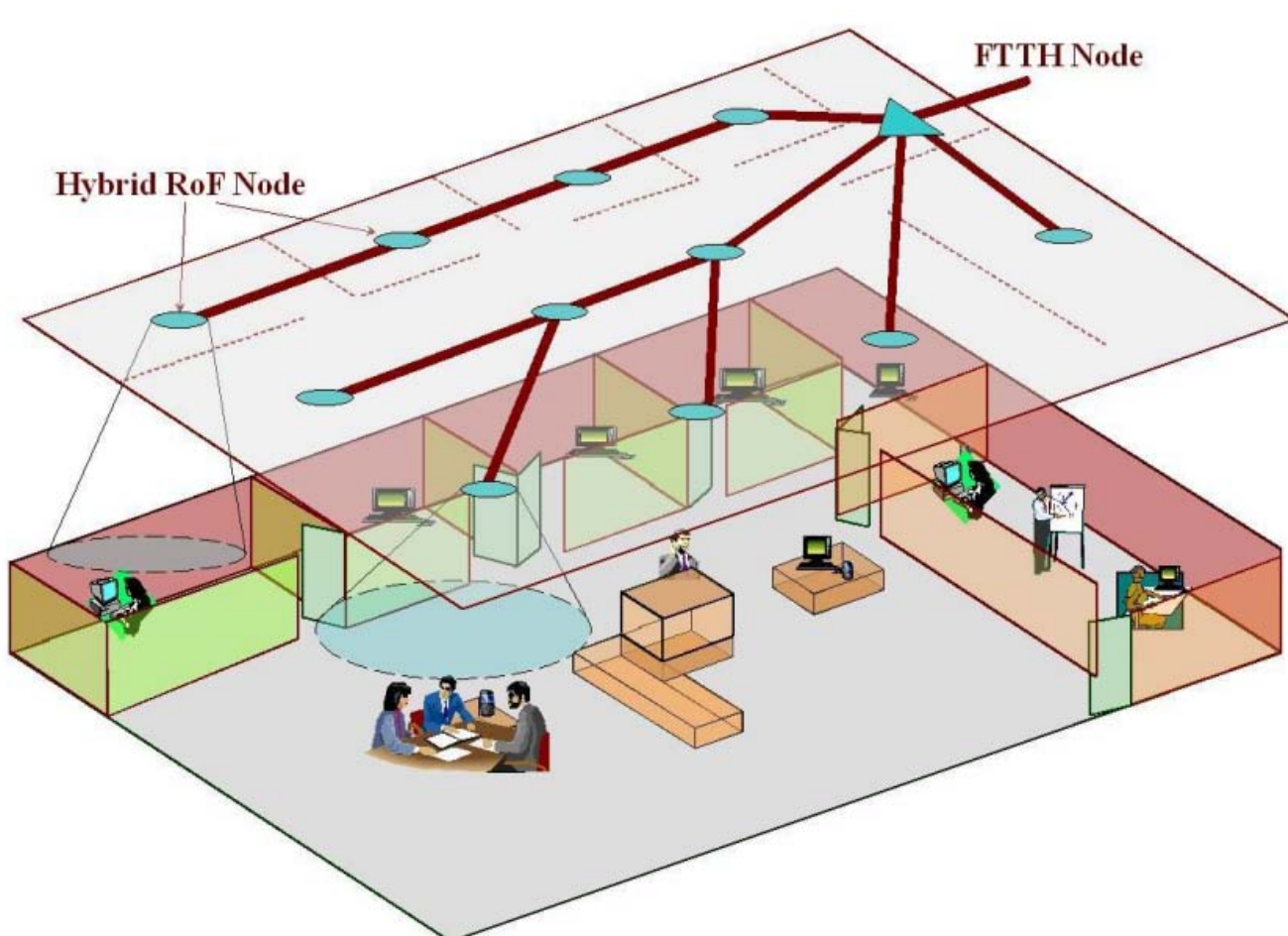
#### Home Networks

- more than 50 % is consumed by users : overall daily consumption estimated to 73 GW.h in France (2008)

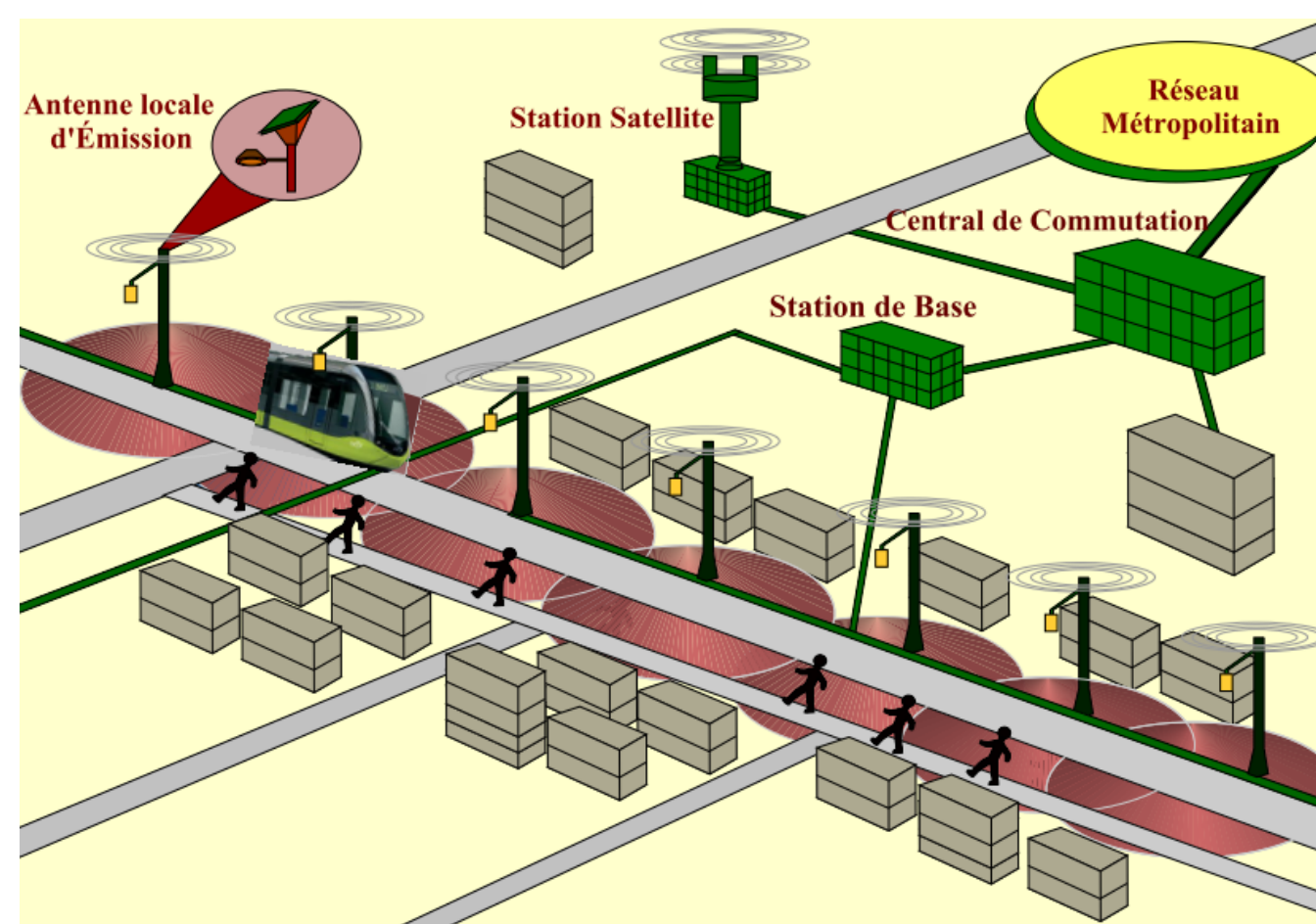
#### Metrics for green networks



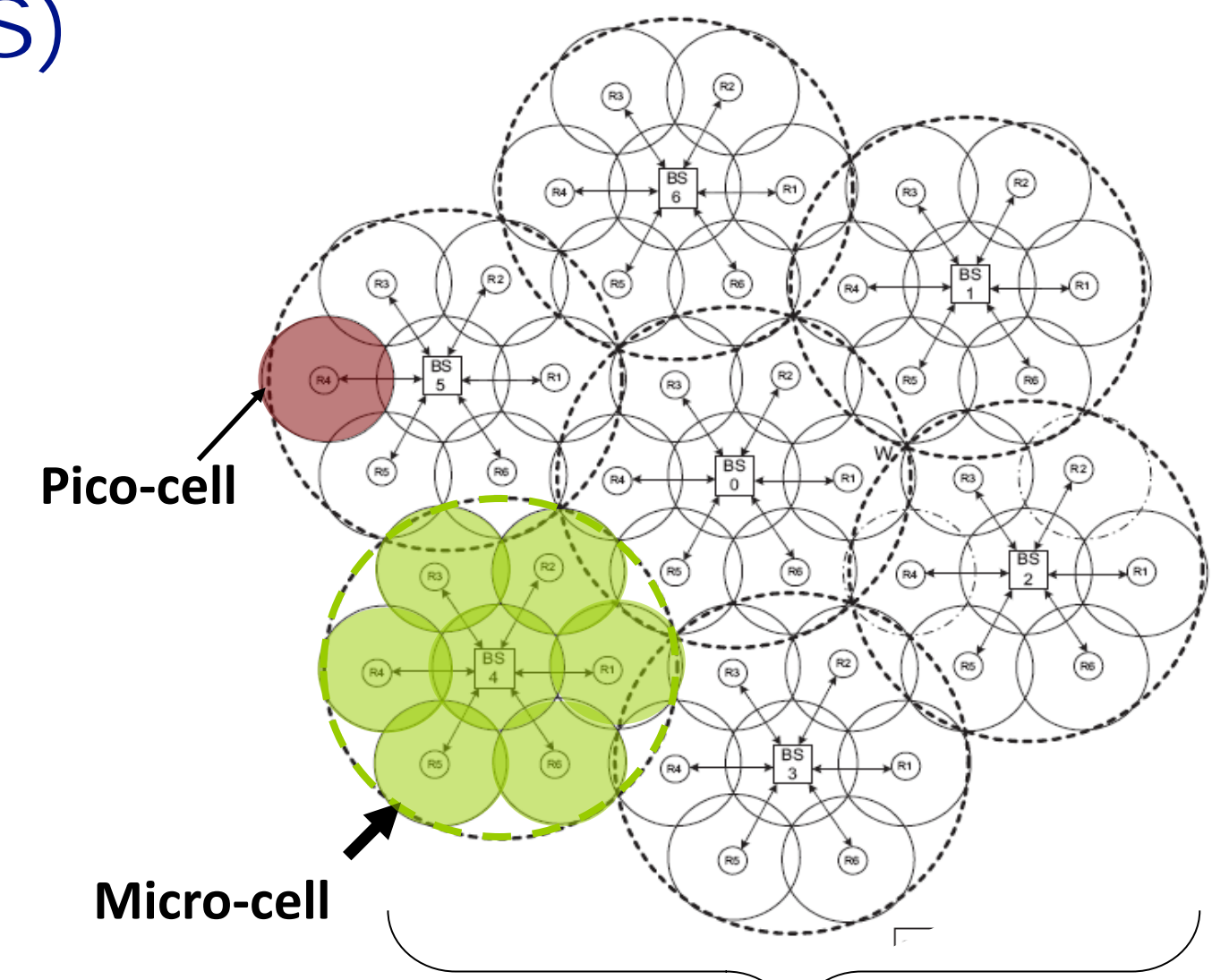
### Radio-over-Fibre (RoF) distributed antenna systems (DAS)



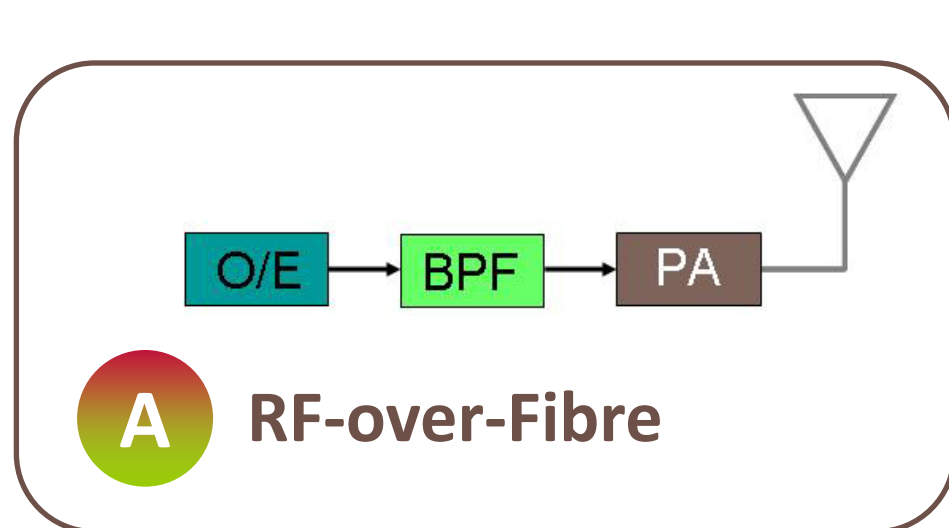
Home Networks : *ORIGIN*



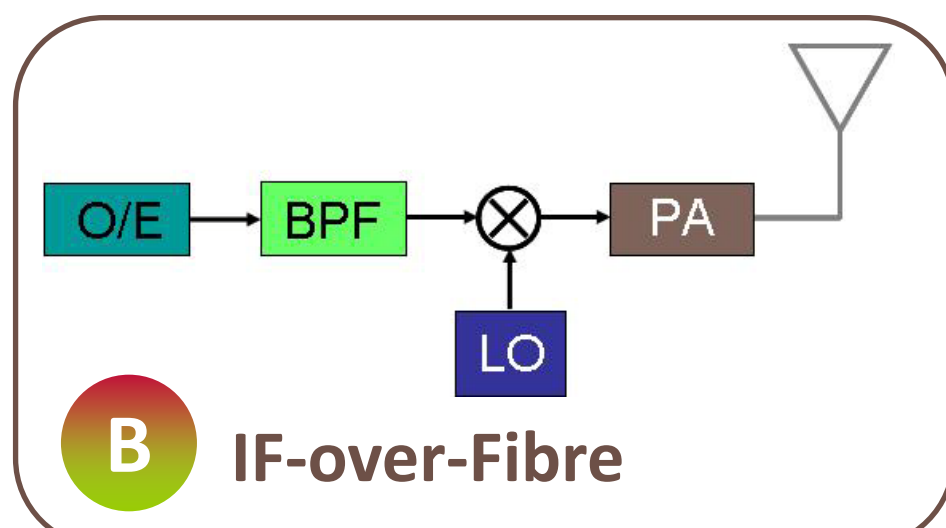
Access Networks in Digital Cities : *CapilRTram*



Macro-cell



**A** RF-over-Fibre



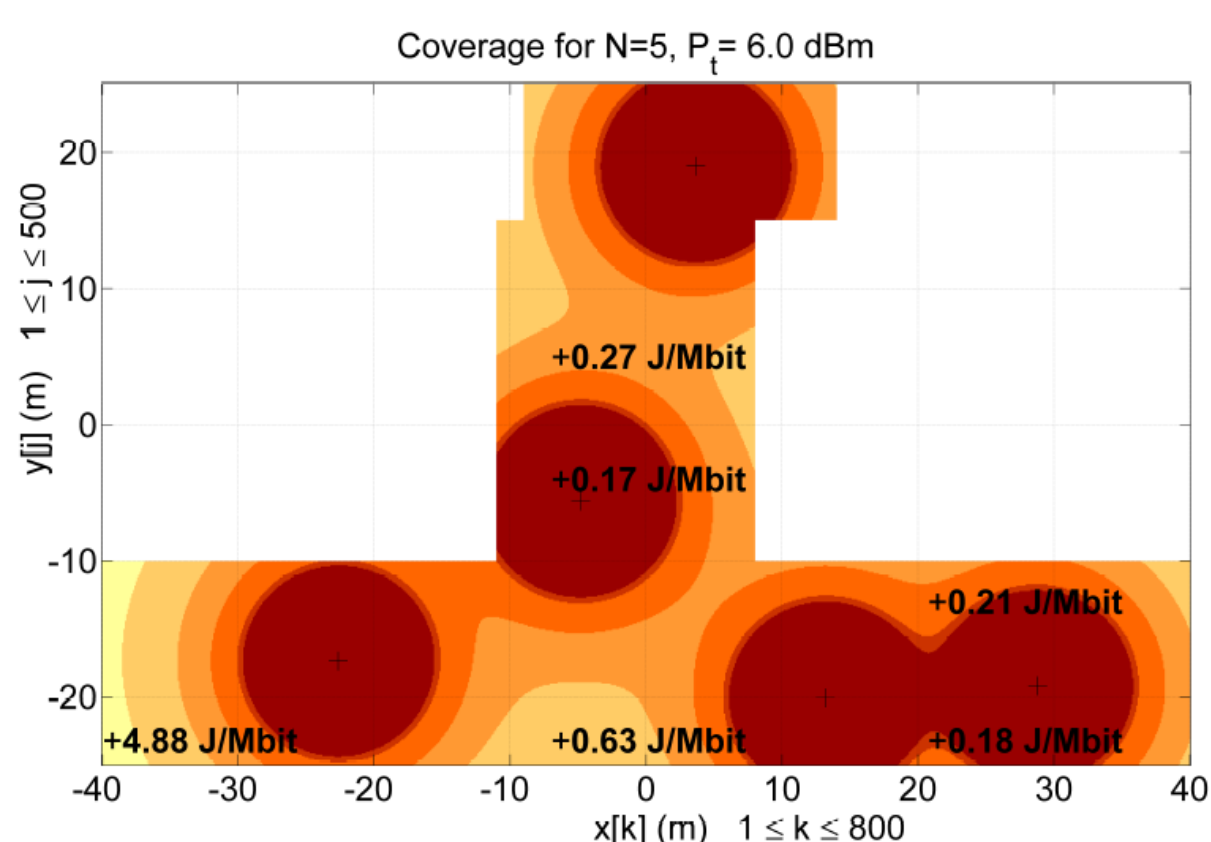
**B** IF-over-Fibre

- C** Baseband-over-Fibre
- D** Digitized IF-over-Fibre
- E** Digitized RF-over-Fibre

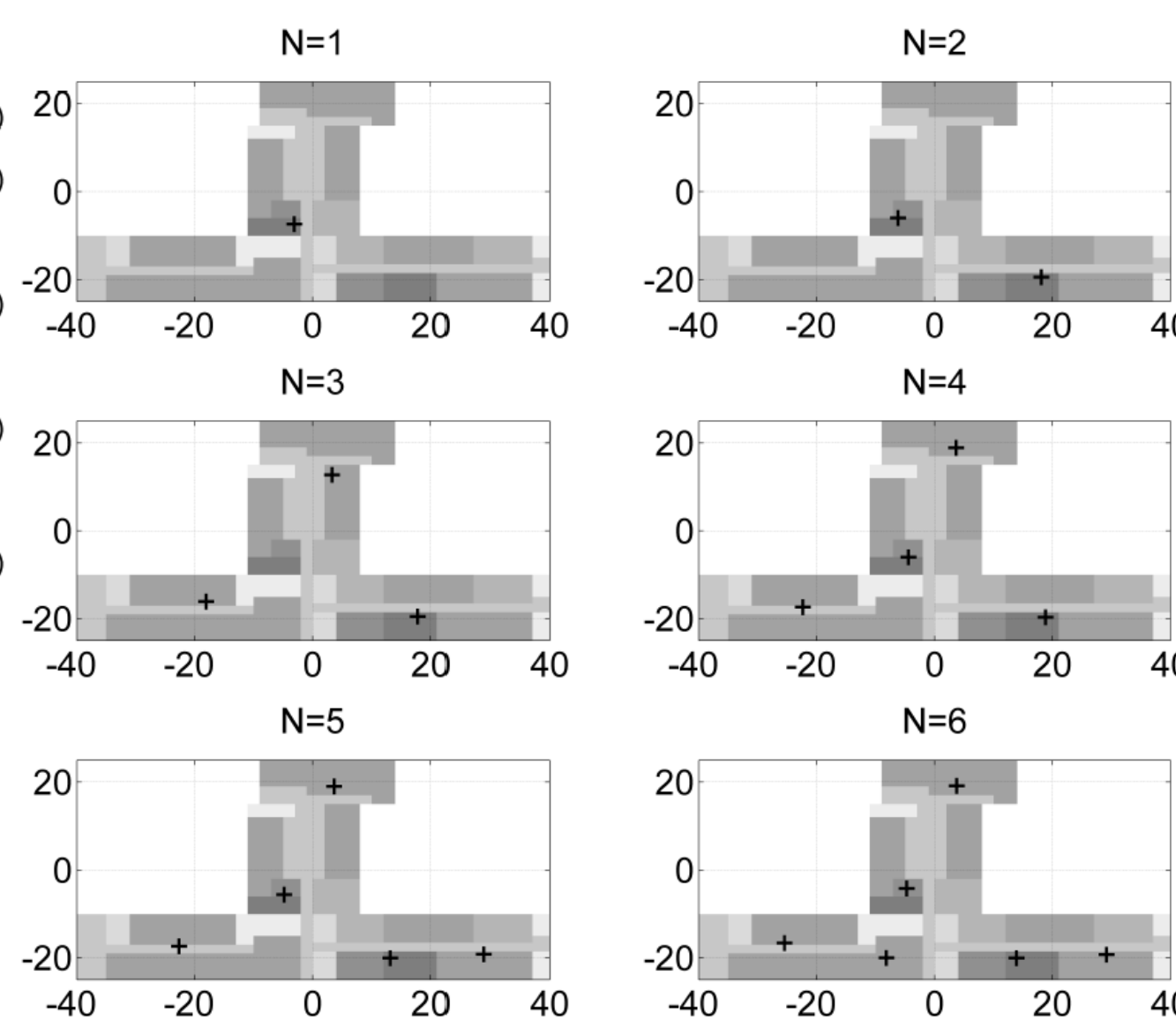
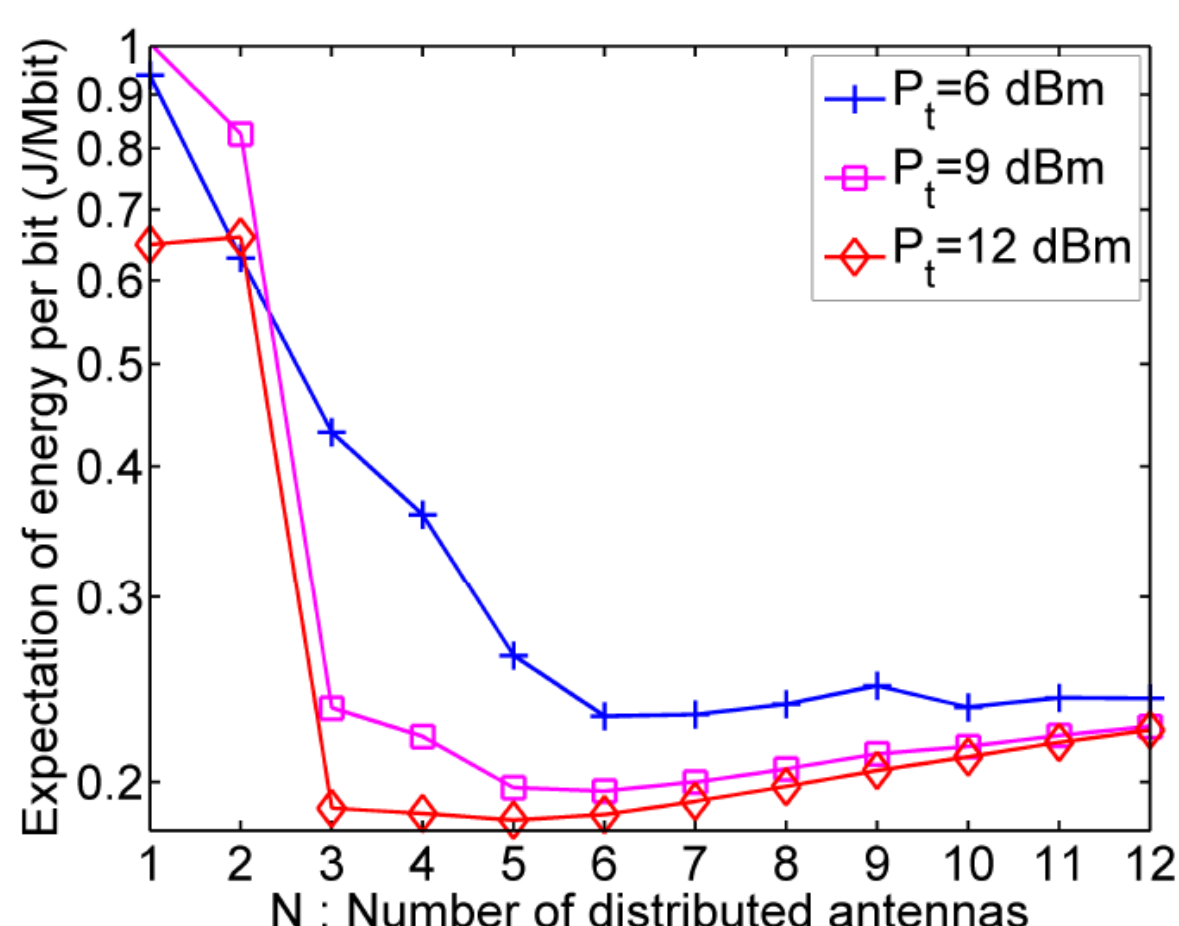
O/E : Optoelectronic interface / LO : Local Oscillator / PA : Power Amplifier

RoF Scheme	Circular cell		
	Macro	Micro	Pico
<b>C</b>	2.05	2.51	2.40
<b>A</b>	<b>0.49</b>	<b>0.1</b>	<b>0.14</b>
<b>B</b>	0.91	0.57	0.70
<b>E</b>	0.68	0.72	0.82
<b>D</b>	1.10	1.19	1.38

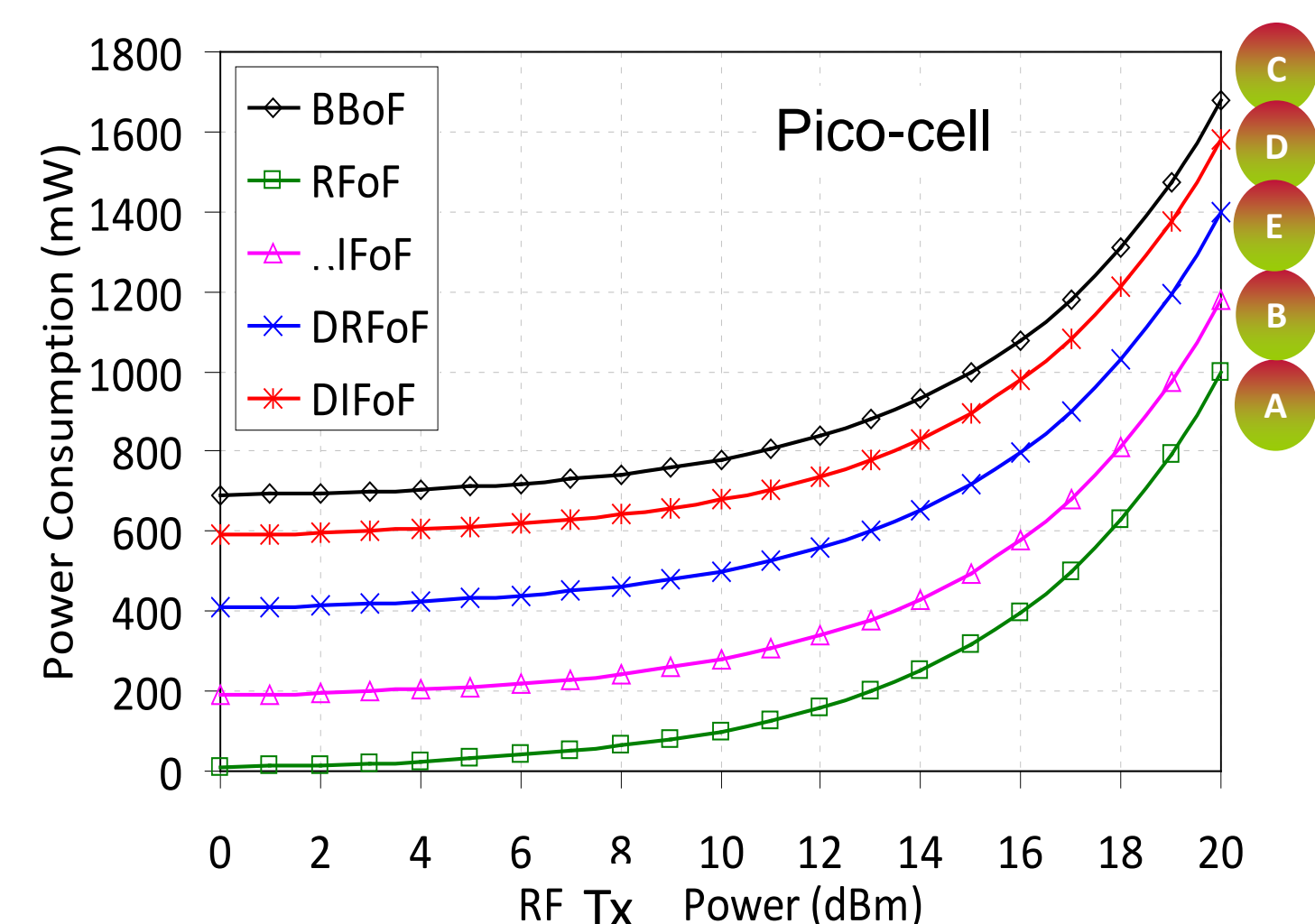
Total power consumed per covered area (mW/m<sup>2</sup>) for various cell sizes and RoF transport schemes



Energy efficiency of a WiFi-over-Fibre DAS in an indoor environment (simulation)



Optimum antenna placement algorithm (Telecom Bretagne campus)



Power consumption of a picocellular RoF-DAS according to transmit power for various RoF transport schemes

### Conclusions

#### Analogue RoF for micro-cellular deployments

- Reduced total energy consumption
- Highest energy efficiency (mW/m<sup>2</sup>)
- Extremely simplified remote antenna units

### Perspectives

- Increasing energy efficiency by :
  - dynamically switching on/off remote antenna units
  - low-energy automatic gain control techniques
- Energy efficiency of millimetre-wave RoF DAS

# PROJET FUI-15: GREENFEED

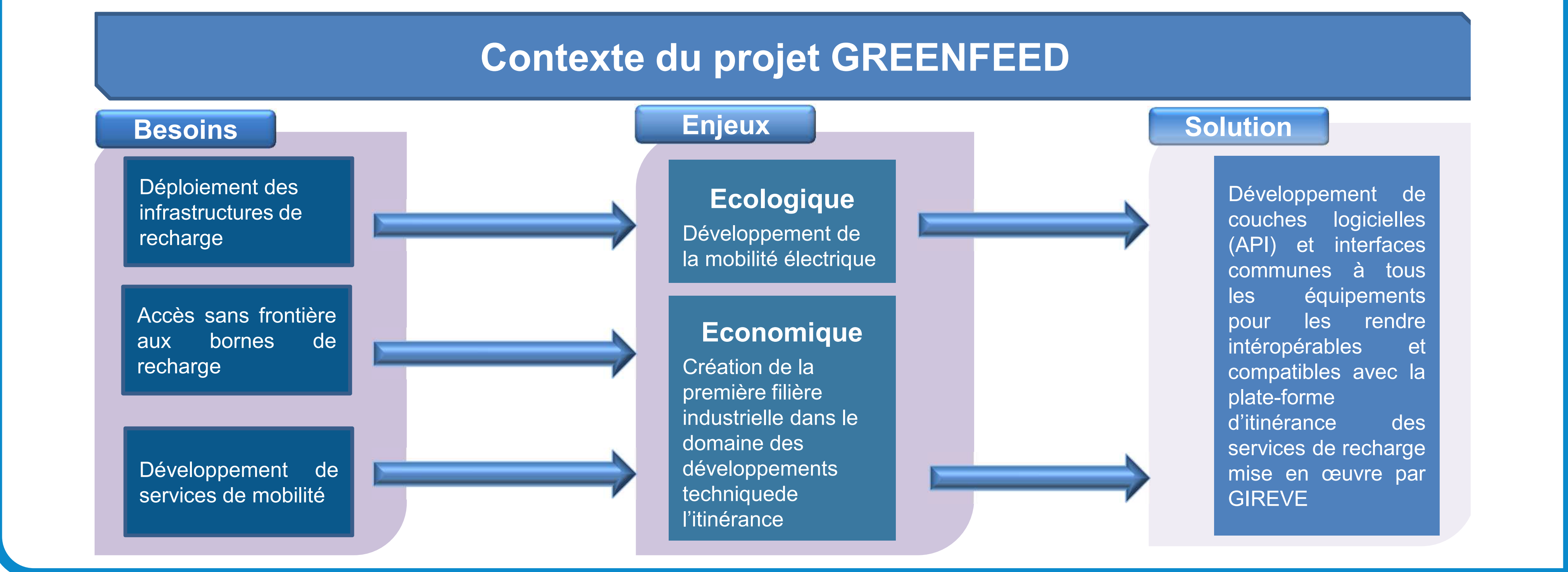
J. SUBERCAZE, C. GRAVIER, F. LAFOREST  
 LT2C, TÉLÉCOM SAINT-ETIENNE, UNIVERSITÉ JEAN MONNET

## RÉSUMÉ

Développement d'un ensemble de solutions logicielles et matérielles interopérables et universelles pour la recharge de véhicules électriques.

L'ambition de GREENFEED, est de créer une filière industrielle de production de solutions d'interface adressant le marché français et européen des opérateurs et des équipementiers pour faciliter le développement des services d'électromobilité de toutes natures. Il n'existe pas actuellement de projet de filière de ce type en France. Sa valeur essentielle sera de permettre la diffusion rapide des standards chez tous les opérateurs, à un coût performant. Les principales difficultés à surmonter concernent la diversité des acteurs et équipements à interfacier, et la nécessité de s'articuler avec les travaux de normalisation internationale.

## CONTEXTE



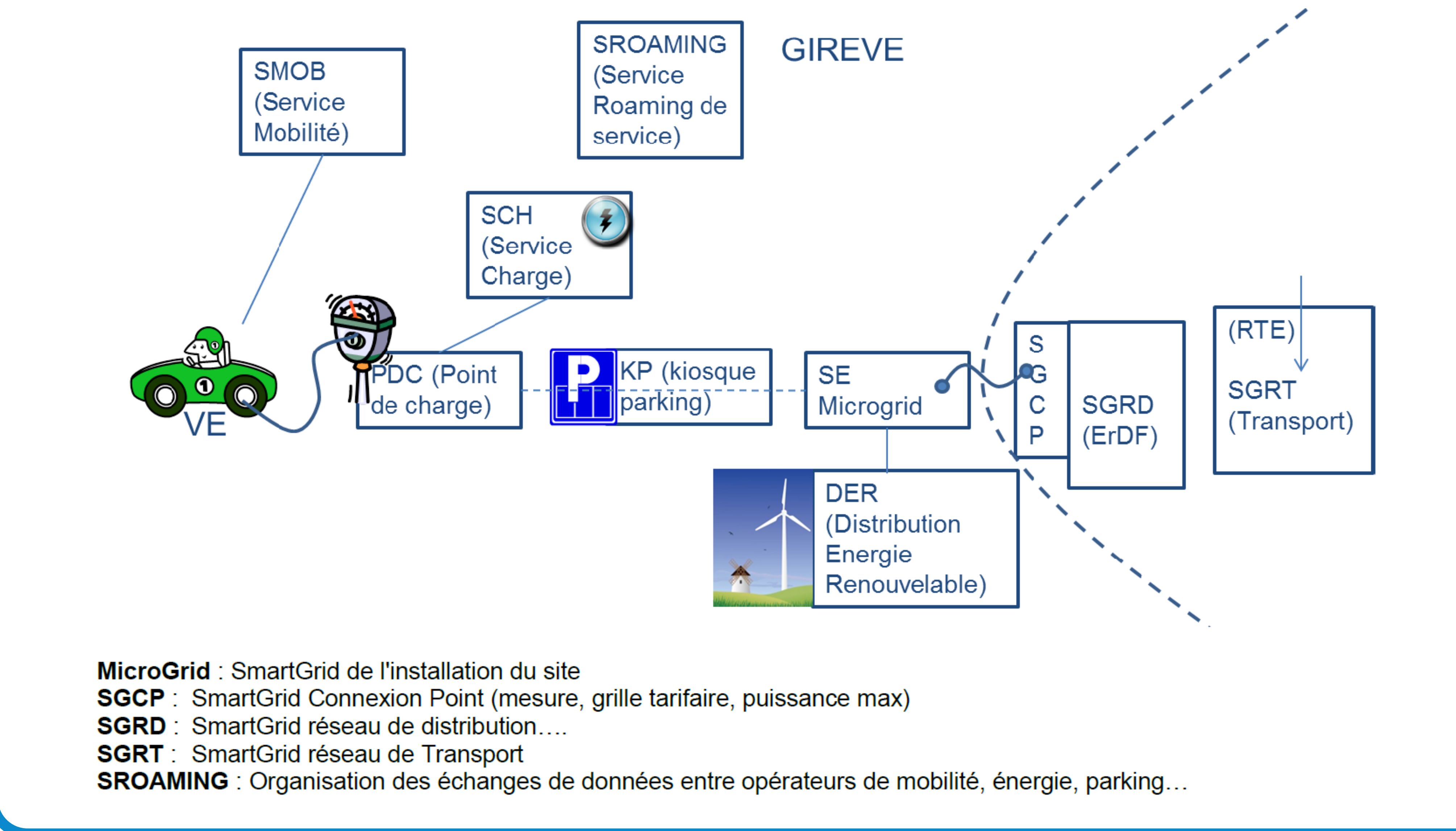
## INFORMATIONS

- Démarrage du projet : 2013
- Durée du projet : 2 ans
- Montant total : 4.5 M€
- Montant de l'aide : 1.7 M€

## PARTENAIRES

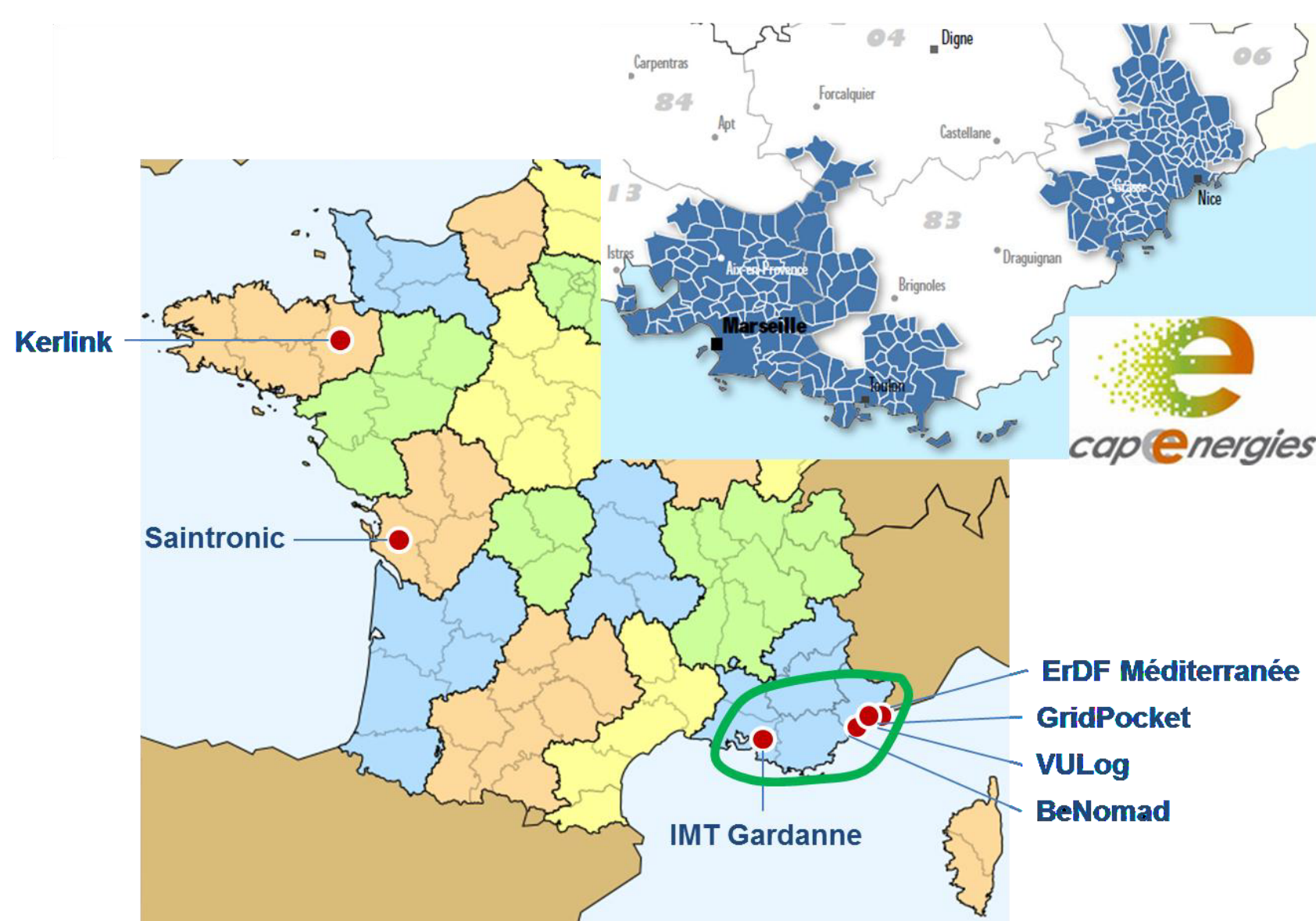


## APPROCHE



## TESTS

Des tests grandeur nature seront conduits sur les sites de Gardanne et de Villeneuve-Loubet.



## CALENDRIER

**Planning général du projet**

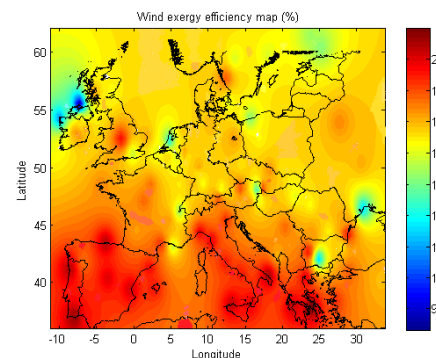
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19	M20	M21	M22	M23	M24	M25	M26	M27	M28	M29	M30	M31	M32	M33	M34	M35	M36
<b>LOT 1</b> Management du projet	[Gantt bars for Lot 1 tasks]																																			
<b>LOT 2</b> Spécifications générales	[Gantt bars for Lot 2 tasks]																																			
<b>LOT 3</b> Interface avec l'opérateur de charge & l'opérateur de parking	[Gantt bars for Lot 3 tasks]																																			
<b>LOT 4</b> Interface avec l'opérateur d'énergie	[Gantt bars for Lot 4 tasks]																																			
<b>LOT 5</b> Interface Pour l'opérateur de mobilité	[Gantt bars for Lot 5 tasks]																																			
<b>LOT 6</b> Superviseur de Roaming service	[Gantt bars for Lot 6 tasks]																																			
<b>LOT 7</b> Intégration	[Gantt bars for Lot 7 tasks]																																			
<b>LOT 8</b> Tests et validation	[Gantt bars for Lot 8 tasks]																																			

### Parties prenantes



### Analyse exergetique

- Objectif: Comparer exergetiquement les énergies renouvelables (éolienne/solaire)
- 100 stations météorologiques.
- Rendement exergetique d'éoliennes (modèle de Pedersen et al. ) et de cellules PV (modèle de Joshi et al.).
- Traitement d'années types issues du DOE.



### Analyse émergetique

eMergie : concept introduit par Prof. H.T. Odum

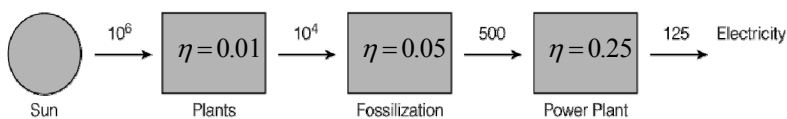
- Empreinte énergétique d'un produit/bien/service.
- ex: ressources fossiles, résultante d'un processus sur plusieurs millions d'années.
- Mode d'analyse complémentaire à l'ACV

### Auteurs

- Dincer I., Prof., UOIT
- Rosen M., Prof. UOIT
- Feidt M., Prof., Nancy
- Truffet L., HDR, DAP, Mines Nantes
- Broc JS., Dr, Mines Nantes
- Amponsah N., Doctorat soutenu
- Jamali-Zghal N., Doctorante SPIGA
- Lacarrière B., Dr, Mines Nantes
- Le Corre O., Mines Nantes

### ELECTRIC ENERGY CHAIN

Decreasing quantity, calories/time

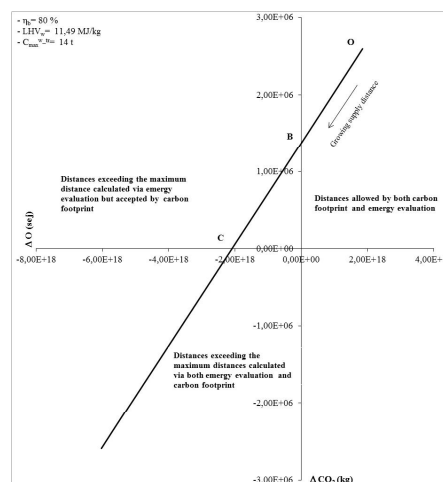


### Bilan CO<sub>2</sub> - émergie

Application à une chaufferie bois

- Objectif: Pertinence d'une substitution de chaudière gaz naturel par une chaufferie bois énergie
- Moyen : déterminer la distance limite de transport du bois énergie par une analyse CO<sub>2</sub> et une analyse émergie.

Analyse de la co-combustion (biomasse-camion)/(charbon-train)



## Parties prenantes



## Auteurs

Charlotte Marguerite  
Bernard Bourges  
Bruno Lacarrière

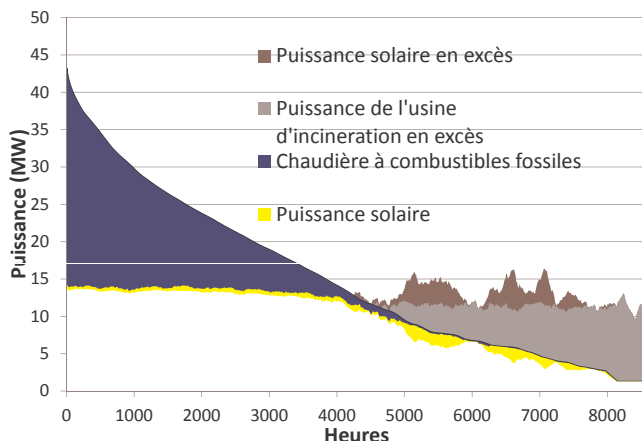
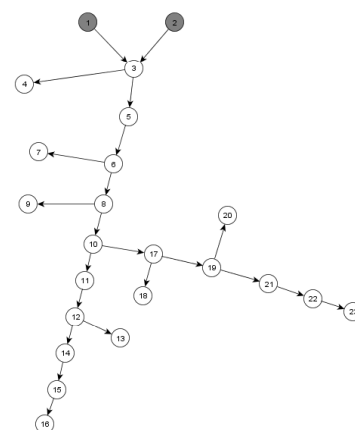
## Partenaires



## Objectifs et principes du modèle

### Gestion stratégique d'un réseau de chaleur

- Outil d'aide à la décision (usage ex-ante) : Construction de nouveaux réseaux, intégration de nouvelles installations de production de chaleur, etc.
- Outil d'évaluation et de suivi des performances (usage ex-post) : diagnostic, analyse des performances réelles, amélioration du fonctionnement.
- Comparaison de scénarios variés : structure de la demande, variations temporelles de certains paramètres (coûts, puissances disponibles, etc.).
- Représentation d'un réseau de chaleur par un graphe orienté avec des nœuds (consommateurs et sources de production) et des arcs (canalisations du réseau). Simulation du fonctionnement du réseau grâce au formalisme de la programmation linéaire.
- Composants et sources de chaleur disponibles : chaufferie à énergie fossile, UIOM, solaire thermique, géothermie, stockage de chaleur, source virtuelle (effacement de consommateur).
- En cours d'intégration : cogénération, pompe à chaleur, interconnexion de réseaux.



## Exemple de résultats

### Puissances disponibles

- Le modèle donne à chaque instant les puissances fournies par chaque source de production et les puissances circulant dans chaque branche du réseau.
- Ces données de sortie sont traitées pour obtenir la courbe des puissances classées. On peut ainsi répartir globalement la production de chaleur entre les différentes sources, dimensionner les installations, etc.
- Le cas présenté correspond au réseau de chaleur Malakoff-Beaulieu à Nantes, dans un scénario incluant du solaire thermique.

## Exemple de résultats

### Bilan énergétique et économique

- Le bilan annuel est calculé à partir des puissances à chaque pas de temps.
- Le bilan énergétique du réseau donne l'énergie totale distribuée par chaque source de production, son taux de couverture et les pertes totales de distribution.
- Le bilan économique donne le coût moyen de production du MWh et le coût total de la production de chaleur au cours de l'année.

Energie distribuée (MWh)	Source de production de chaleur	Taux de couverture	Pertes totales (MWh)
79 107	UIOM	60%	
46 801	Chaudière gaz (22MW)	36%	
5 359	Panneaux solaires (20 000m <sup>2</sup> )	4%	

Coût moyen (€/MWh)	Coût total (k€)
14.90	1 957