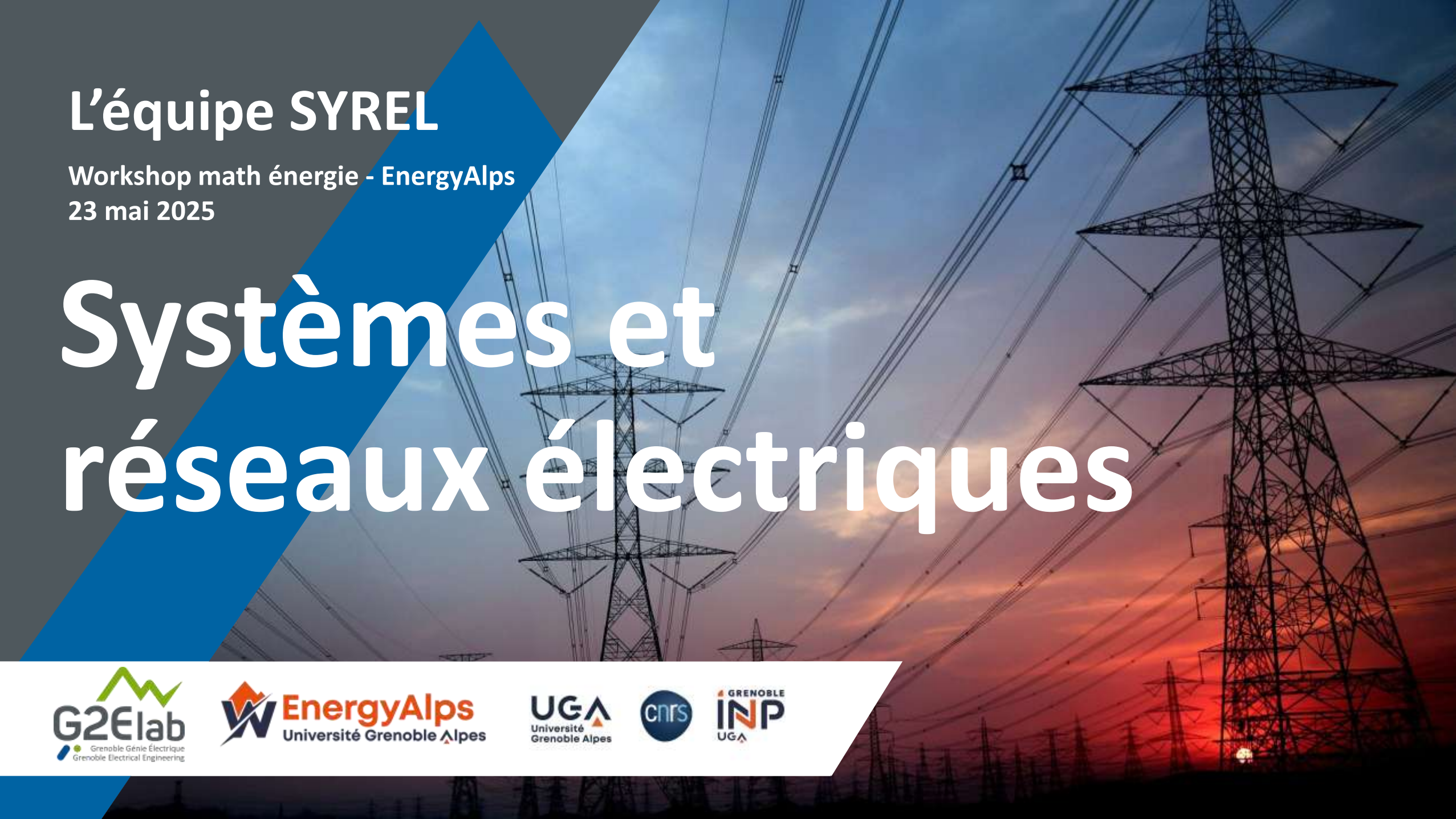




L'équipe SYREL

Workshop math énergie - EnergyAlps
23 mai 2025

Systemes et réseaux électriques



L'équipe SYREL

Une approche orientée systèmes



Objectifs scientifiques

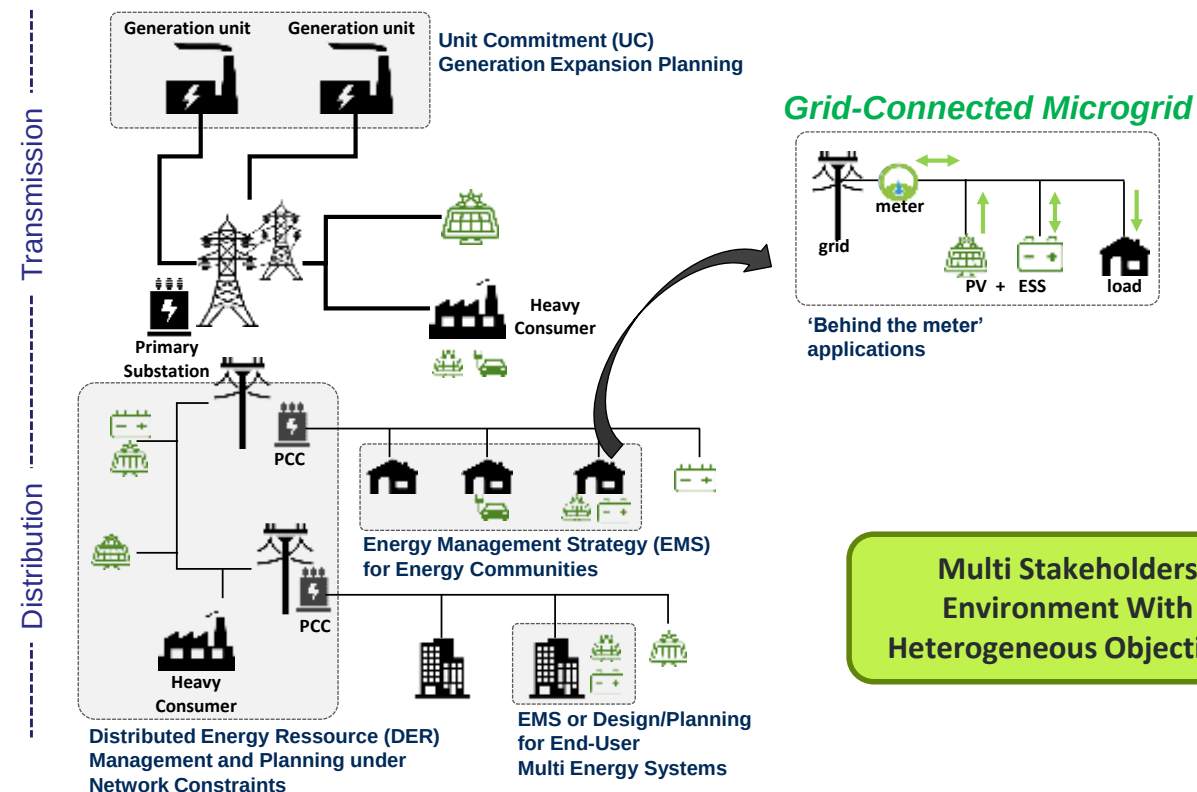
Compréhension des réseaux électriques intelligents
problématiques d'analyse, d'observabilité, de prévision et d'interaction
Dimensionnement, pilotage et **sécurisation** des REI
méthodes et outils d'analyse, de modélisation et d'optimisation

Verrous scientifiques

Dimensionnement
Pilotage et sécurisation des réseaux électriques (intelligents)
Méthodes et outils : d'analyse,
 de modélisation et
 d'optimisation



SmartGrids
 BY FONDATION GRENOBLE INP

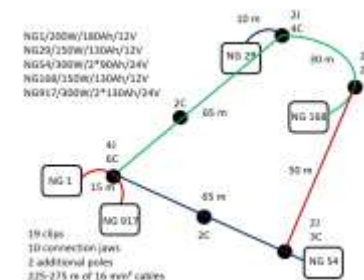


Axes de recherche

1

Composants et Systèmes non conventionnels

Modélisation des composants en fonction de leurs usages
Gestion optimale des flux d'énergie pour un composant/ensemble de composants
Optimisation couplée du dimensionnement et de la gestion
Modélisation des contraintes et incertitudes endogènes et exogènes



Micro réseaux pour Electrification Rurale

2

Analyse & optimisation avancées pour les REI

Modélisation des interactions (sources $\leftrightarrow$ charges $\leftrightarrow$ stockage) et de la flexibilité
Nouveaux modes d'exploitation (fonctions avancées) et gestion optimale
Planification long terme de réseaux actifs et flexibles
Analyse des transitions technico-économiques (nvx marchés, modèles d'affaire)



Pilotage des smart grids

3

Méthodes avancées pour la compréhension et la sécurisation des infrastructures complexes

Analyse des interdépendances (cascade ou aggravation)
Intelligence distribuée et décentralisation des modes d'exploitation
Protection liées à des méthodes de diagnostic
Stabilité et analyse de risques liées aux nouvelles vulnérabilités



Coupure bispectrale / réseau UCTE



Examples

1. Grid integration
2. Operation vs sizing
3. Long-term planning, risk mitigation
4. Problem reduction
5. Uncertainty mitigation

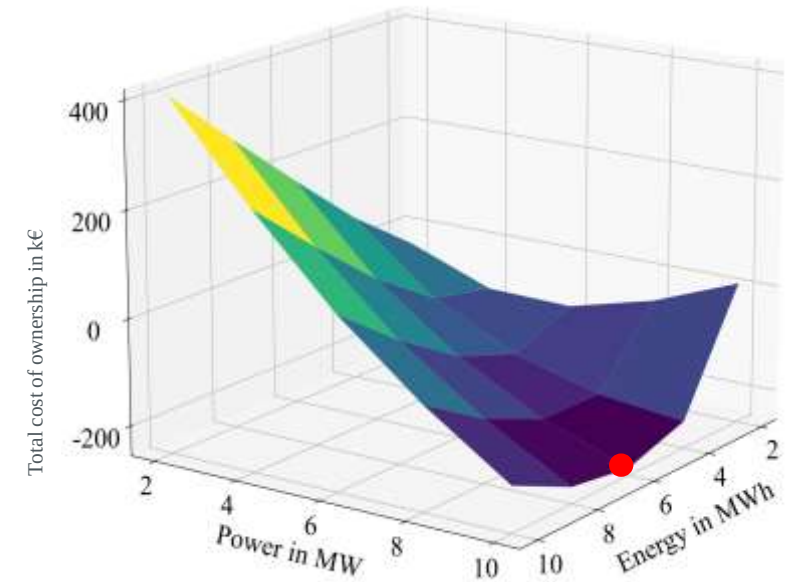
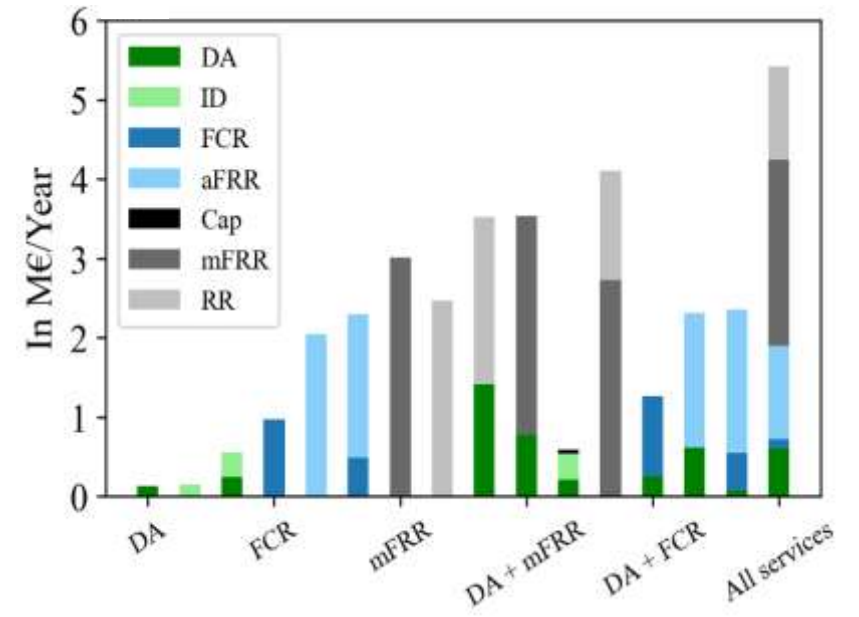
Storage benefits

Grids services

- **Objectives** : Management and sizing of a storage system participating in the energy, reserve and capacity markets.
- **Research:**
 - Identify the most interesting markets and study the possibility of supplying several products simultaneously - deterministic simulations/optimizations over one year.
 - Operational planning to cope with price uncertainties and activations (DA+FCR).
 - Power/energy sizing for different storage technologies - taking aging/replacement into account.
 - Grid impact
- **Main partners:**

ENEDIS

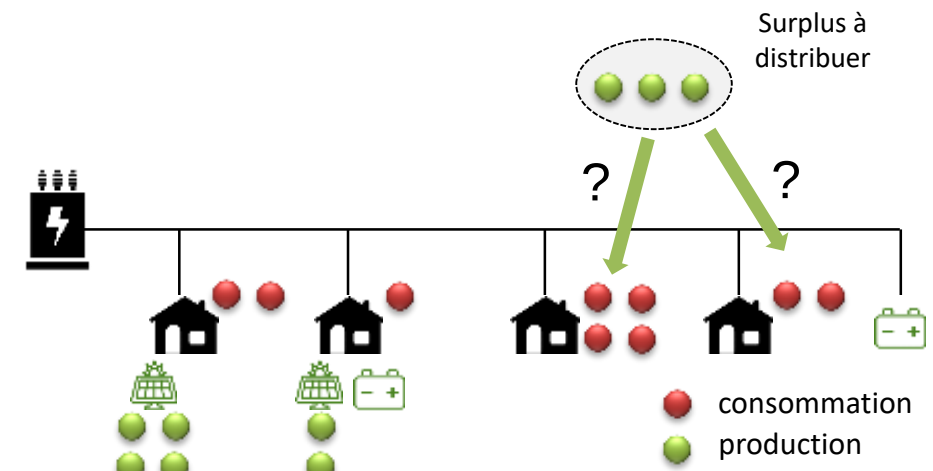
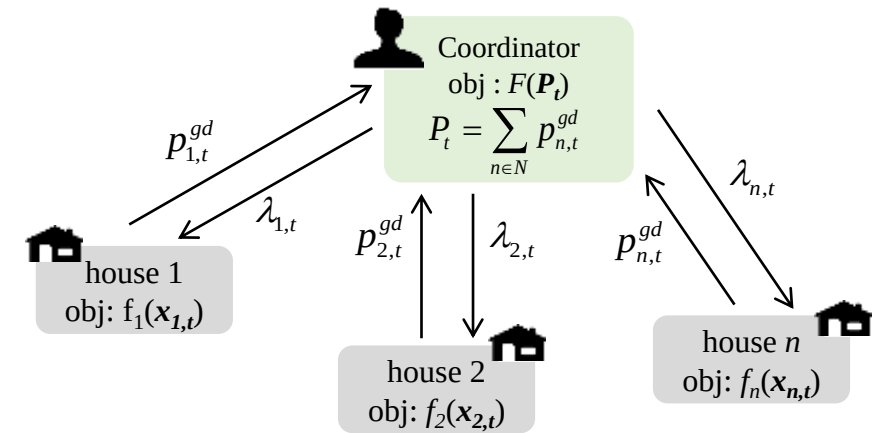
Worldgrid
an Eviden business



Decentralized energy management (Multi-)Energy Communities

- **Objectives:** Energy management and resource/benefit allocation in a multi-energy (HVAC, electricity) or collective self-consumption community.
- **Research:**
 - Storage control and temperature setpoints (cooling/heating).
 - Two-stage management strategy - look-ahead management to smooth the total power profile, and real-time control to meet D-1 commitments.
 - Arbitration between user and community objectives. Ancillary services?
 - Monthly remuneration of users according to their marginal contribution to community performance. Investment sharing

• Main partners



Integrated Sizing and Management

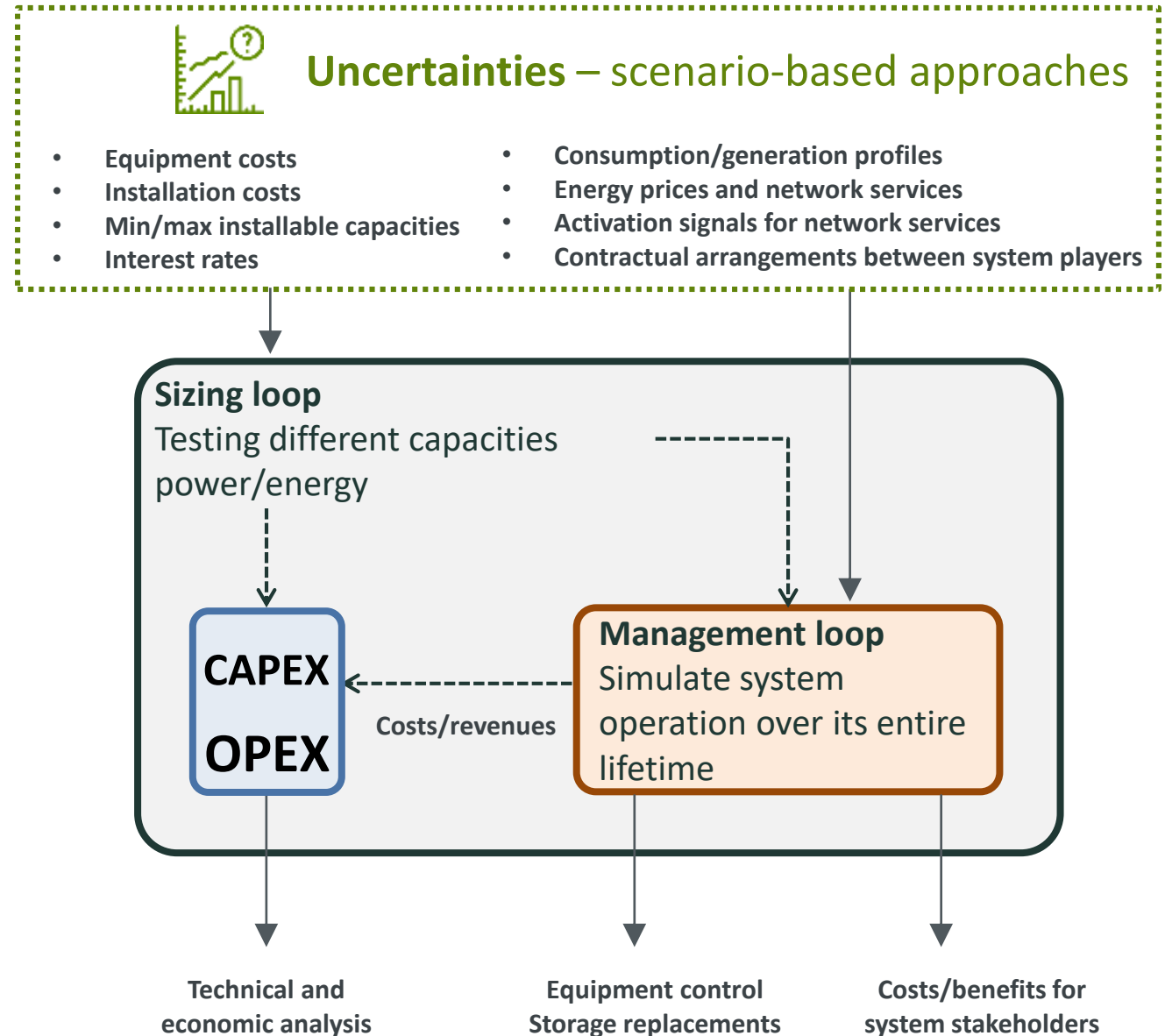
■ Methodology :

- Integrate system control strategy right from the design phase.
- Modeling of dimensioning/management in the form of optimization problems (e.g. close multi-level)



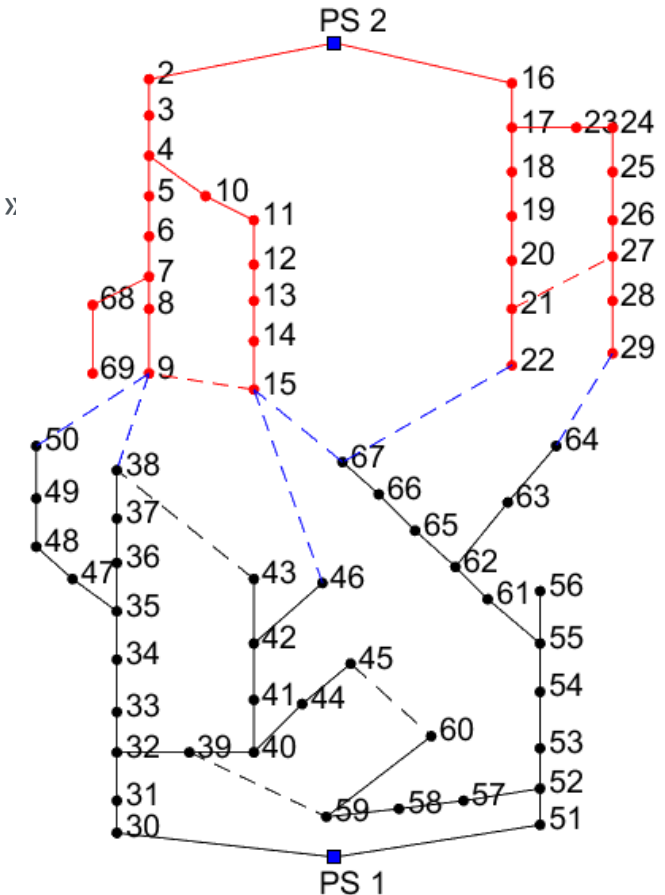
Resolution complexity:

- **Combinatorial complexity** – related to system size and number of different configurations.
- **Information Complexity** - related to the horizon of the simulation period (representative period) and sources of uncertainty.



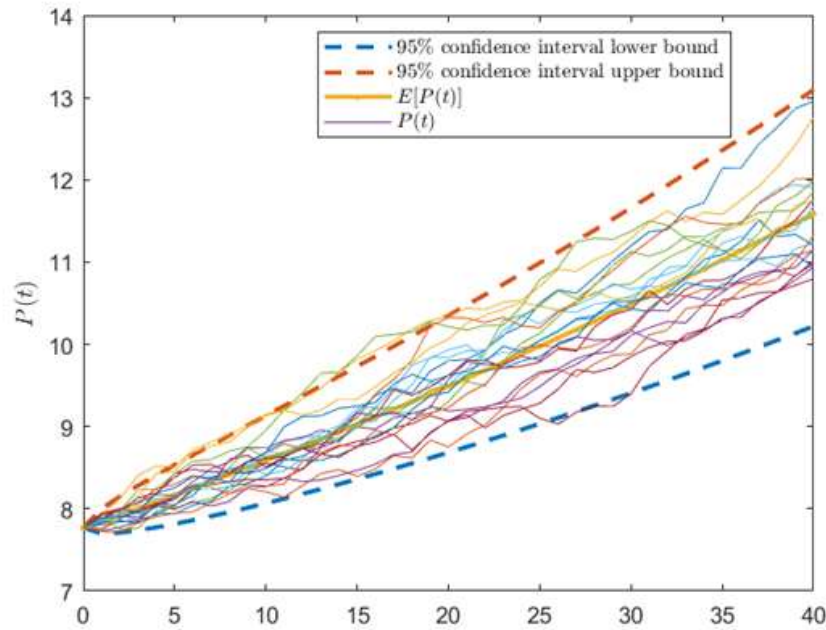
Intégration de l'effacement de consommation dans la prise de décisions d'investissement

- **Contexte**
 - Planification : décision d'investissements, usuellement approche déterministe de type « pire cas »
 - Accélération du développement des énergies renouvelables et de la mobilité électrique
 - De nouvelles opportunités de pilotage (ex : bornes de recharge)
 - Augmentation des incertitudes
- **Problématique : prise de décision d'investissement sous incertitudes, systèmes de grande taille**
- **Comment peut-on intégrer les incertitudes en planification des réseaux électriques?**
 - Comment modéliser les incertitudes en chaque nœud du réseau?
 - 1- Définition de la puissance maximale
 - 2- Profil temporel
 - 3 - Estimation des contraintes
 - 4 - Application de stratégies
 - 5 - Calcul économique par options réelles → « attendre », « renforcer », « effacer »



Exemple d'un réseau électrique

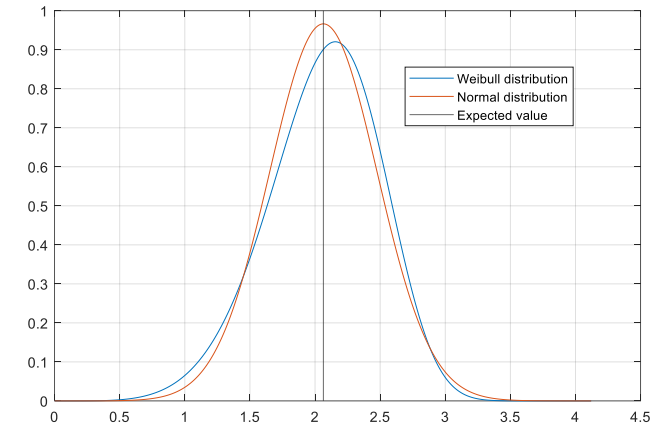
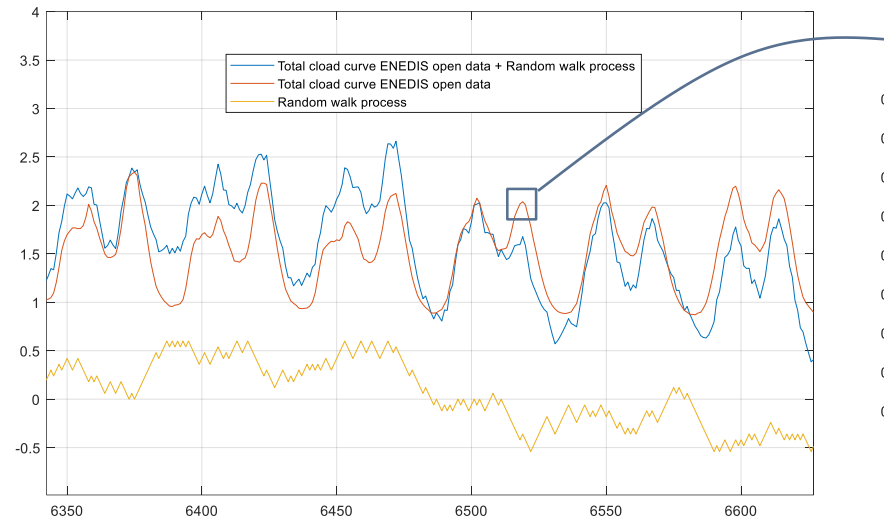
Intégration de l'effacement de consommation dans la prise de décisions d'investissement



1 - Définition de la puissance maximale

Mouvement brownien géométrique (croissance + caractère aléatoire)

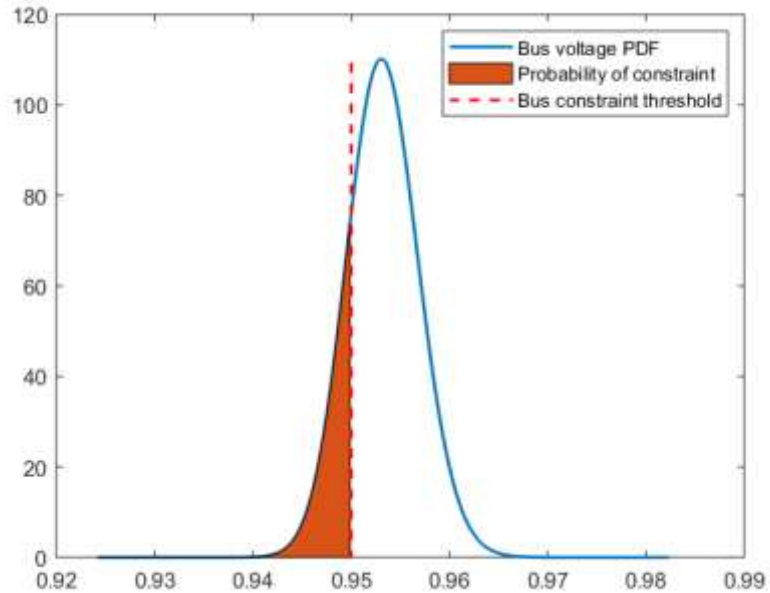
→ deux cas : espérance + valeur haute de l'intervalle de confiance



2 - Profil temporel

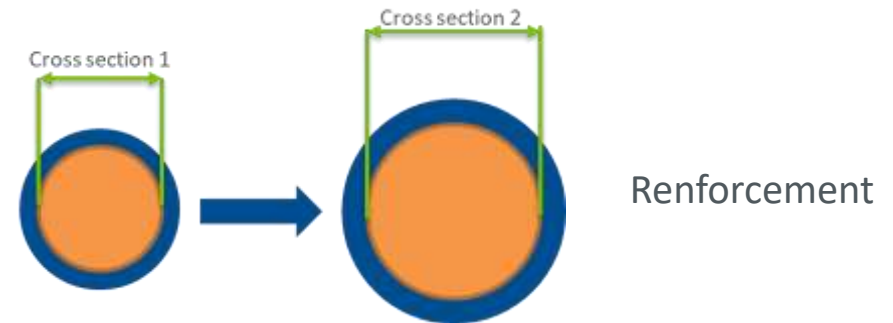
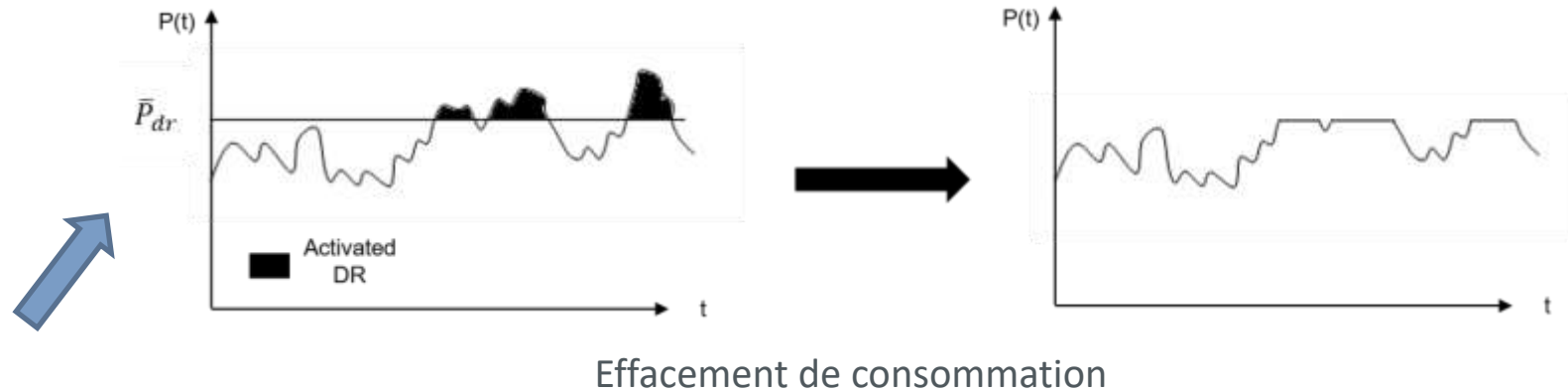
- Profil typique (pas de temps 30 min) + marche aléatoire
- A chaque pas de temps, pdf

Intégration de l'effacement de consommation dans la prise de décisions d'investissement



3- Estimation des contraintes

- Cumulants
- Calcul de répartition des charges
- Reconstruction des pdf
- Pdf tensions (chaque nœud) et courants (chaque lignes)



4- Comparaison de stratégies

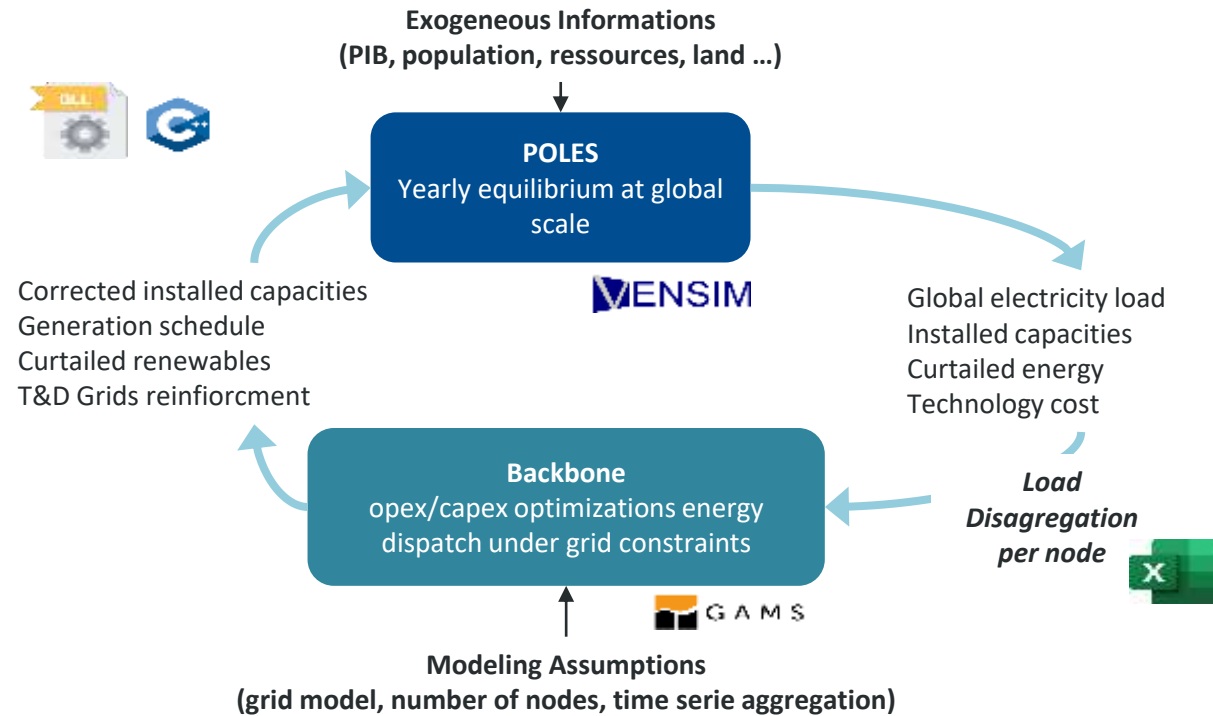
Profil typique (pas de temps 30 min) + marche aléatoire

Prospection

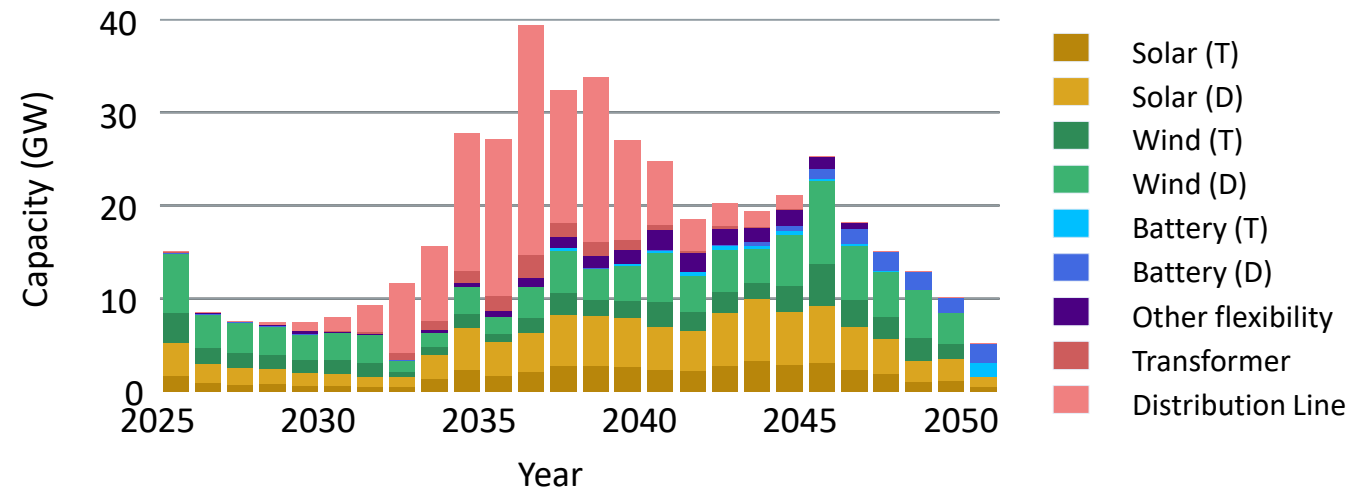
Scenarios FR-EU 2050

- **Objectives:** Consideration of distribution networks in prospective scenarios on a national and European scale.
- **Research:**
 - Integration of long-term models (macroeconomic and partial equilibrium) and short-term models (time series, load flow).
 - Fine geographic and temporal granularity.
 - Trade-off between model accuracy and computation time.
 - Integration of flexibilities and grid reinforcement in prospective scenarios.

Main partners



Investment type



AI and grids

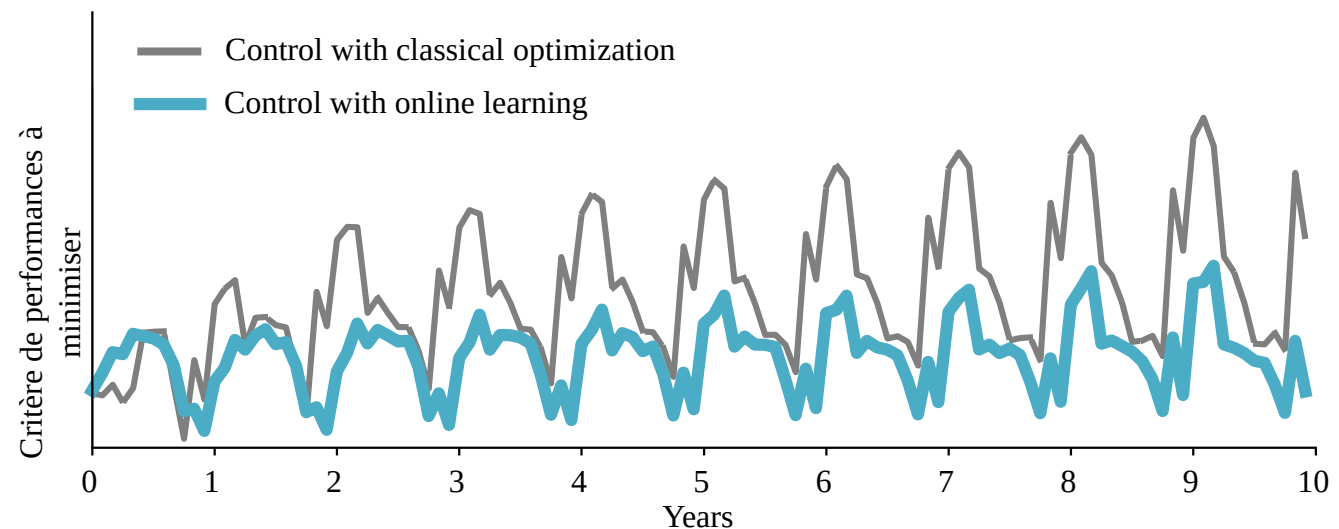
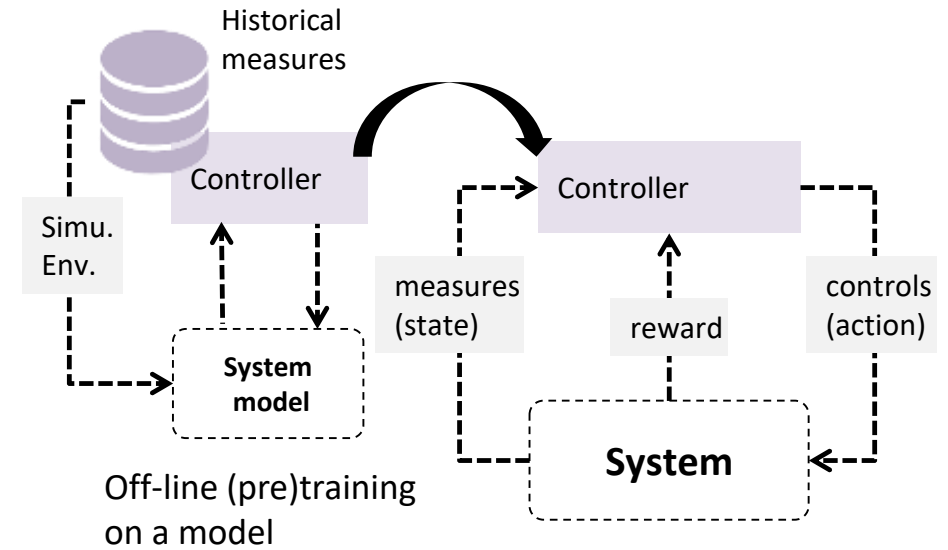
Artificial Intelligence Voltage Regulation

- **Objectives:** Study the benefits of artificial intelligence for the operation of distribution networks.
- **Research:**
 - Voltage regulation strategy under uncertainties - consumption/production prediction, line impedance.
 - Comparison of reinforcement learning (RL) methods with classical optimization approaches.
 - Offline training on an approximate system model and adaptation of an RL controller.

- **Main partners**



enedis



AI4DG

Artificial Intelligence for Distribution Grids

- **Objectives:** Management of a fleet of behind-the-meter batteries for self-consumption and grid services (backfeed power).
- **Research:**
 - Decentralized consumption/production prediction and optimization with arbitration between local (end-users) and global (distributor) objectives.
 - Deployment of the solution on a distribution network in Germany (4 residential batteries)

- **Main partners**

Worldgrid
an Eviden business

FH Bielefeld
University of
Applied Sciences

