

# Bienvenue à notre conférence

*Les enjeux de la digitalisation  
des réseaux énergétiques*

**vendredi 31 mars 2023**

Proches de vous,  
engagés pour un avenir durable.



**Diego Sanchez Gould**

Directeur Département  
Système d'information  
et Finances  
Yverdon Énergies



**Arnaud Leclerc**

Responsable commercial  
Suisse romande  
Landis+Gyr



**Prof. Mauro Carpita**

Directeur de l'Institut  
d'énergie et Systèmes  
électriques (IESE)  
HEIG-VD



**Prof. Mokhtar Bozorg**

Responsable IESE des  
activités Réseaux  
électriques  
HEIG-VD

*Efficacité énergétique, Smart  
Metering, tendances et conséquences  
sur le réseau, nouvelles solutions*

**Arnaud Leclerc**

Responsable commercial Suisse  
romande  
Landis+Gyr

Proches de vous,  
engagés pour un avenir durable.



# Comptoir Nord Vaudois – La digitalisation dans les énergies

Arnaud Leclerc



# Qu'est ce que l'efficacité énergétique ?

# Qu'est-ce que l'efficacité énergétique ?

L'atteinte du point d'équilibre entre l'énergie produite et l'énergie consommée par un système.

Un état de fonctionnement d'un système dans lequel la consommation d'énergie est minimisée pour un service rendu identique.



L'ancien modèle pyramidal



De nos jours, la recherche d'efficacité énergétique



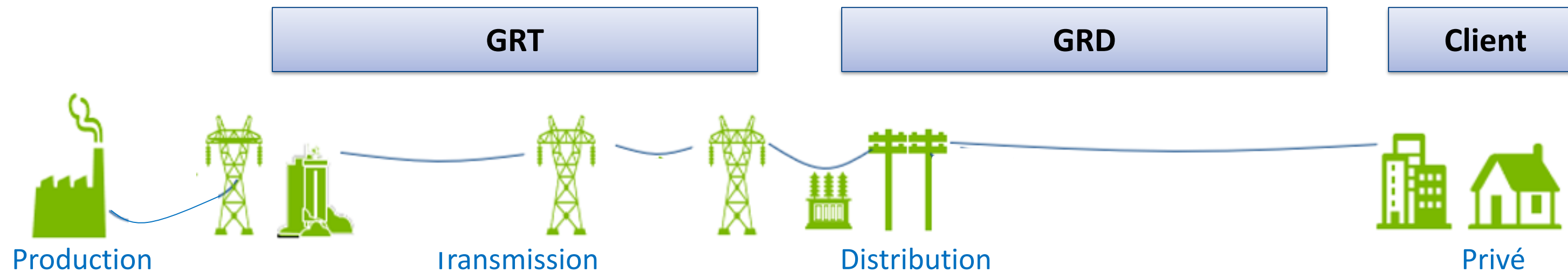
# Le Smart Metering

# Sondage





# A l'origine, le comptage pour la facturation



## Objectifs :

### Manuel :

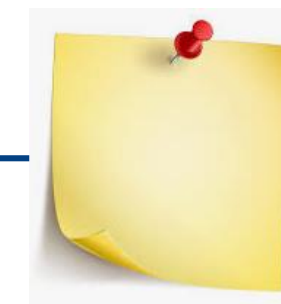
- Relève
- Facturation
- Ouverture/Fermeture
- Puissance souscrite

### Option / à distance :

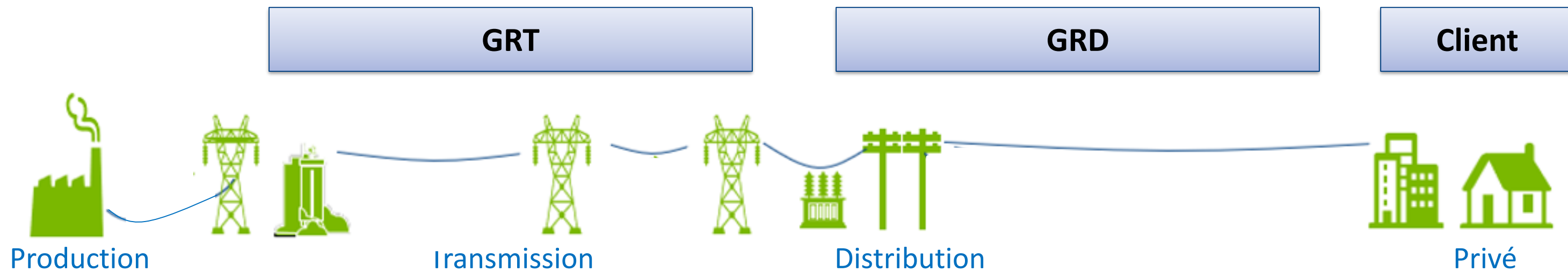
Gestion/ contrôle de tarifs  
(Horaire, TCC)

Fournisseur  
pour Facture

kWh  
CHF



# La relève à distance – les prémices du Smart Metering



## Objectifs :

A distance :

- Relève
- Facturation
- Ouverture/Fermeture
- Puissance souscrite
- Gestion/ contrôle de tarifs (Horaire, TCC)

Fournisseur  
pour Facture

kWh  
CHF



Cellulaire

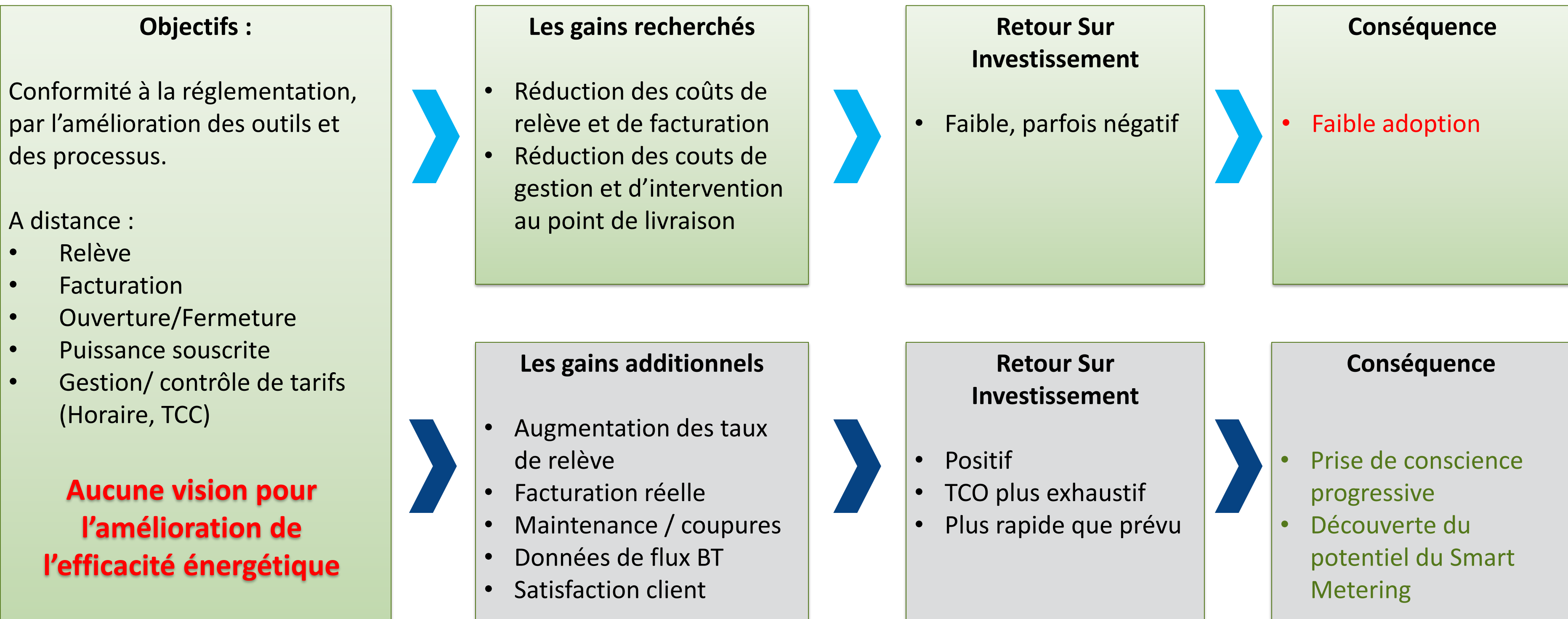


CPL





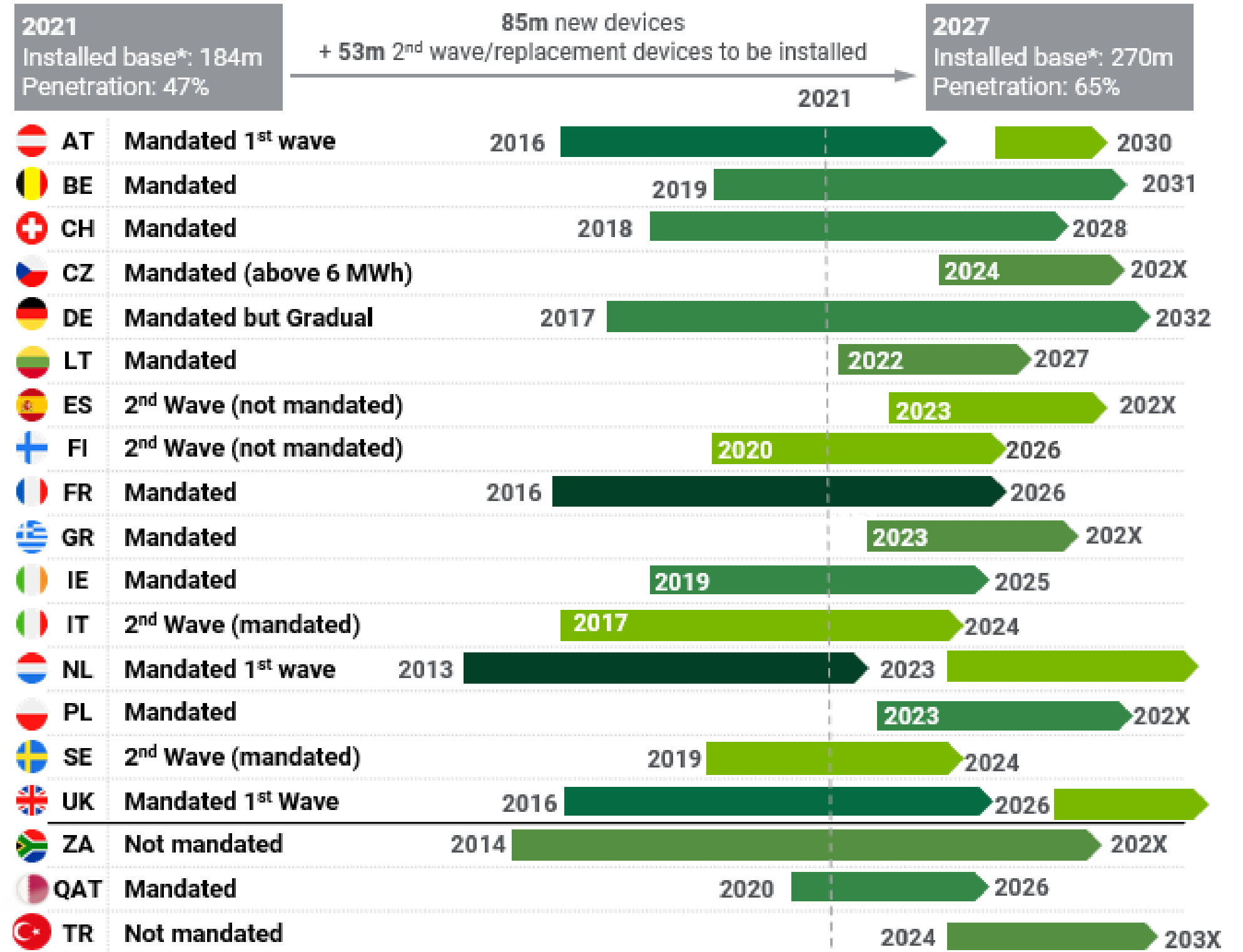
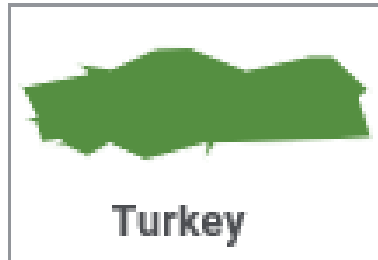
# Les leçons de la première generation Smart Metering



# Smart Metering : Situation en EMEA

## Electricity Smart Device Penetration (end of year 2021)

- >80%
- 50–80%
- 10–50%
- 0–10%
- 2<sup>nd</sup> wave rollout



\*Installed base include all countries of Europe, Middle East and South Africa.  
2027 Values computed, interpolating 2021 and 2030 values from Frost & Sullivan (2022)

Sources: Frost & Sullivan (2022), Landis+Gyr Intelligence

# Les tendances du secteur de l'énergie et leurs conséquences



# Les tendances du secteur de l'énergie



DECARBONISATION – Les engagements globaux pour combattre le changement de climat et réduire les émissions poussent les Renouvelables



TRANSITION ENERGETIQUE – L'augmentation des Ressources d'Energie Décentralisées demande plus d'intelligence «at the Edge»



GEOPOLITIQUE – La crise de l'énergie et l'augmentation des prix incitent à améliorer l'efficacité énergétique



LE CLIENT DECIDE – Le client est demandeur d'information, ce qui nécessite de nouvelles technologies



ELECTRIFICATION – L'augmentation de la demande pousse à mieux répartir la demande, et mieux gérer les réseaux



DIGITALISATION – Le besoin de solutions d'efficacité pousse au déploiement des « Data Analytics », « Flexibility », et « Artificial Intelligence »



NOUVELLES MENACES – L'expansion des solutions centralisées et décentralisées implique la prise en compte de risques de Cybersécurité

# L'évolution des réseaux face à ces tendances

## Facteurs d'influence

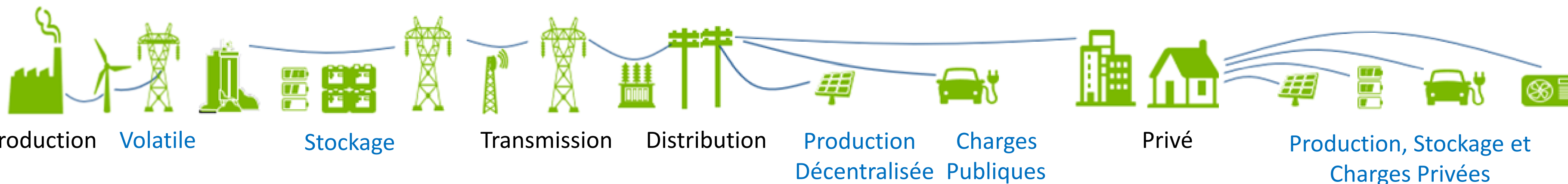
Catastrophes naturelles

Décarbonisation, Energies renouvelables

Electrification, augmentation de la demande

Géopolitique  
Prix de l'énergie

Attentes des Clients



## Conséquences

Production moins prédictible, pénurie

Vieillessement et complexification du réseau

Déséquilibres, Congestions, Coupures

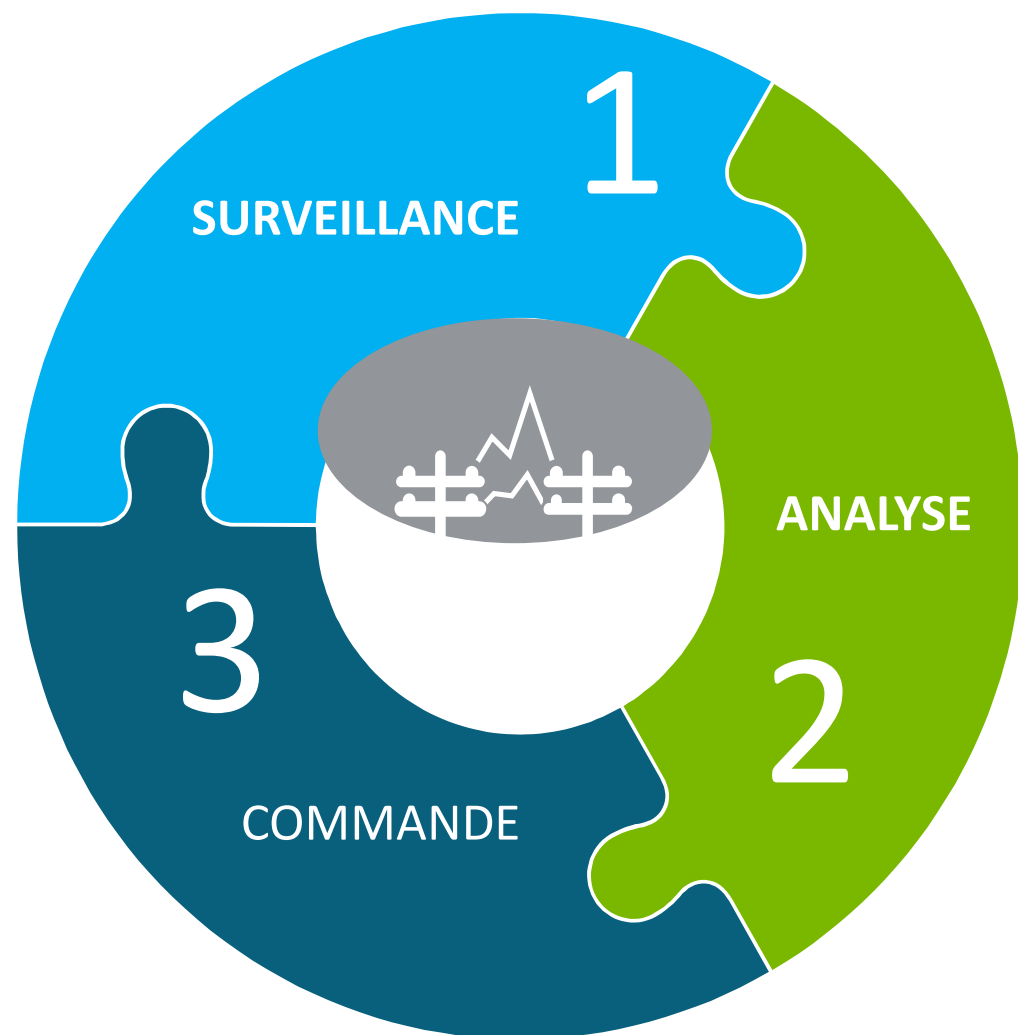
Variations de Consommation, Surcharges

Impact sur la Qualité de la fourniture

# Contribution des solutions Smart pour l'Efficacité Energétique



# Les piliers de l'amélioration de l'efficacité énergétique



1

## SURVEILLANCE

- Obtenir des données du réseau plus efficacement
- Améliorer les temps de réponse aux problèmes réseau
- Eviter des problèmes répétitifs en les identifiant et les localisant

2

## ANALYSE

- Identifier les problèmes de qualité et les instabilités de tension
- Assurer la conformité à la norme EN50160
- Analyser le fonctionnement et le vieillissement des transformateurs

3

## COMMANDE

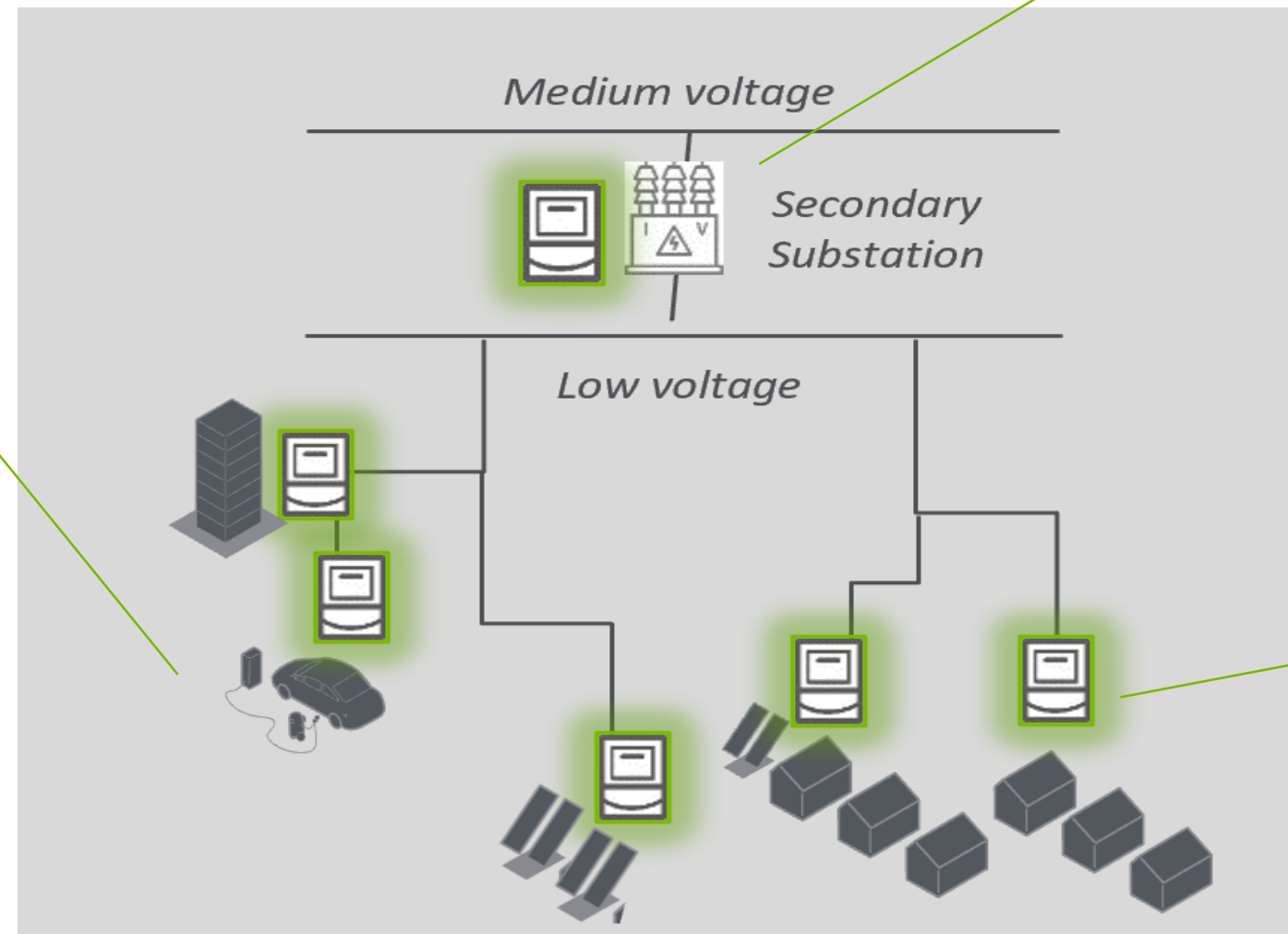
- Étendre la couverture DMS/SCADA aux sous-stations MT/BT
- Ajouter de l' « edge intelligence » pour exécuter localement des applications qui stabilisent le réseau
- Télécontrôler des sources et des charges pour éviter les congestions

## **SURVEILLANCE :**

Visibilité sur le système de distribution basse tension



Les nouvelles sources et charges sur le réseau peuvent aussi délivrer de précieuses informations pour comprendre en **anticiper les congestions ou les perturbations** générées sur le réseau



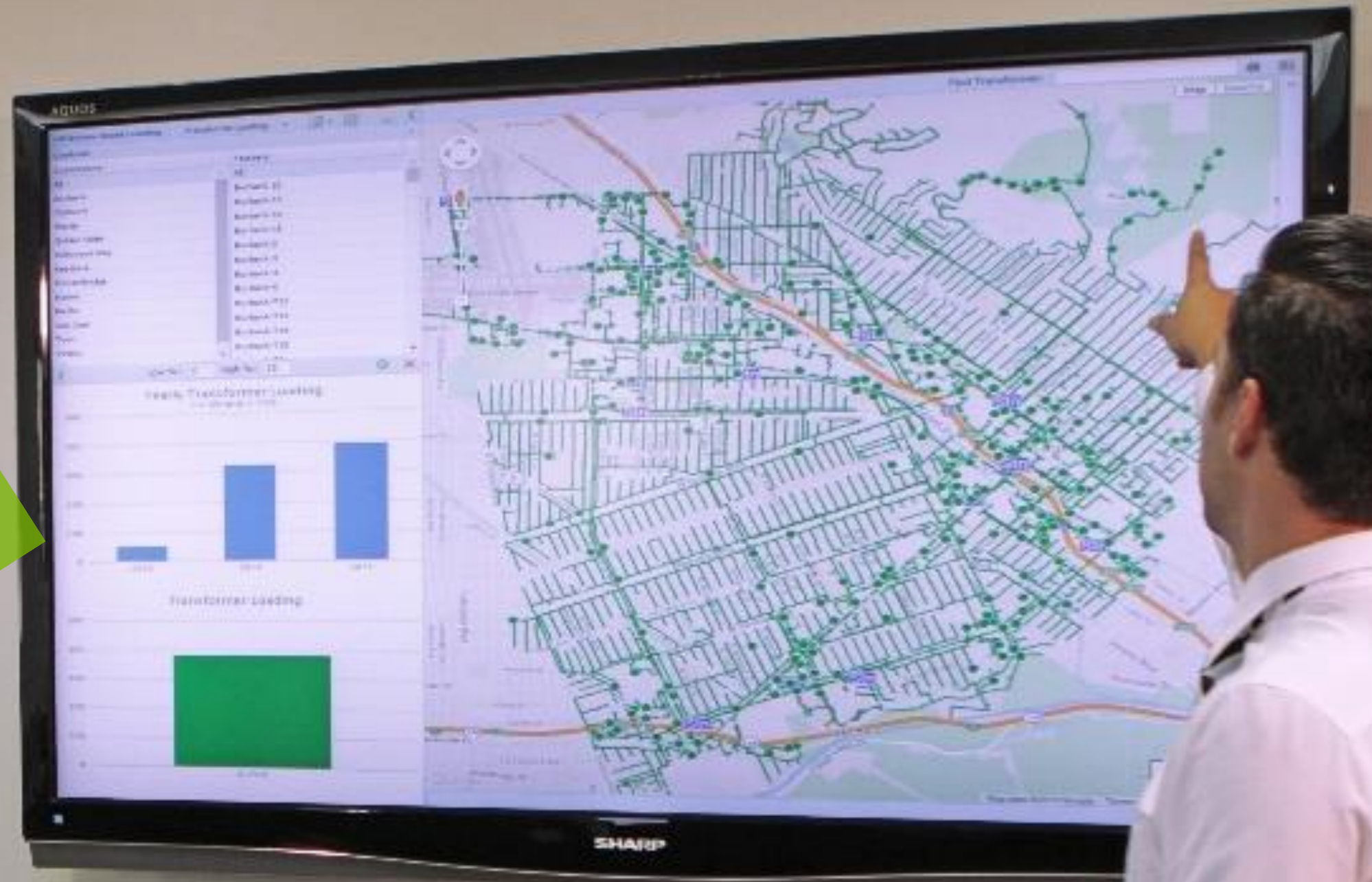
Les stations **MT/BT** sont une source de données d'intelligence locale sur le réseau basse tension, et peuvent combiner de nombreuses fonctions pour une **utilisation plus efficace du réseau**

Les nouvelles générations de compteurs sont des **capteurs de données du réseau**, qui délivrent des informations importantes sur **la qualité de service, les coupures, les fusibles HS, les pertes techniques ...**

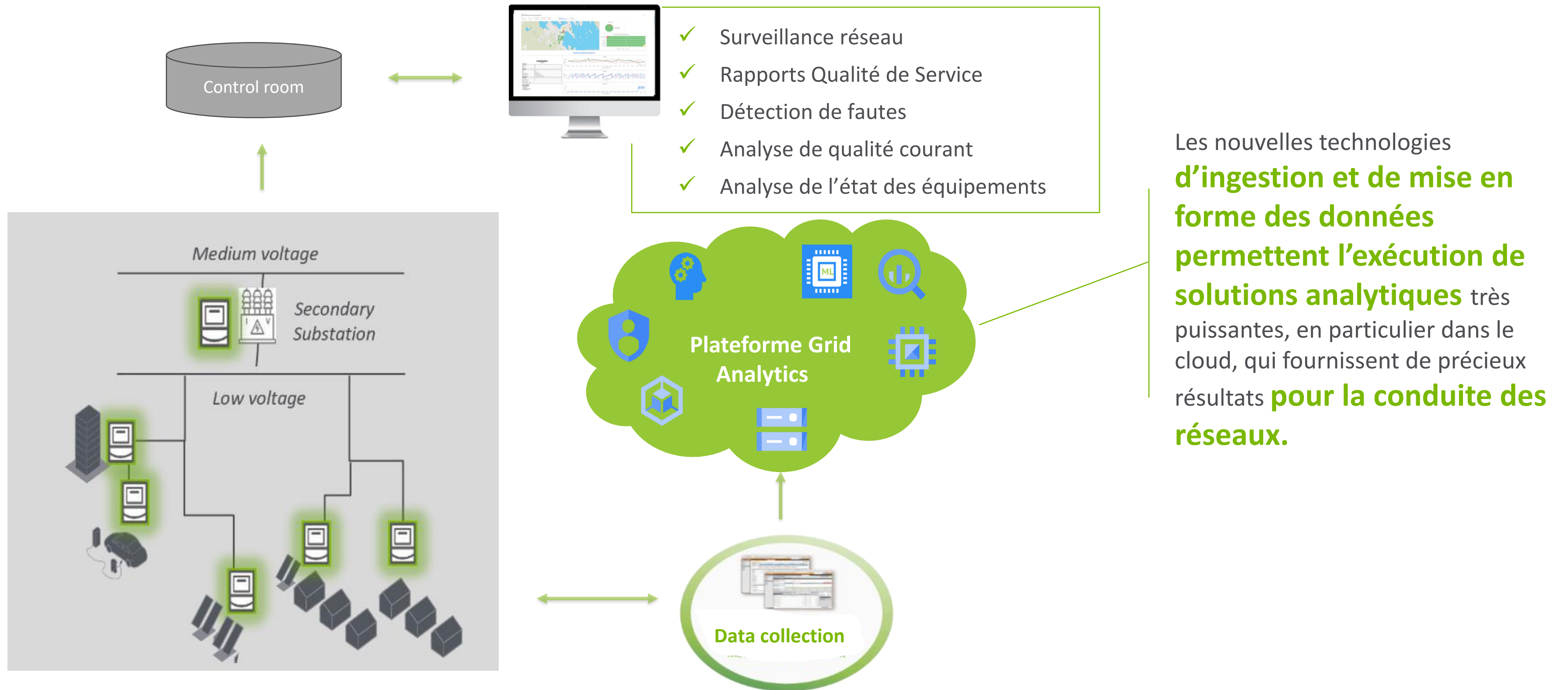


# ANALYSE:

## Plateforme Grid Analytics







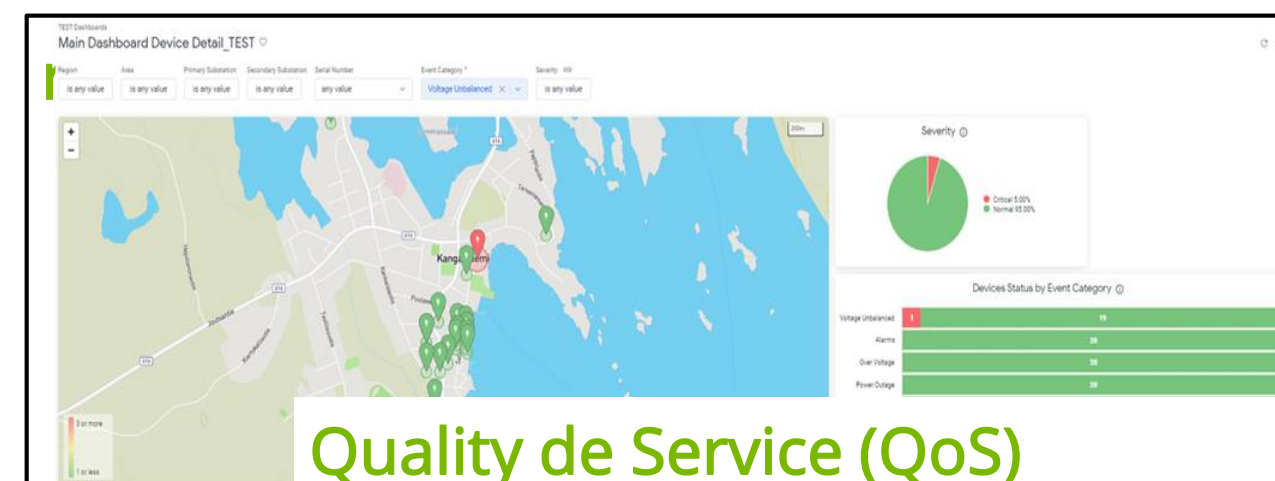
# Exemples de services d'Analyse

## Tableau de bord : visualisation et état du réseau



Une vision globale du réseau qui permet de comprendre et de suivre des anomalies et leur résolution aisément.

## Tableau de bord : visualisation et état du



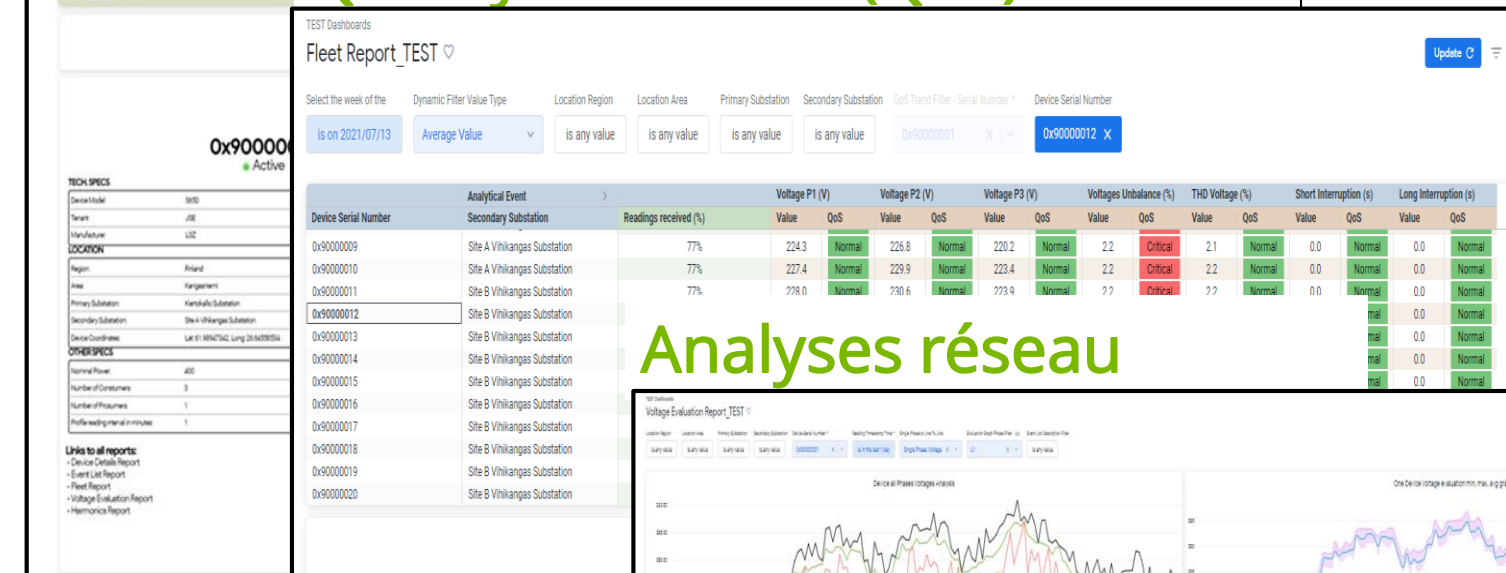
## Quality of Service (QoS)

Vérification de la conformité du réseau aux normes telles que EN50160, avec éditions des rapports réglementaires.



Détection de l'évolution de paramètres de qualité qui permettent de résoudre les problèmes qui évoluent lentement.

## Quality de Service (QoS)

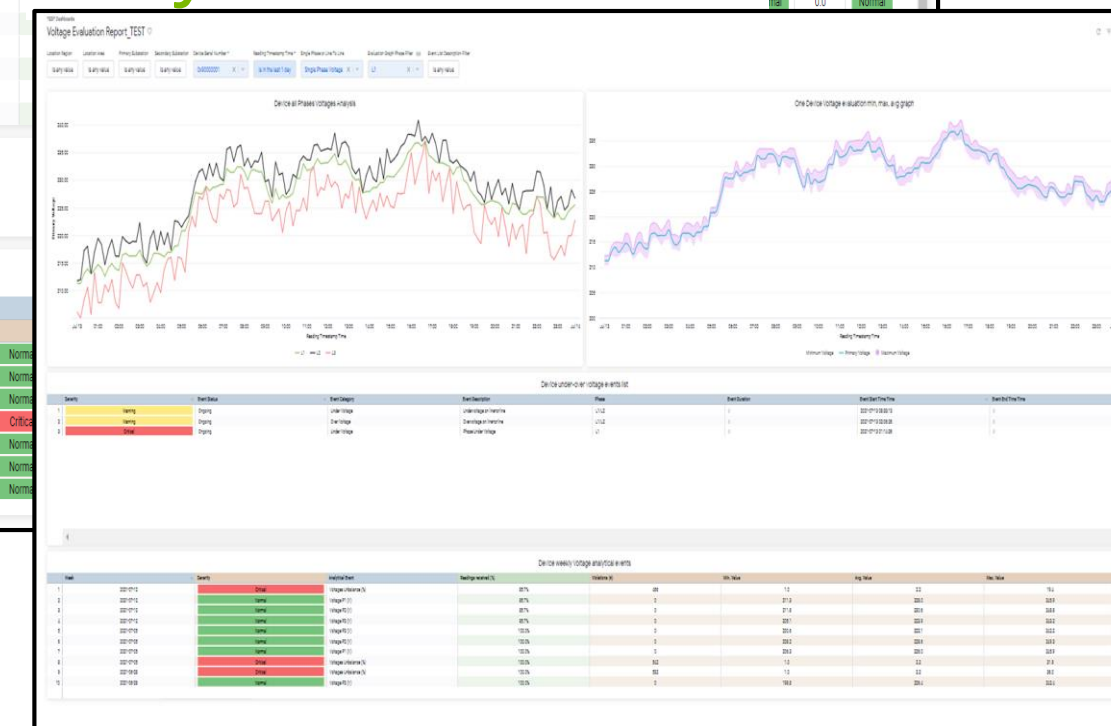


## Analyses réseau

## Analyses réseau



Analyse détaillée de la stabilité de la tension, des distorsions harmoniques pour trouver la cause des perturbations et analyser les défauts sur le réseau basse tension





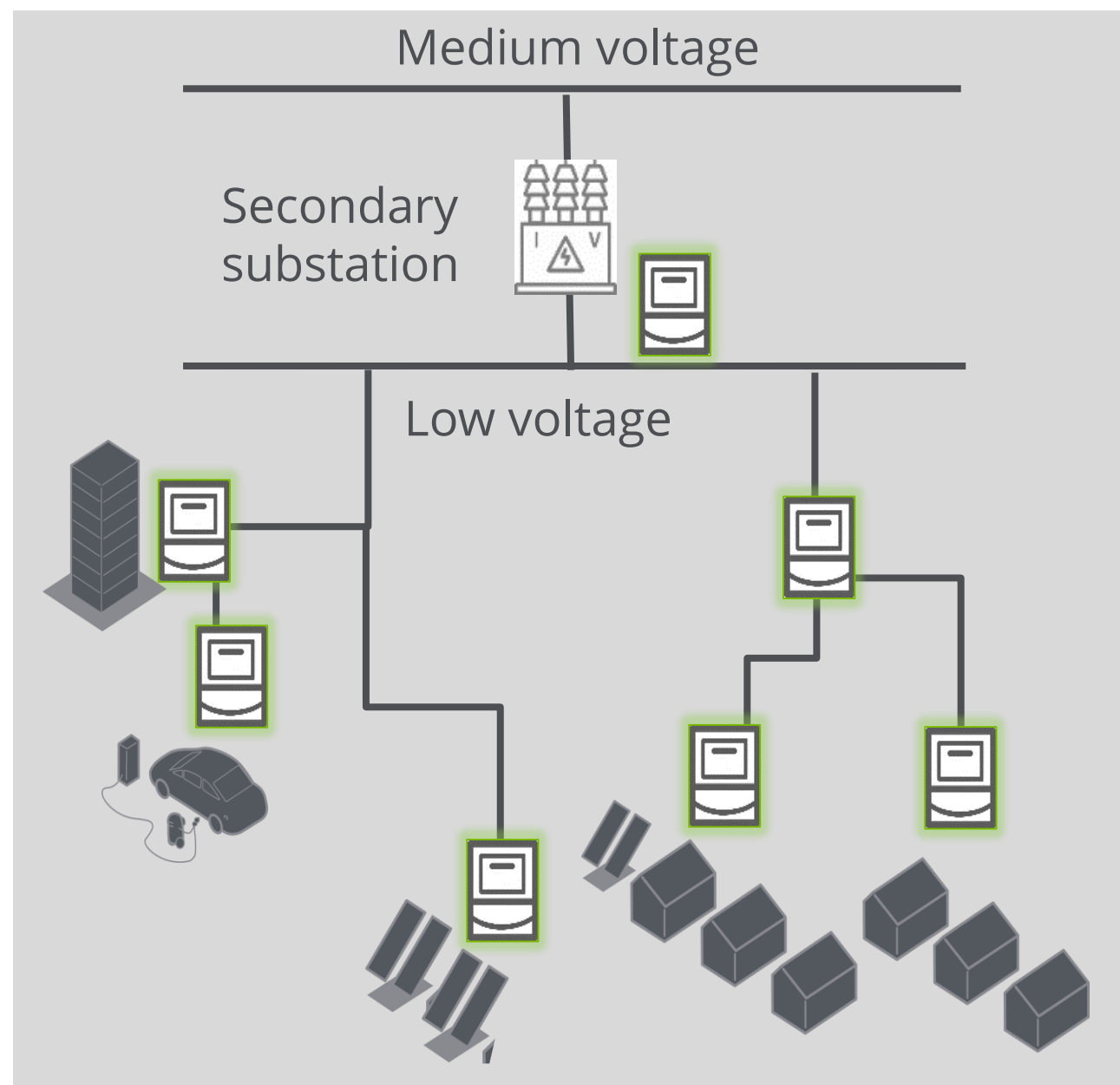
# COMMANDE :

Gestion de la flexibilité



A partir des données analysées, il est possible de contrôler des sources et des charges pour stabiliser le réseau :

- Sans mettre en péril la sécurité de livraison
- En utilisant au maximum l'infrastructure existante
- Avec un minimum de perte de confort d'utilisation pour les clients (délestage plutôt que coupure)



**Système central (GridFlex Control)** pour

- Regrouper les charges de flexibilité
- Contrôler ces charges

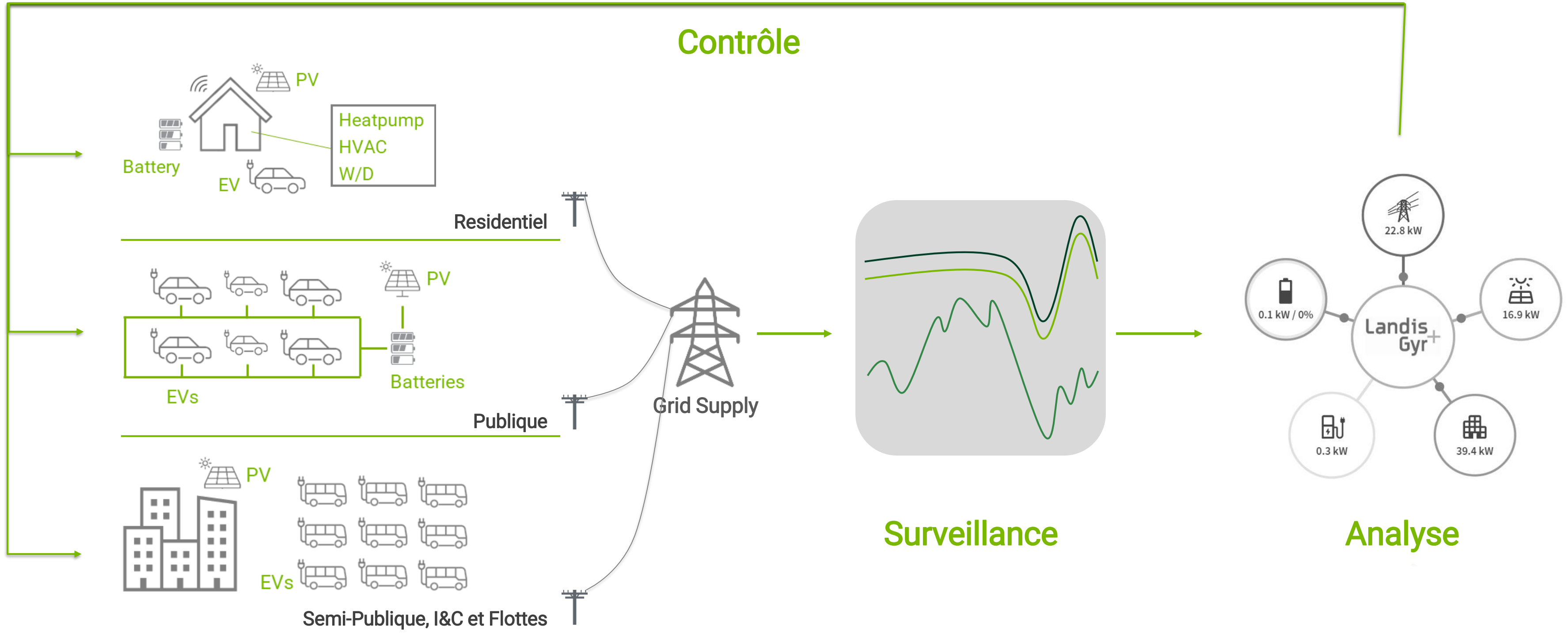
**Station secondaire (Grid Edge Connect)** pour

- Lisser les pointes
- Gérer les congestions des transformateurs

**Applications décentralisées (DER Management)** pour

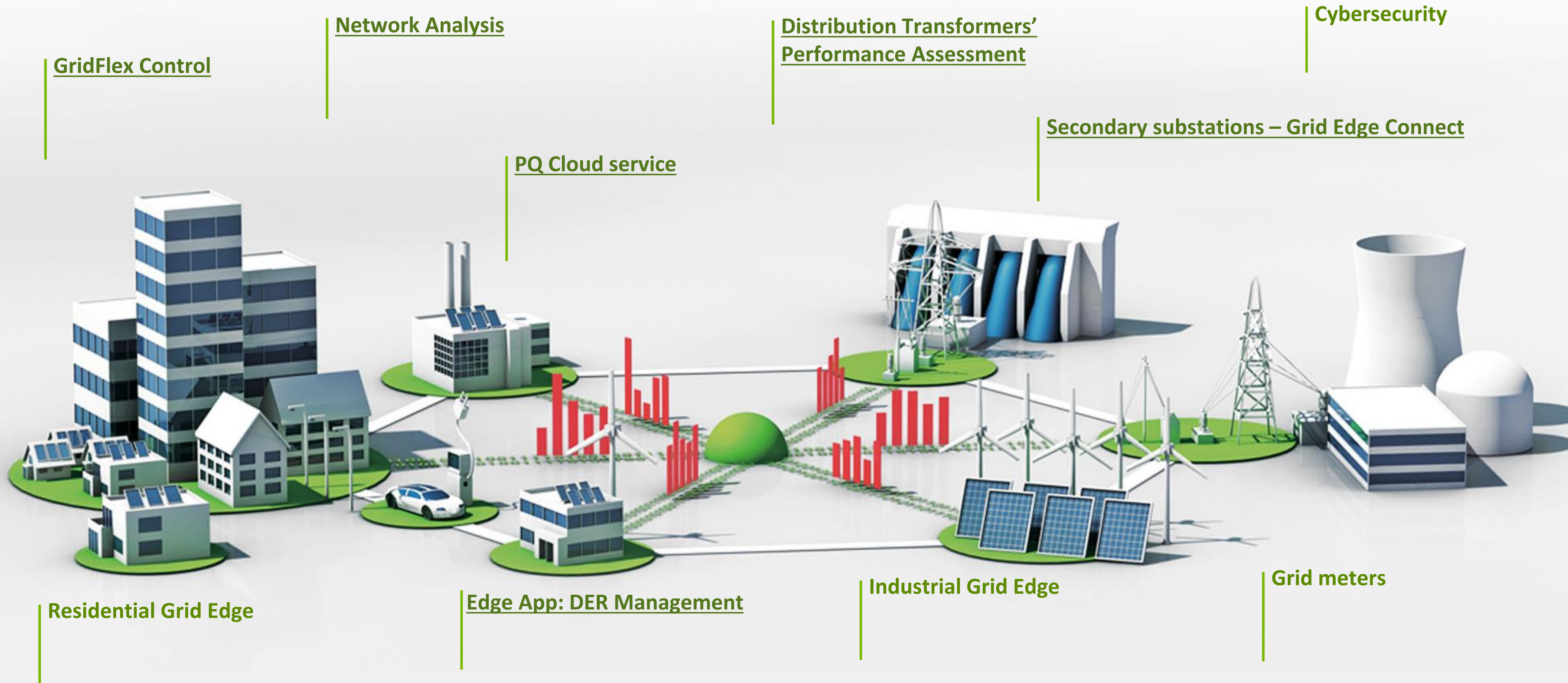
- Stabiliser la tension
- Gérer la capacité au point de connexion
- Gérer l'énergie d'un client final

# En résumé, la flexibilité est une orchestration du réseau





# L'efficacité énergétique est une approche globale







Merci

Maîtrisons mieux l'Énergie

**Ensemble**



*Stratégie de recherche de l'IESE pour la transition énergétique :  
digitalisation et électronique de puissance au service des réseaux  
électriques*

**Prof. Mauro Carpita**

Directeur Institut IESE à l'HEIG-VD

**Prof. Mokhtar Bozorg**

Responsable IESE des activités Réseaux électriques HEIG-VD



# Strategie de recherche de l'HEIG-VD/IESE pour la transition énergétique

Comptoir du Nord Vaudois

31 mars 2023

Mokhtar Bozorg (IESE)

Mauro Carpita (IESE)

**HE<sup>VD</sup>  
IG**





## Table de matière

- Présentation de l'Institut IESE
- Défis de la transition énergétique et principaux problématiques du réseau de distribution
- Digitalisation du réseau électrique
- Applications de l'électronique de Puissance
- Formation génie électrique de la HEIG-VD



<https://www.regie-energis.com/energies-vertes/>



Projet TwinDiGrid



<https://www.rohm.com/products/sic-power-devices>





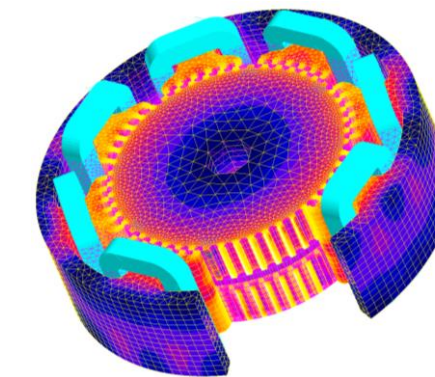
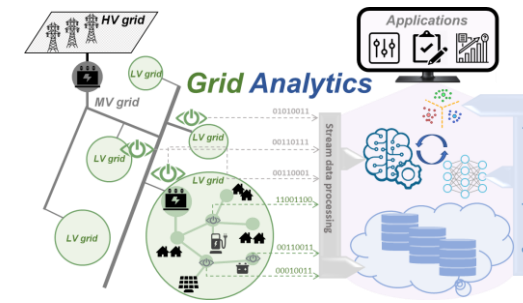
# IESE : Institut d'Énergie et de Systèmes Électriques de l'HEIG-VD

L'Institut offre des compétences dans les domaines de l'énergie électrique au sens large du terme et s'intéresse aux  **systèmes énergétiques**  ayant une composante électrique.

7 professeurs, 20 collaborateurs

Axes de recherche

- ✓ Production, transport, distribution, stockage et gestion de l'énergie électrique ; Convergence des réseaux
- ✓ Machines électriques et entraînements réglés
- ✓ Electronique de Puissance
- ✓ Systèmes électromécaniques et Mécatronique
- ✓ Simulations de systèmes électromagnétiques, efficacité énergétique et applications de la physique





# IESE : Institut d'Énergie et de Systèmes Électriques de l'HEIG-VD

- Laboratoires avancés
  - Laboratoire de **Haute tension**
  - Laboratoire d'**énergies renouvelables**,
  - Laboratoire d'**électronique de Puissance**
  - Laboratoire de **mécatronique**
  - Laboratoire des **Machines électriques**
  - Laboratoire de **Réseaux Intelligents, Relne**
- **Formations continues**, tel que les cours sur
  - **l'optimisation des entraînements réglés** ou sur les
  - **mutations énergétiques.**



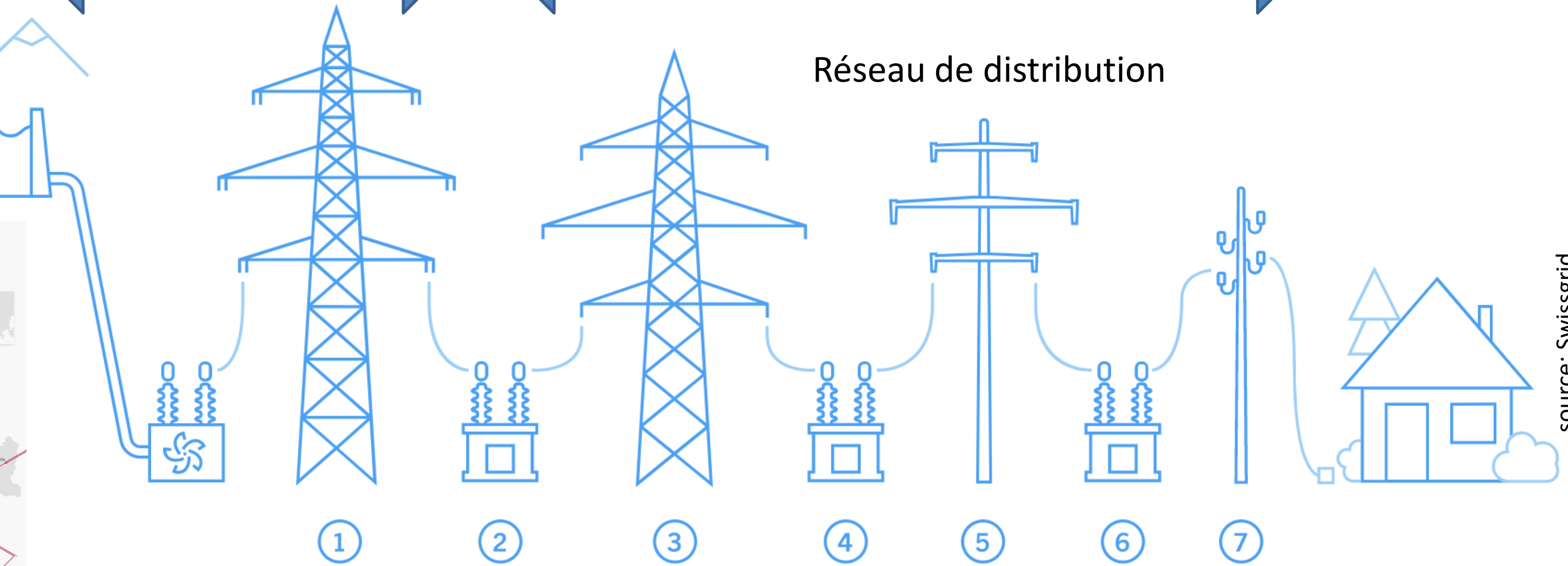
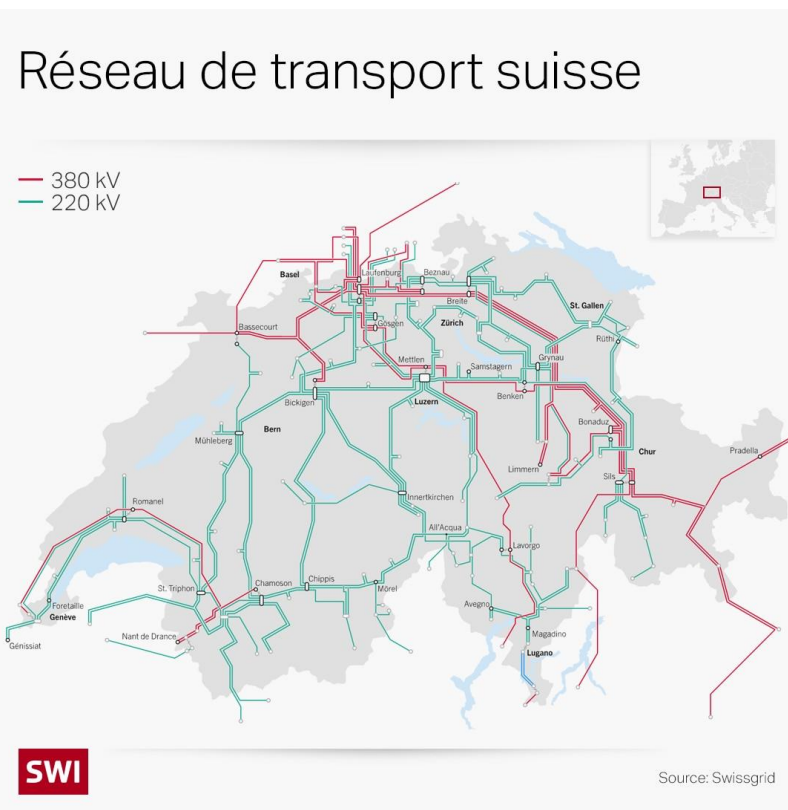
Laboratoire de Haute tension

# Principe de gestion du réseau

Réseau du transport

Réseau de distribution

Réseau de distribution



①  
très haute tension  
de 380 kV ou 220 kV  
vers le réseau de  
transport

②  
haute tension  
de 36 kV à 150 kV.

③  
moyenne  
tension  
de 1 kV à 36 kV

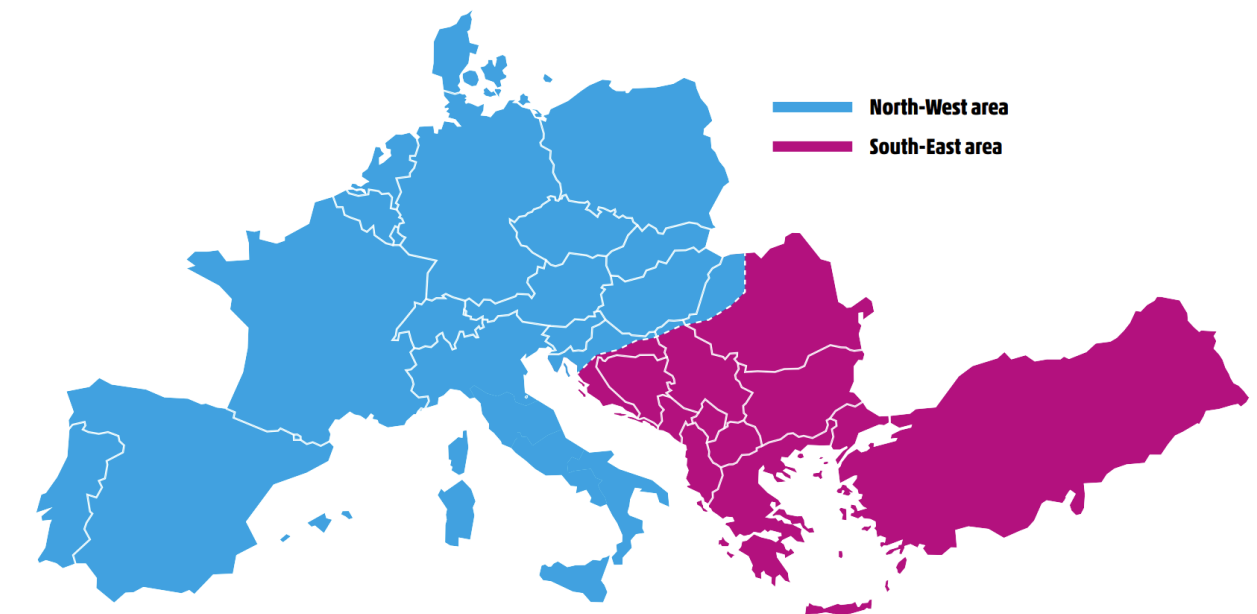
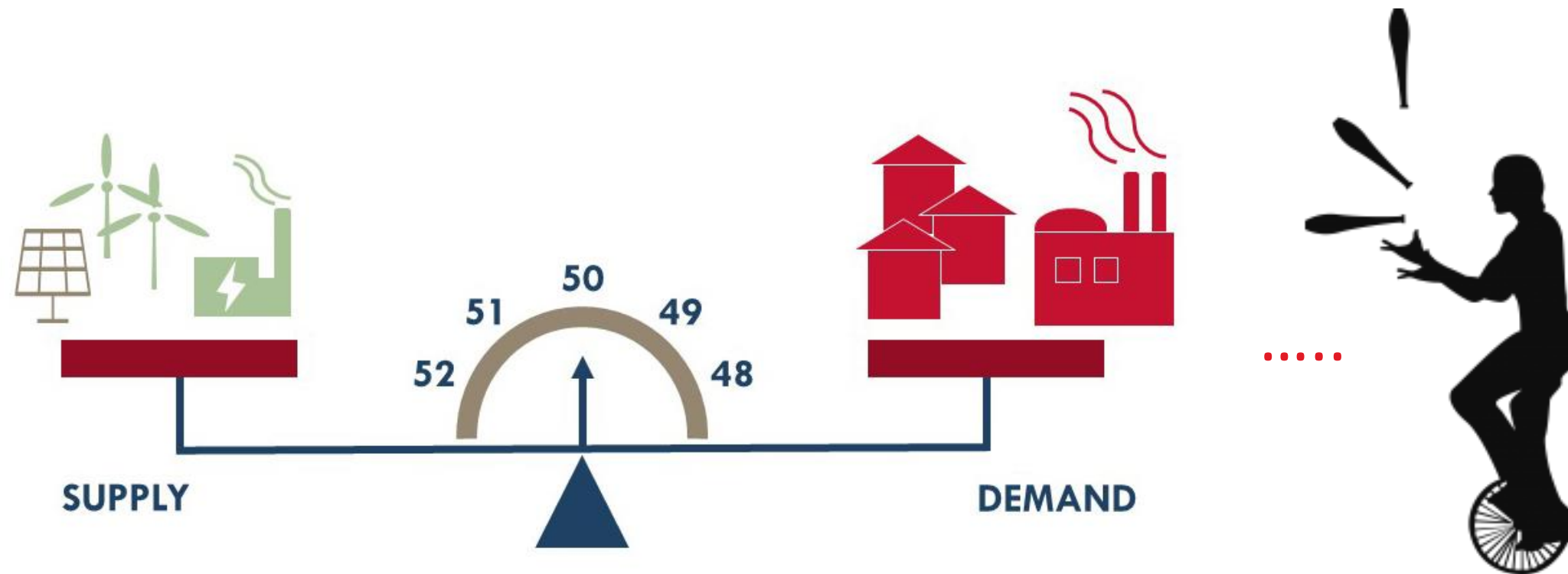
④  
basse tension  
inférieur à 1 kV

## Black-out

Contrairement à la **pénurie** d'électricité, en cas de black-out, il y a généralement suffisamment d'énergie pour répondre à la demande. Mais un enchaînement de circonstances malencontreuses fait que l'énergie ne peut plus être transportée de la centrale jusqu'aux consommateurs et consommatrices.

# Principe de gestion du réseau

## Gestion de la puissance active / de la fréquence



Accident d'Erstinovo (Croatie) – 08.01.2021  
Séparation dans deux zones synchrones différentes

source: Entso-E

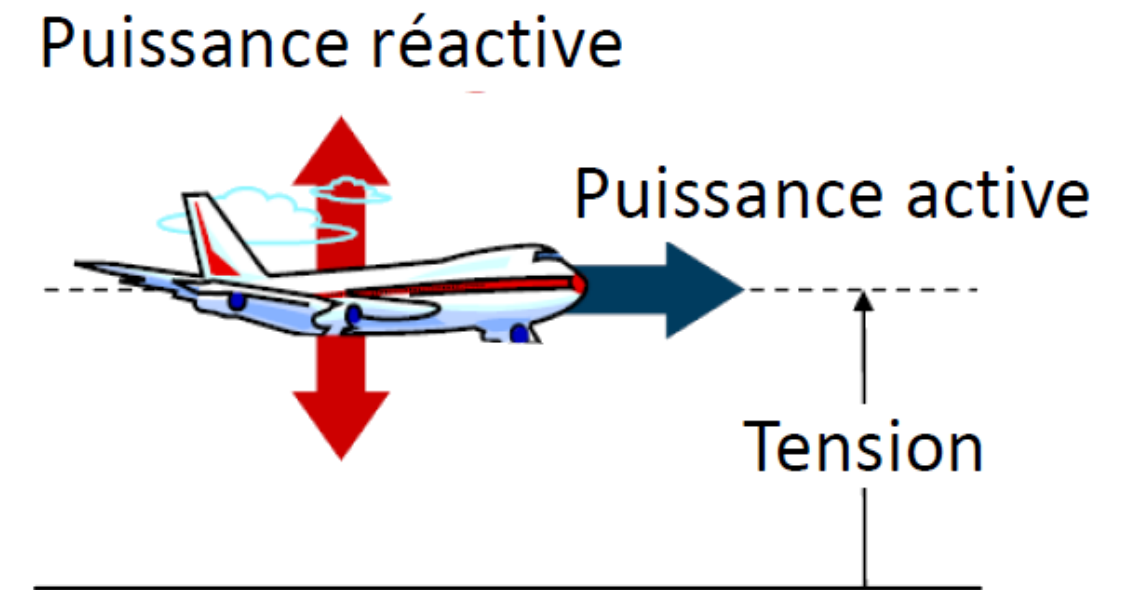
- Le réseau doit être en **équilibre** (tout le réseau, pas seulement le réseau de distribution !).
- Lors d'une différence importante entre **génération** et **consommations**, la **fréquence varie**,
- => intervention des **protections**.



# Principe de gestion du réseau

## Gestion de la puissance réactive / réglage de tension

- Réactive : générée / absorbée, mais pas utilisée
- Permet de régler la tension du réseau dans ses limites autorisées.
  - Charge du réseau élevée (mois d'hiver) => la tension a tendance à chuter => générer plus de puissance réactive
  - Charge du réseau est faible (mois d'été)=> la tension a tendance à augmenter => absorber ou extraire plus de puissance réactive
- La puissance réactive réduit la capacité de transfert de la puissance active dans les lignes
- Les centrales électriques peuvent utiliser leurs générateurs pour contrôler du réactif
- Certains réseaux de distribution peuvent contrôler leur échange d'énergie réactive.



# Défis de la Transition Energétique

L'industrie de l'électricité et de l'énergie rencontra à une transition massive entraînée par la confluence de trois tendances principales:

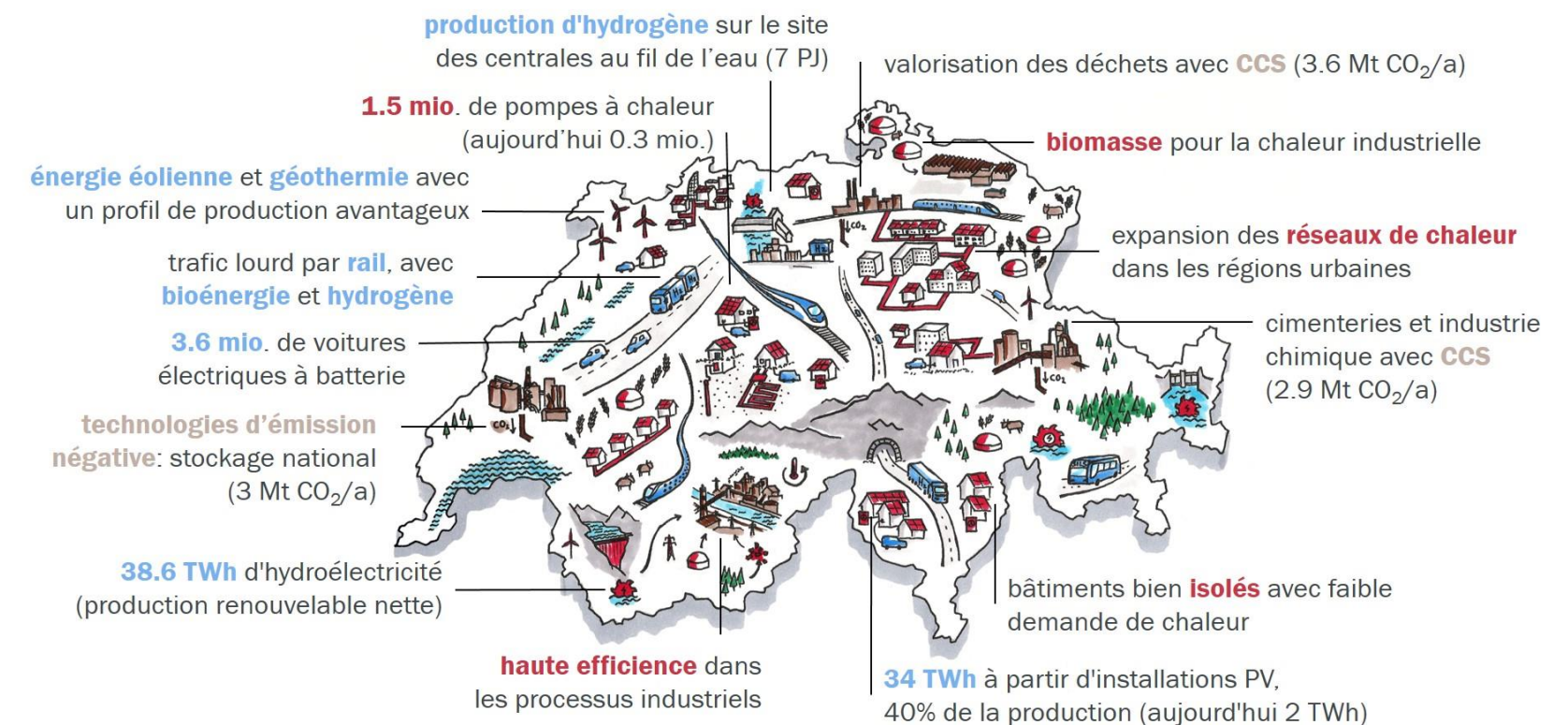
- **Décentralisation**
- **Décarbonisation**
- **Émergence des nouvelles technologies**

À ces défis, il s'ajoute la plus récente

- **Problématique d'approvisionnement énergétique**

Office fédéral de l'énergie OFEN

## Objectif d'une Suisse neutre pour le climat en 2050



Grafik: Dina Tschumi; Prognos AG



# Défis de la Transition Energétique

## Perspectives énergétiques 2050+ (Suisse)

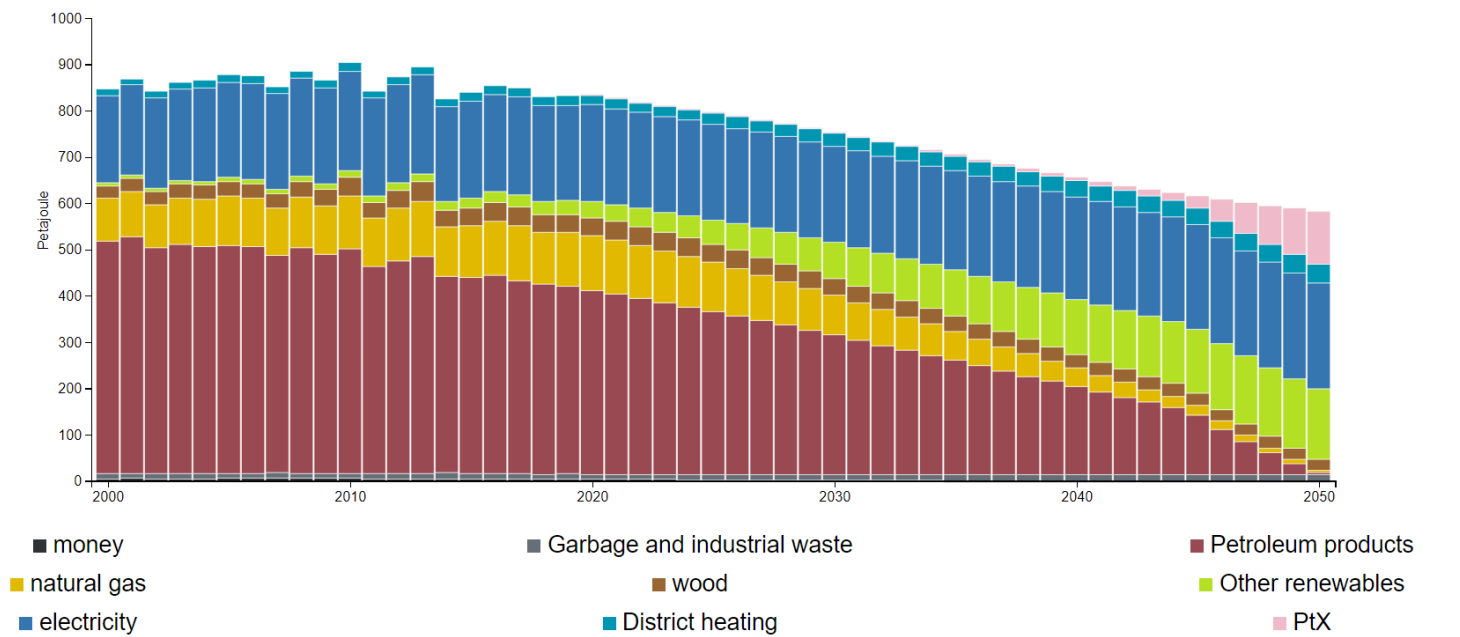
### Electrification des secteurs consommateurs d'énergie

- Bâtiments: Pompe à chaleur
- Transport: Véhicule électrique

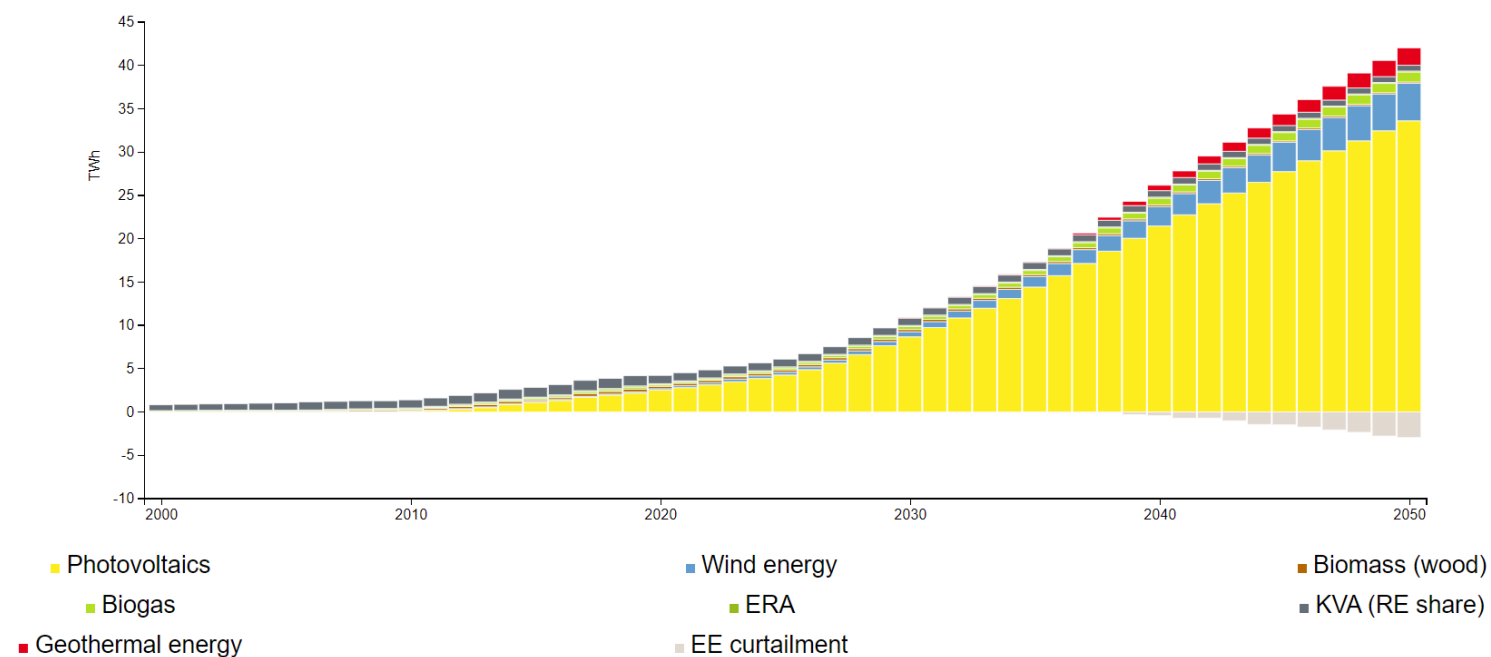
### Production d'énergie électrique renouvelable

- Photovoltaïque distribué

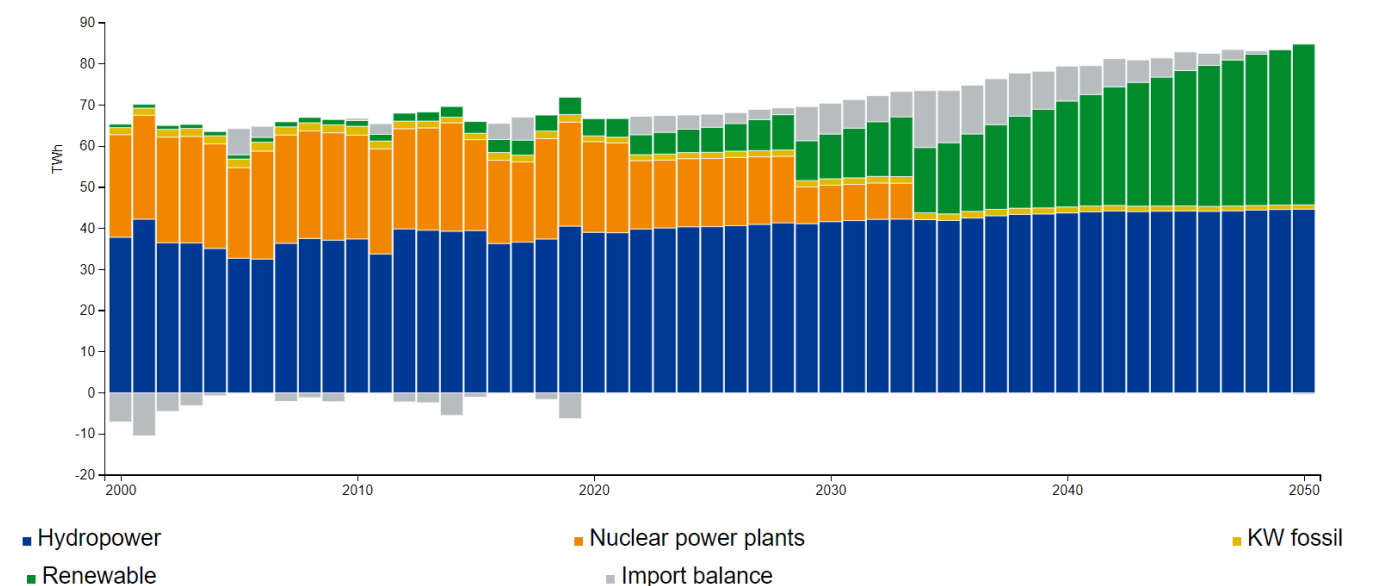
Development of final energy consumption by energy  
 source, domestic consumption with / without consumption of international air traffic in PJ



Electricity generation from new renewable energies  
 Development of the annual electricity generation from new renewable energies according to technology, in TWh



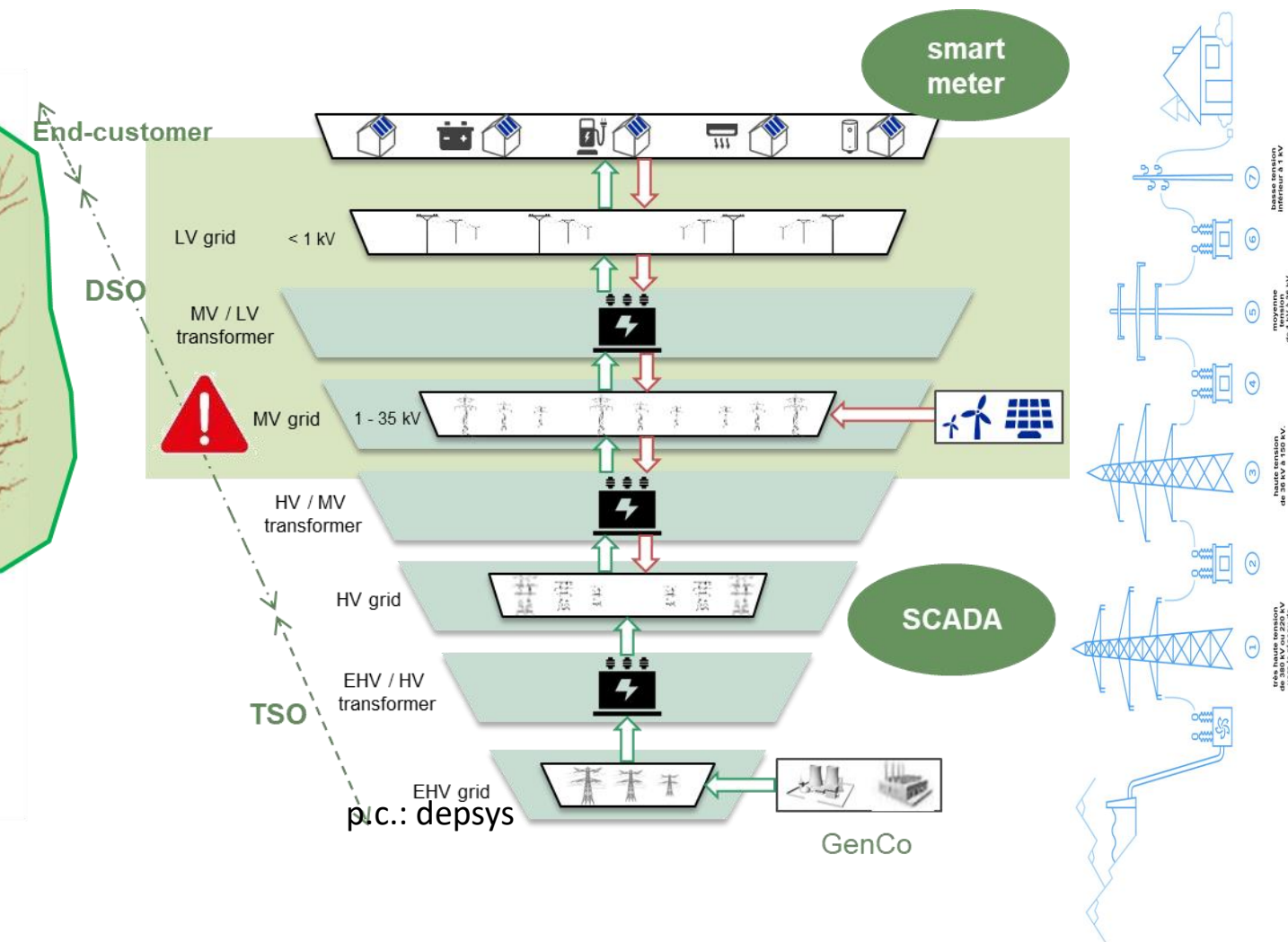
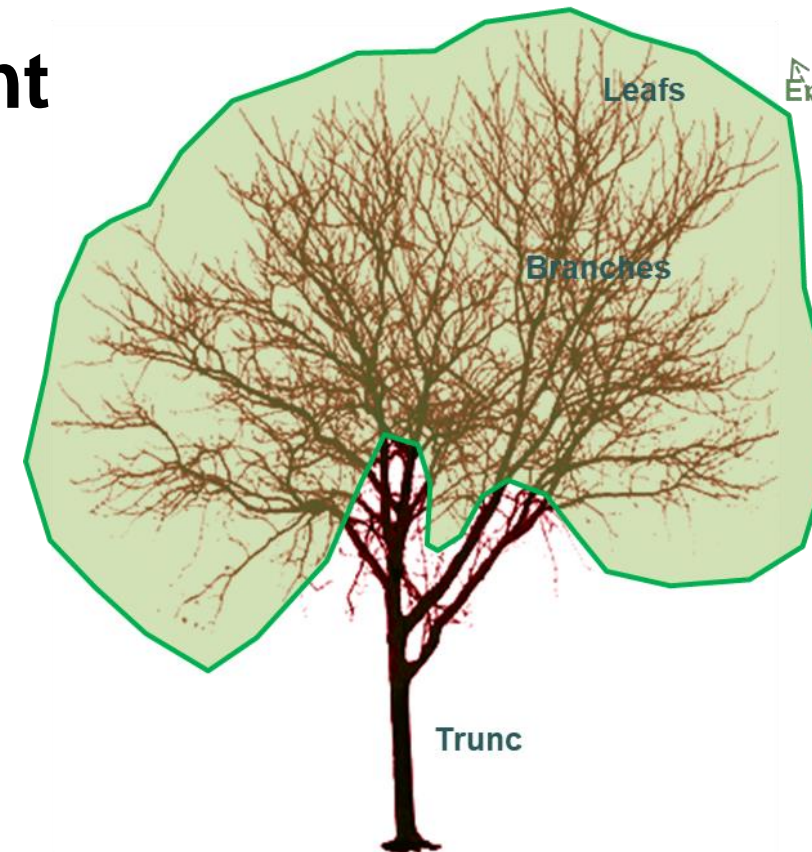
Electricity generation according to technology  
 Development of the annual electricity generation according to technology, in TWh



# Défis de la transition énergétique pour réseau électrique

## Au niveau de distribution:

- **Consommateur devient partiellement producteur**
  - Flux bidirectionnel d'énergie
- **Variabilité et nature volatile des sources d'énergie renouvelable**
  - Difficulté de prédiction et control des sources renouvelables
  - Incertitude de profile de consommation
- **Complexités et dimensions**
  - Grand nombre de composants, de lignes et de nœuds

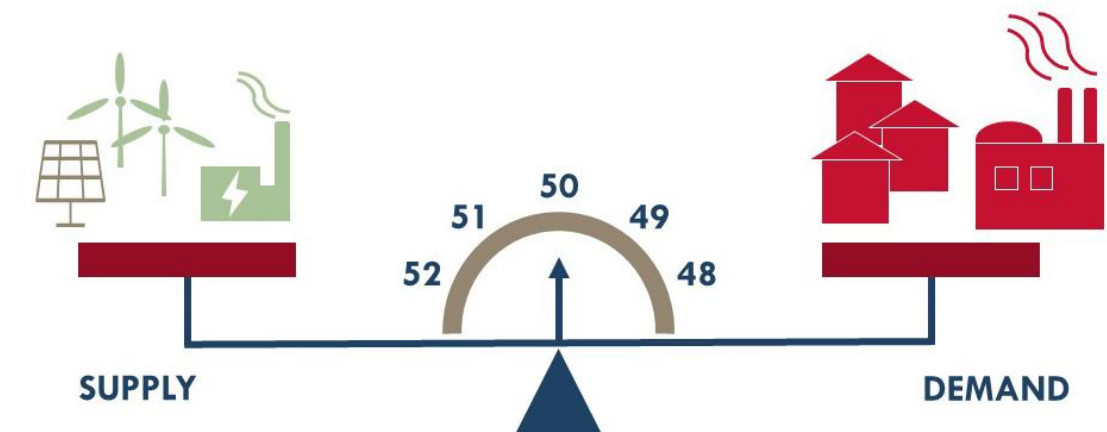


Solution: Amélioration de l'observabilité et de contrôlabilité du réseau



## Augmentation des onduleurs (Convertisseurs)

- Toutes les sources renouvelables nécessitent une certaine forme de **conditionnement de puissance** (DC/DC, DC/AC, AC/AC avec contrôle de fréquence, etc.), nécessitant l'utilisation obligatoire de convertisseurs de puissance appropriés
- L'augmentation de l'utilisation du convertisseur de puissance est bénéfique, mais crée également de **nouveaux défis** pour les gestionnaires de réseau, tels que des problèmes de :
  - Stabilité de la tension
  - Qualité de l'alimentation et pollution harmonique
  - La gestion des pannes
  - Problèmes de stabilité de fréquence



**Inertie**  
H = masse tournante des  
génératrices synchrones  
conventionnelles

$$H \frac{df}{dt} = P_{Production} - P_{Consomation}$$

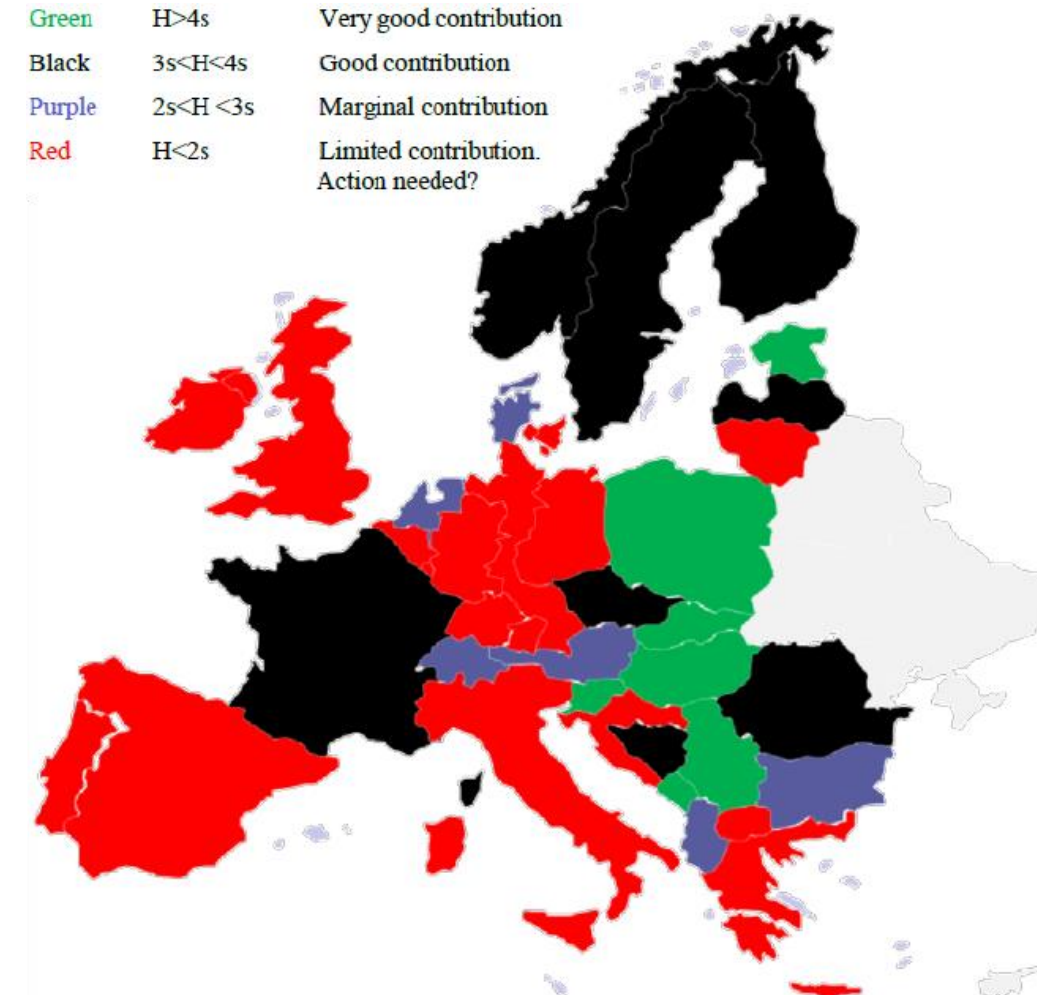
# Défis de la transition énergétique pour réseau électrique

## Augmentation des onduleur

### • Stabilité de fréquence

- Diminution de l'inertie totale du système
- Répartition inhomogène de l'inertie (en cas de séparation du réseau)
- Insuffisance de puissance active après un défaut

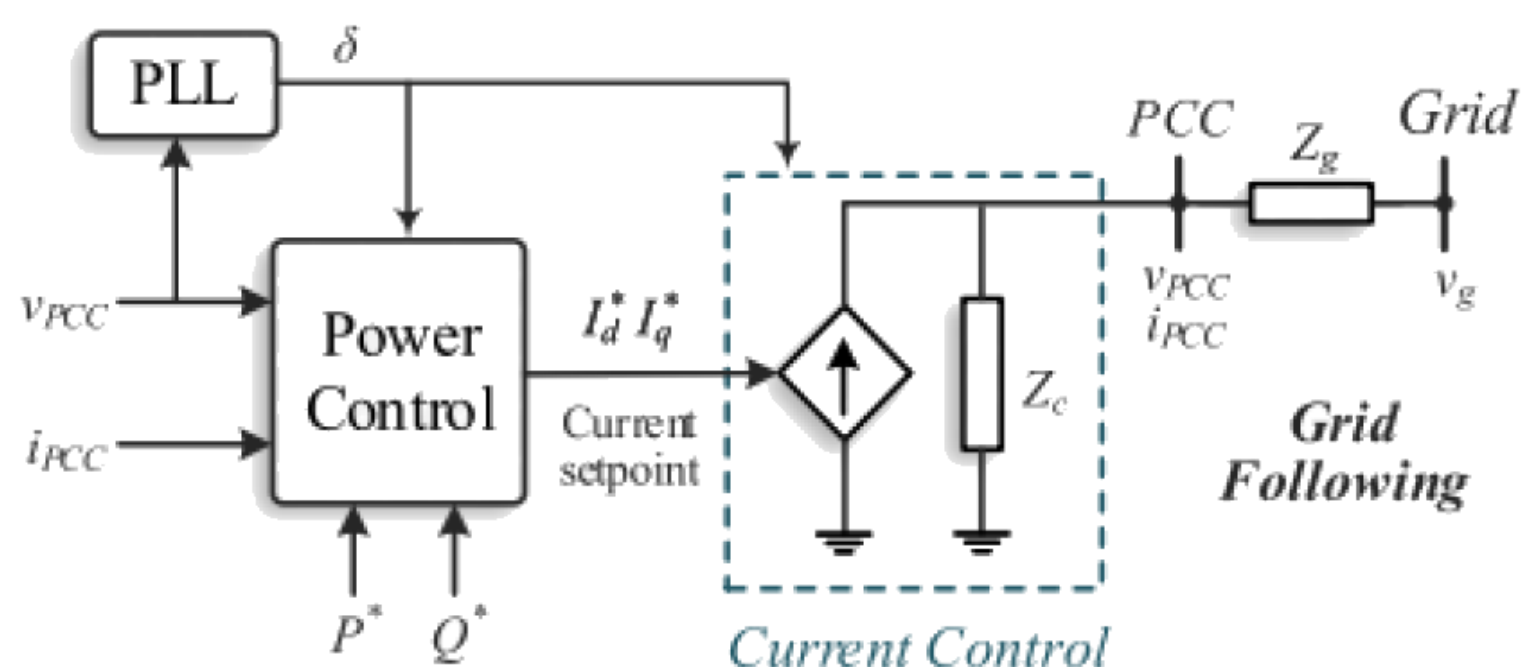
Green	$H > 4s$	Very good contribution
Black	$3s < H < 4s$	Good contribution
Purple	$2s < H < 3s$	Marginal contribution
Red	$H < 2s$	Limited contribution. Action needed?



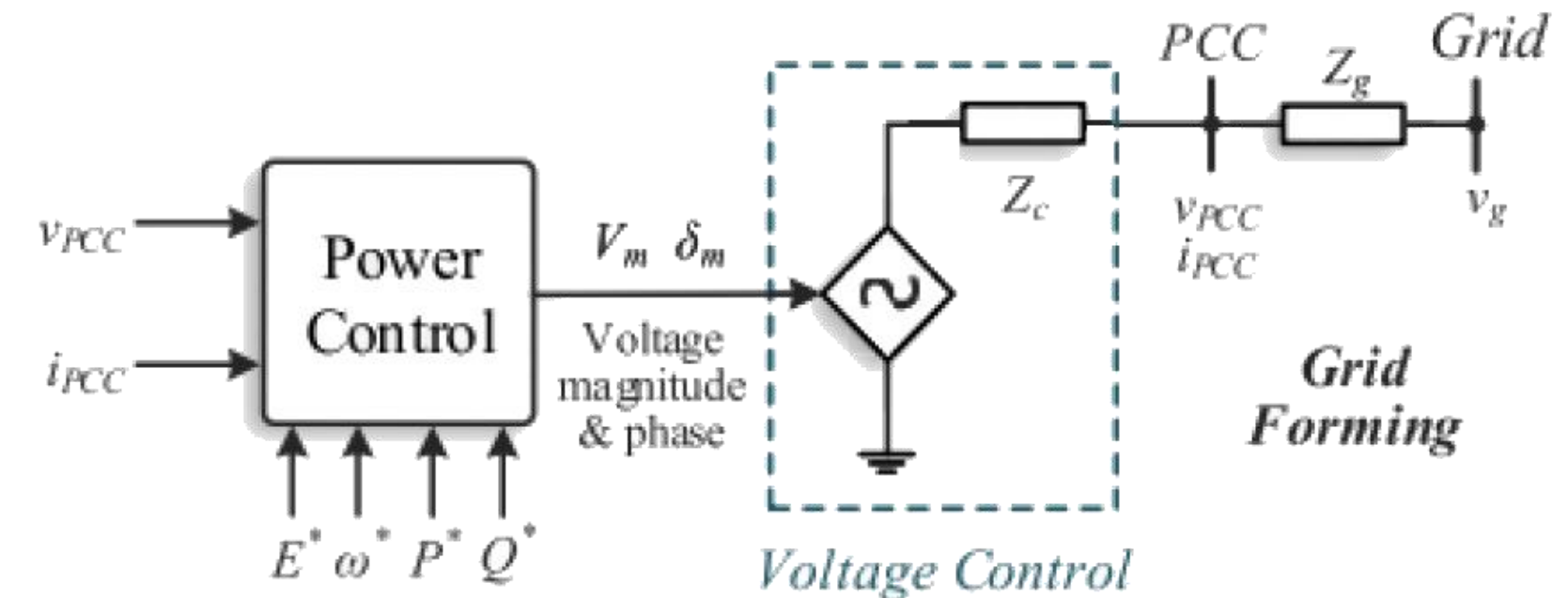
Etat actuel (2017) de l'inertie in EU

Source: ETNSO-E, 2017

## Grid Following Inverter - **GFLI**



## Grid Forming Inverter - **GFM**





# Axes de recherche principaux de l'IESE

✓ **Digitalisation (prof. M. Bozorg)**

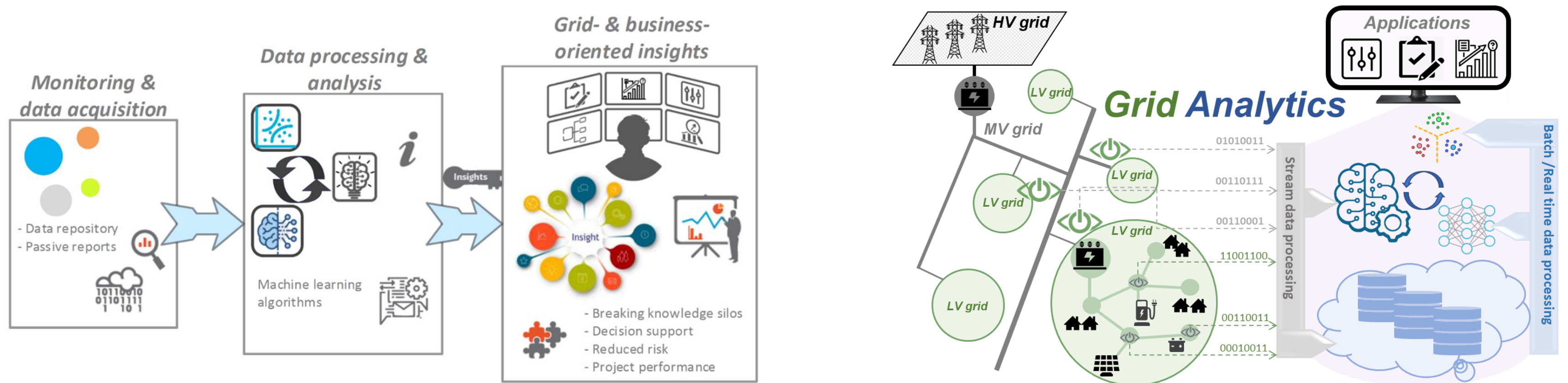


✓ **Electronique de Puissance (prof M. Carpita)**

## La numérisation améliorera l'observabilité et la contrôlabilité des réseaux de distribution.

La numérisation permet aux gestionnaires de réseau de distribution (GRD) d'adapter leurs infrastructures et leurs processus d'exploitation aux nouvelles exigences résultant de la transition énergétique.

Dans notre approche, la chaîne complète de digitalisation est conçue en trois niveaux :

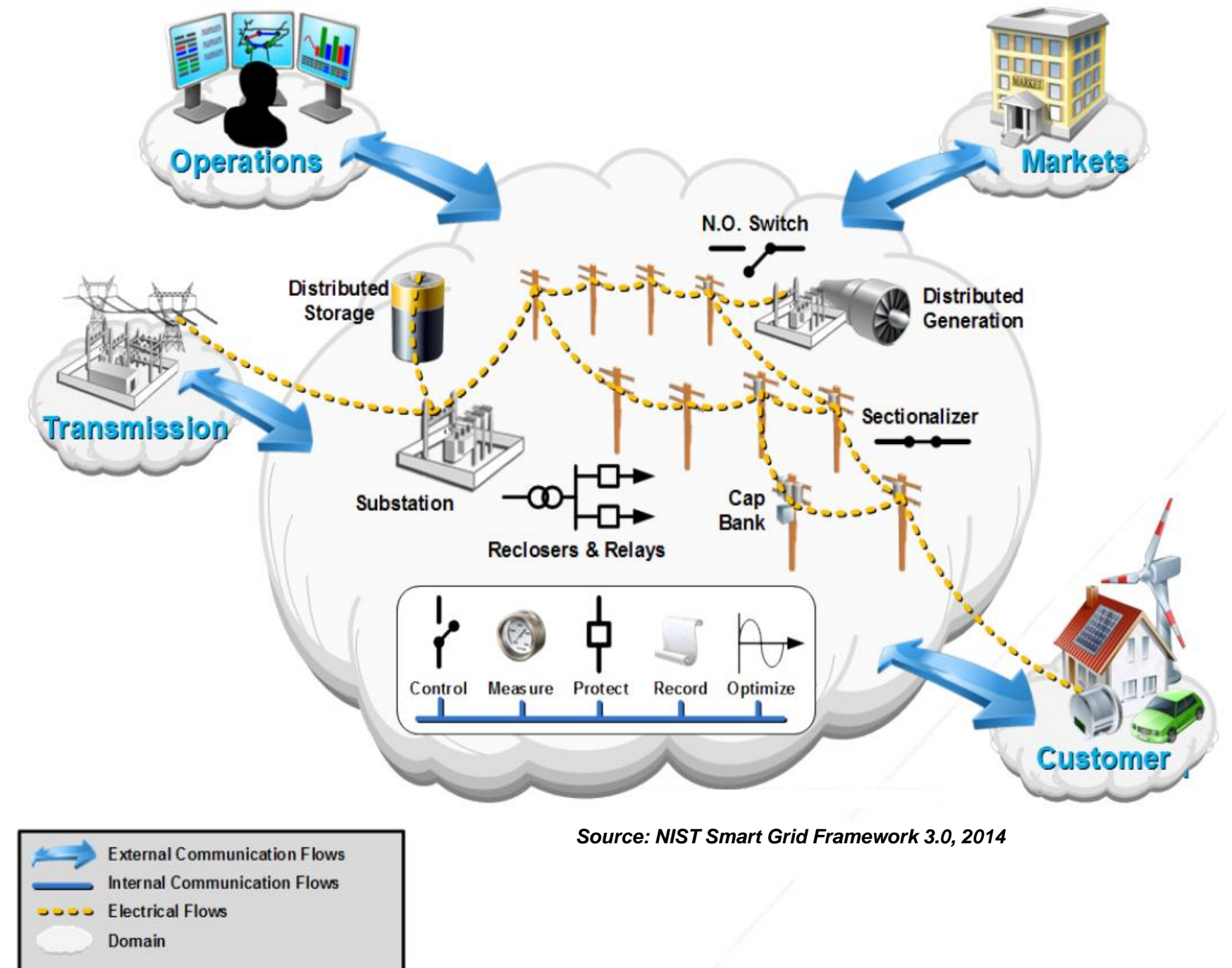


La HEIG-VD/IESE en collaboration avec des partenaires académiques et industriels (depsys et GRDs régionaux) travaille sur une série de projets innovants et multidisciplinaires dans ce domaine.



# Défis pour le traitement des données

- **Hétérogénéité**
  - Différents types d'appareils, configurations et données associées
- **Scalabilité**
  - Grand nombre d'appareils
- **Variabilité et fiabilité des données**
  - Modifications de la topologie du réseau
  - Nouvelles installations
- **Agrégation et abstraction des données**
  - Permettre les calculs complexes
- **Sécurité et accès aux données**
  - Confidentialité des données, règles et couches d'accès aux données
  - Anonymisation

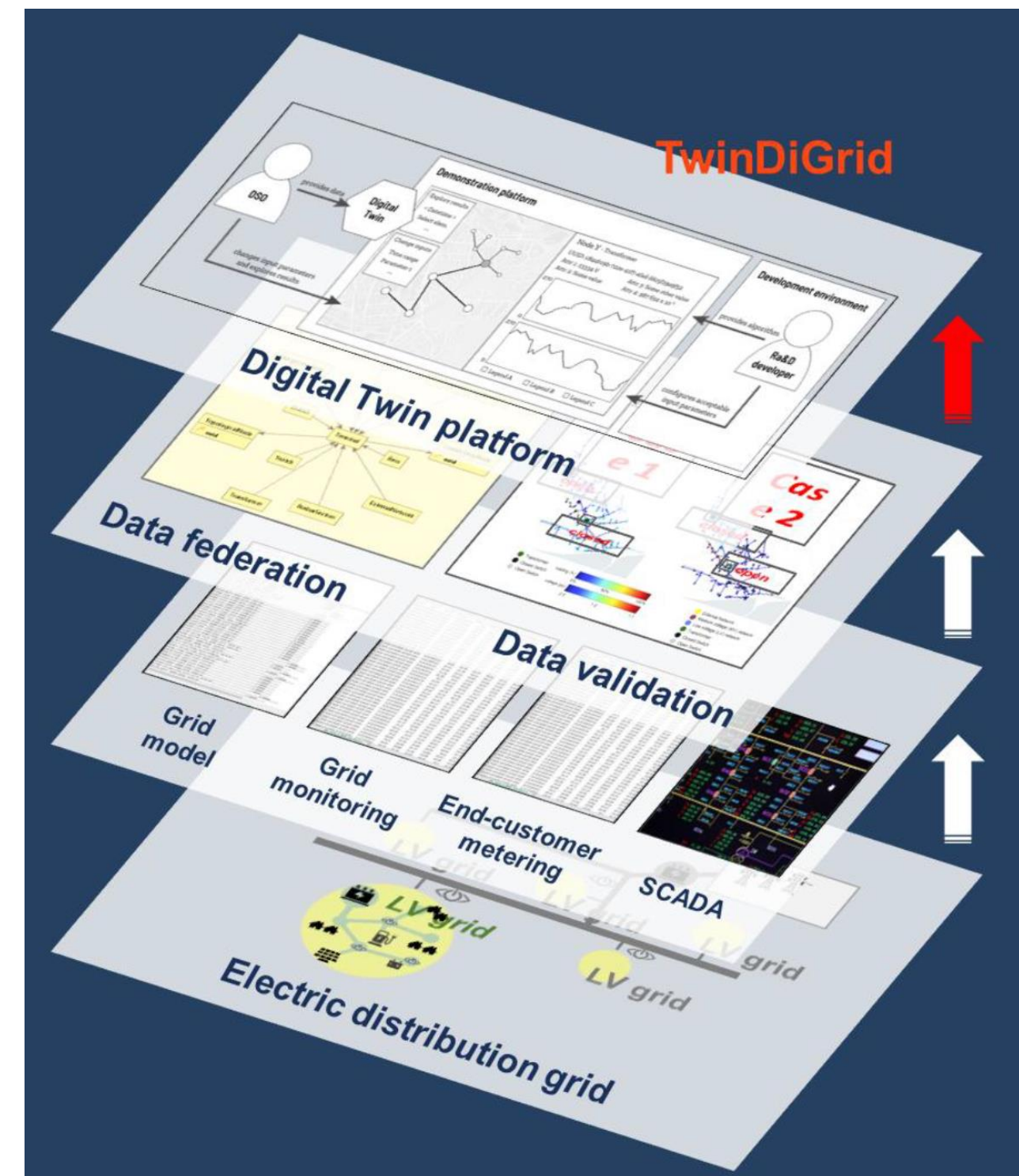
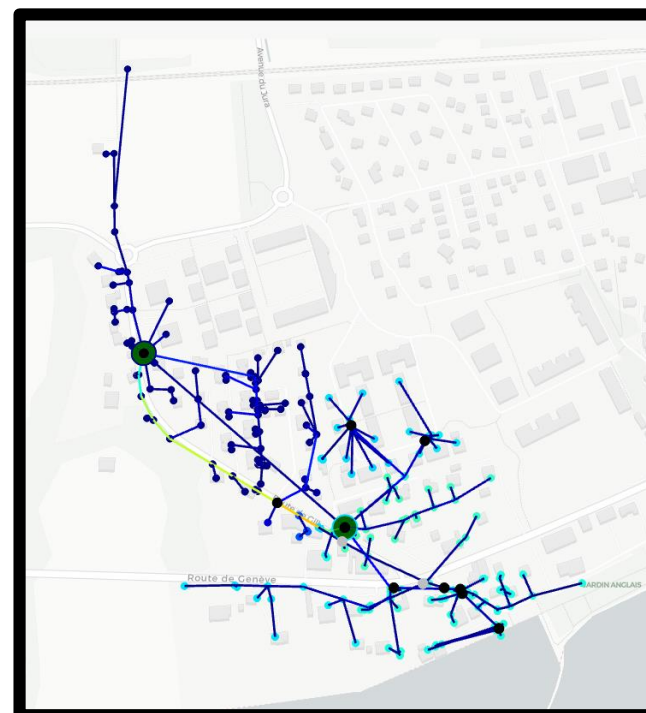


# TwinDiGrid (Innosuisse, 2022-2023)

Une plate-forme d'informations sur les réseaux jumeaux numériques pour une numérisation agile des réseaux de distribution.

TwinDiGrid permet de :

- générer efficacement des informations,
- ainsi que des valeurs commerciales,
- à partir de données fédérées et fiables sur le réseau.





# Project demo

Version préliminaire du plateforme a la base des données anonymisés

The screenshot displays the 'TwinDiGrid - Observability' web application interface. The interface is divided into several panels:

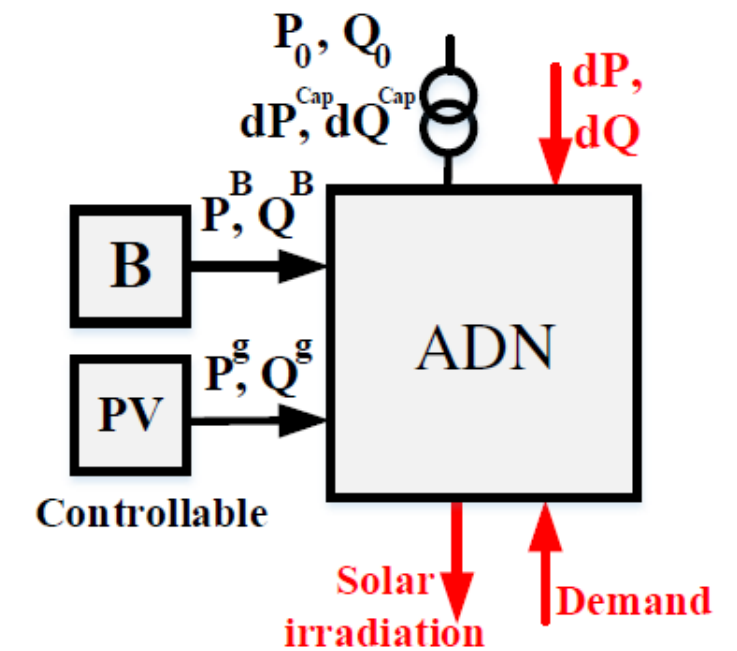
- Header:** 'TwinDiGrid - Observability' with a search icon on the right.
- Left Sidebar:**
  - Datetime:** A date and time input field showing '2021-01-06 16:50:00' and an 'Apply new time' button.
  - MapWidget:** A list of checkboxes for displaying different components: 'Show MV' (checked), 'Show LV' (checked), 'Highlight measured equipment' (unchecked), 'Show busbars' (checked), 'Show branches' (checked), 'Show transformers' (checked), and 'Show switches' (checked).
  - Busbar measurement:** A dropdown menu set to 'None'.
  - Other measurement:** A dropdown menu set to 'None'.
  - Colourmap select:** A dropdown menu set to 'jet', with a color gradient bar below it.
  - MV Colour:** A color selection bar.
  - LV Colour:** A color selection bar.
  - Keyboard shortcuts:** A diagram of a keyboard with 'Shift', 'Ctrl', 'Alt', and 'Win' keys highlighted.
- Map:** A central map area showing a network of nodes and lines, representing the power grid. The nodes are colored according to the selected color map.
- Right Panel:**
  - Details:** Tabs for 'Static' and 'Events'. The 'Static' tab is active, displaying 'No equipment selected'.
  - Selection:** A section with a 'Multiselection mode' checkbox (unchecked) and an 'Undo Selection' button. Below it, there are input fields for 'Name' and 'UUID', both containing 'NaN'.
  - Connected:** Tabs for 'Measurements' and 'Notifications'. The 'List' tab is active, showing a 'Schema' view.

# DiGriFlex (OFEN-ERANET, 2019-2022)

## Contrôle en temps réel du réseau de distribution et fourniture de flexibilité en cas d'incertitudes

### Contexte et objectifs:

- Développer des méthodes de **prévision et de contrôle optimal** pour assurer un fonctionnement efficace et sécurisé des réseaux de distribution en présence des incertitudes
- En plus optimiser la flexibilité fournie par des réseaux de distribution vers le réseau moyenne/haute tension
- Mise en œuvre des méthodes de prévision et de contrôle optimal ci-dessus dans un **cas de test de réseau de distribution basse tension (labo Relne)**
- démontrant **l'efficacité** des méthodes développées pour différents scénarios d'exploitation du réseau.



Relne (Réseaux Intelligents) laboratory





# DiGriFlex (OFEN-ERANET, 2019-2022)

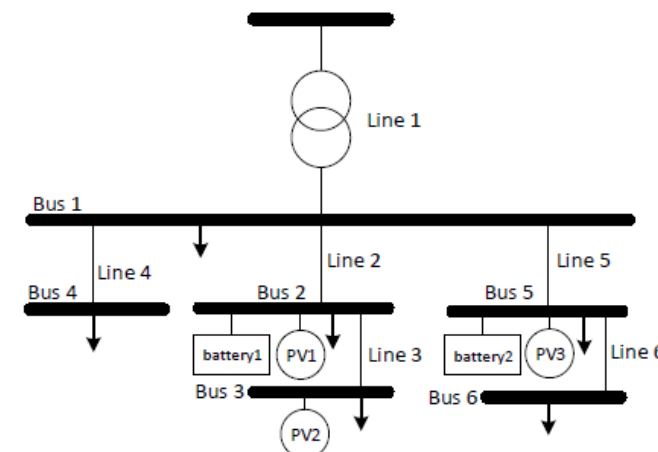
## Solution proposée

### Optimisation à deux niveaux dans le réseau de distribution actif (ADN)

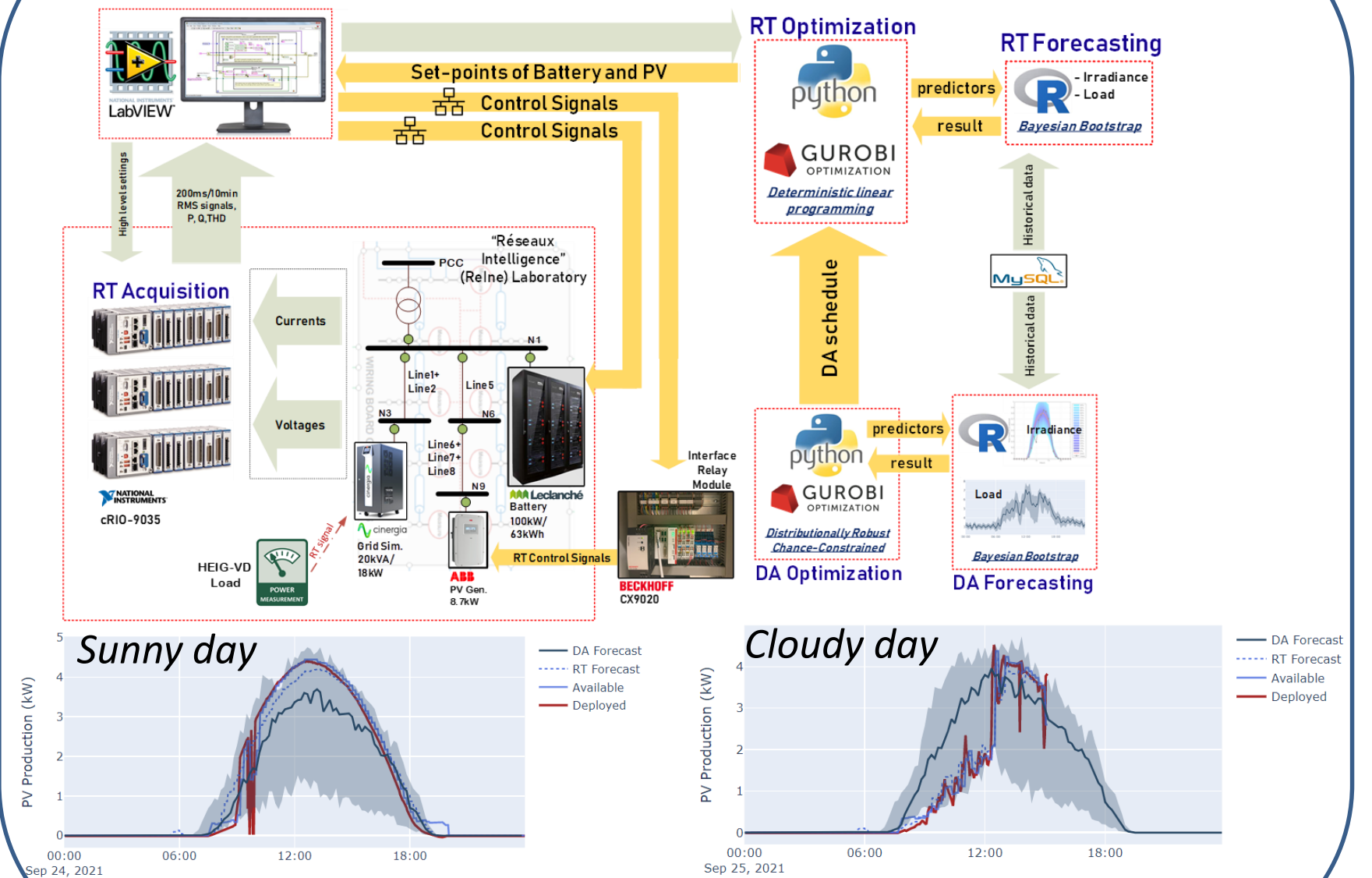
- Le premier niveau traite de la préprogrammation des ressources contrôlables sur une base **journalière**,
- tandis que le deuxième niveau traite de la **planification en ligne en temps réel** de tous les contrôlables.

### Cas d'étude

La Chapelle, VD



## Validation expérimentale (Labo Relne)



### More info and publications:

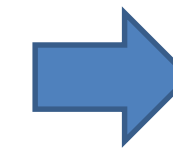
- Bozorg, M., Bracale, A., Carpita, M., De Falco, P., Mottola, F. and Proto, D., 2021. "Bayesian bootstrapping in real-time probabilistic photovoltaic power forecasting." *Solar Energy*, 225, pp.577-590.
- M. Bozorg, A. Bracale, P. Caramia, G. Carpinelli, M. Carpita, P. De Falco, "Bayesian bootstrap quantile regression for probabilistic photovoltaic power forecasting," *Journal of Protection and Control of Modern Power Systems*, vol.5, 21, pp. 1-12, 2020.
- M. Bozorg, M. Carpita, P. De Falco, D. Lauria, F. Mottola, D. Proto, "A Derivative-Persistence Method for Real Time Photovoltaic Power Forecasting", accepted for publication in the proceedings of the International Conference on Smart Grids and Energy Systems SGES 2020, Perth, Australia, 23-26 November 2020.
- M. Rayati, M. Bozorg, R. Cherkaoui, M. Carpita, "Distributionally Robust Chance Constrained Optimization for Providing Flexibilities in an Active Distribution Network", accepted for publication on IEEE Transactions on Smart Grids, 2022.
- M. Rayati, M. Bozorg, R. Cherkaoui, M. Carpita, "Stochastic Optimization and Markov Chain-based Scenario Generation for Exploiting Underlying Flexibilities of an Active Distribution Network", Under review in *Sustainable Energy, Grids, and Networks*, 2022.

# Axes de recherche principaux de l'IESE

✓ Digitalisation (prof. M. Bozorg)



✓ Electronique de Puissance (prof M. Carpita)





# SOP : Convertisseur Soft Open Point

## Objectif du projet

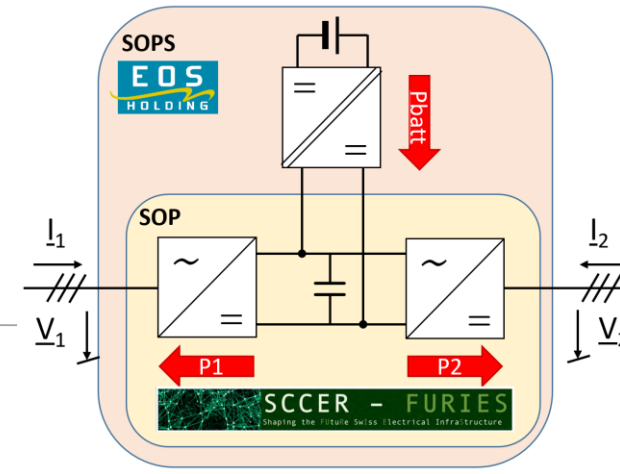
- Etude, réalisation et tests d'un **SOP** (Soft Open Point)
- Dispositif intelligent basé sur **deux convertisseur électronique back-to-back** (AC/DC/AC) placé entre deux lignes de distribution d'un réseau.

## Customer/Partner/Financing

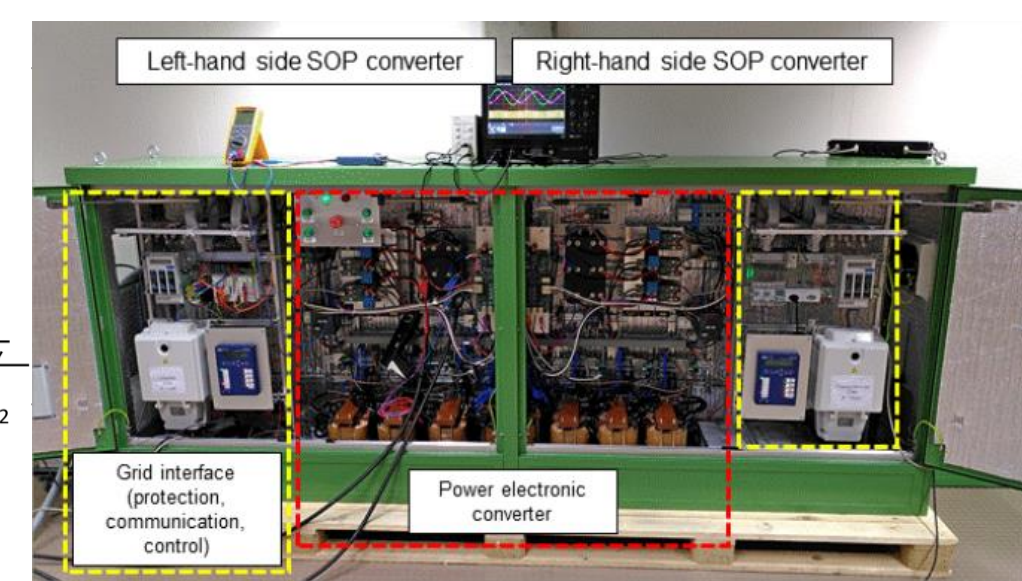
EOSH (CH)/Romande Energie/ SCCER Furies

## Status

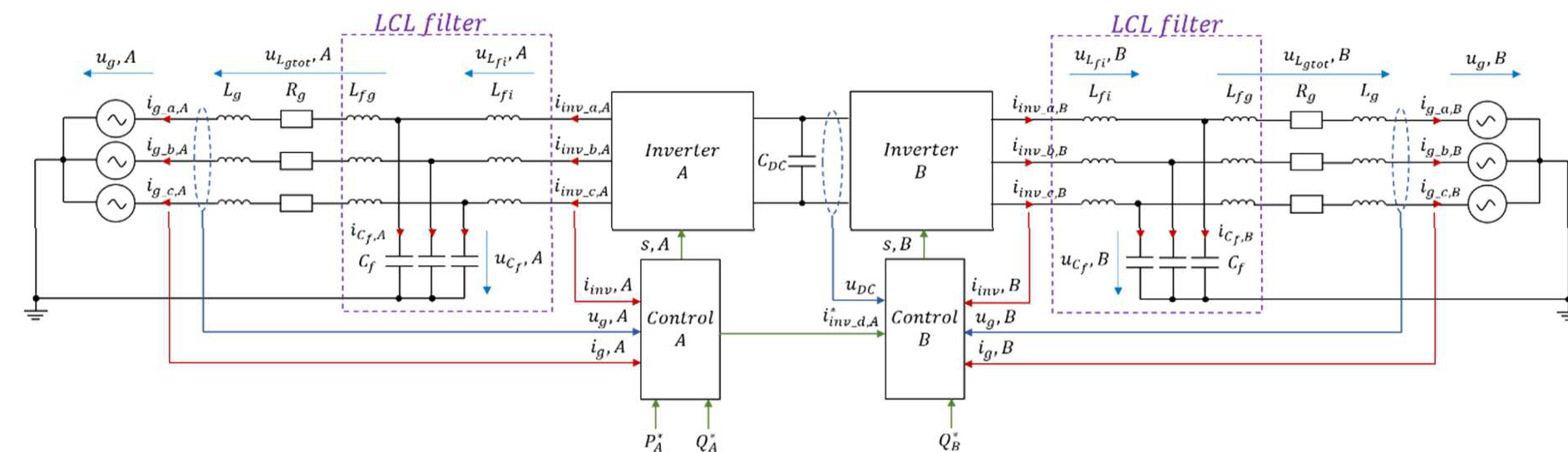
- **Prototype 230V, 15 kW** construit et testé avec succès dans le laboratoire Reine.
- **Prototype 230V, 50 kW** construit, installé dans le réseau RE et testé avec succès



SOP (principe)



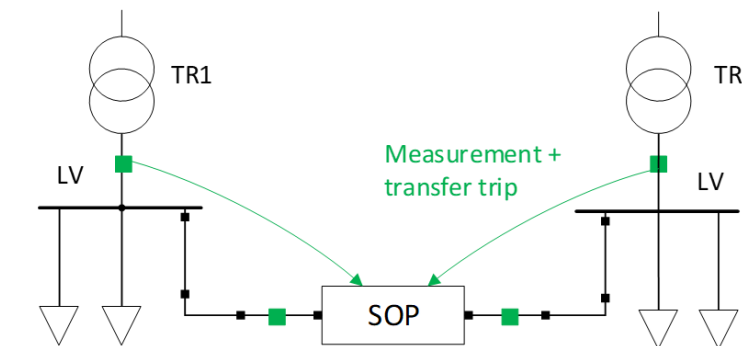
Disposition de l'armoire du convertisseur



Schématique (principe)



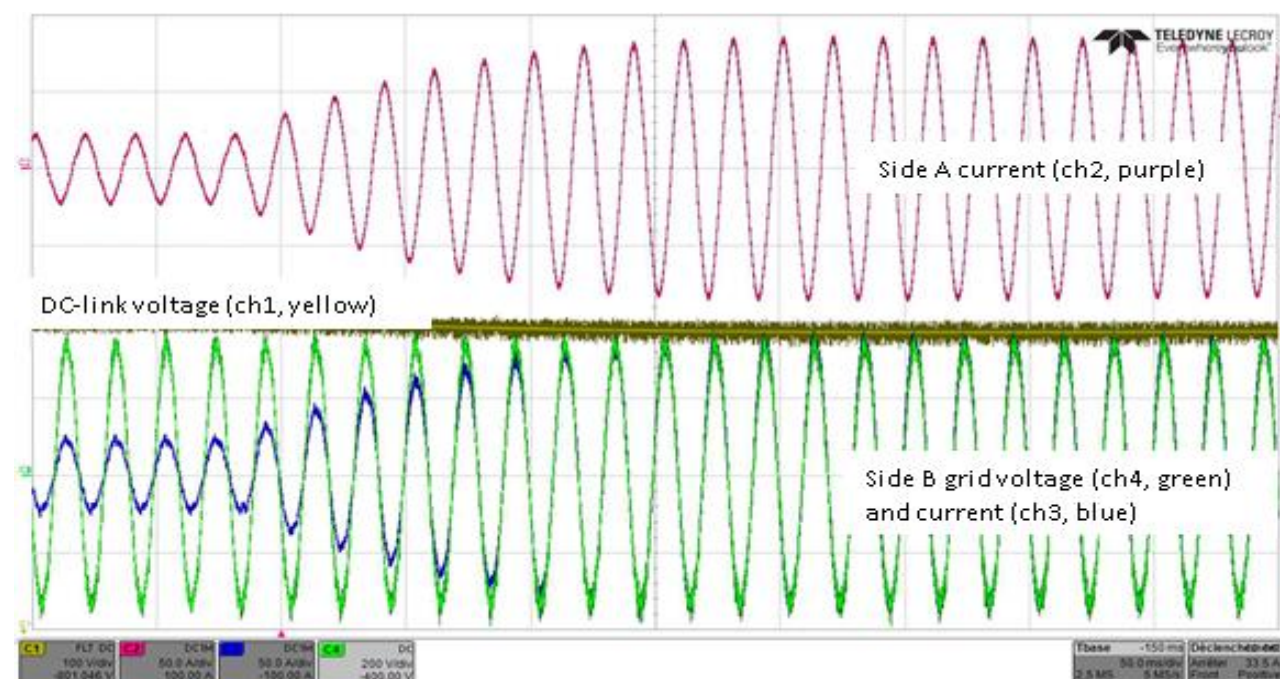
Installation du SOP sur le site de démonstration de Chapelle-sur-Moudon (Suisse)



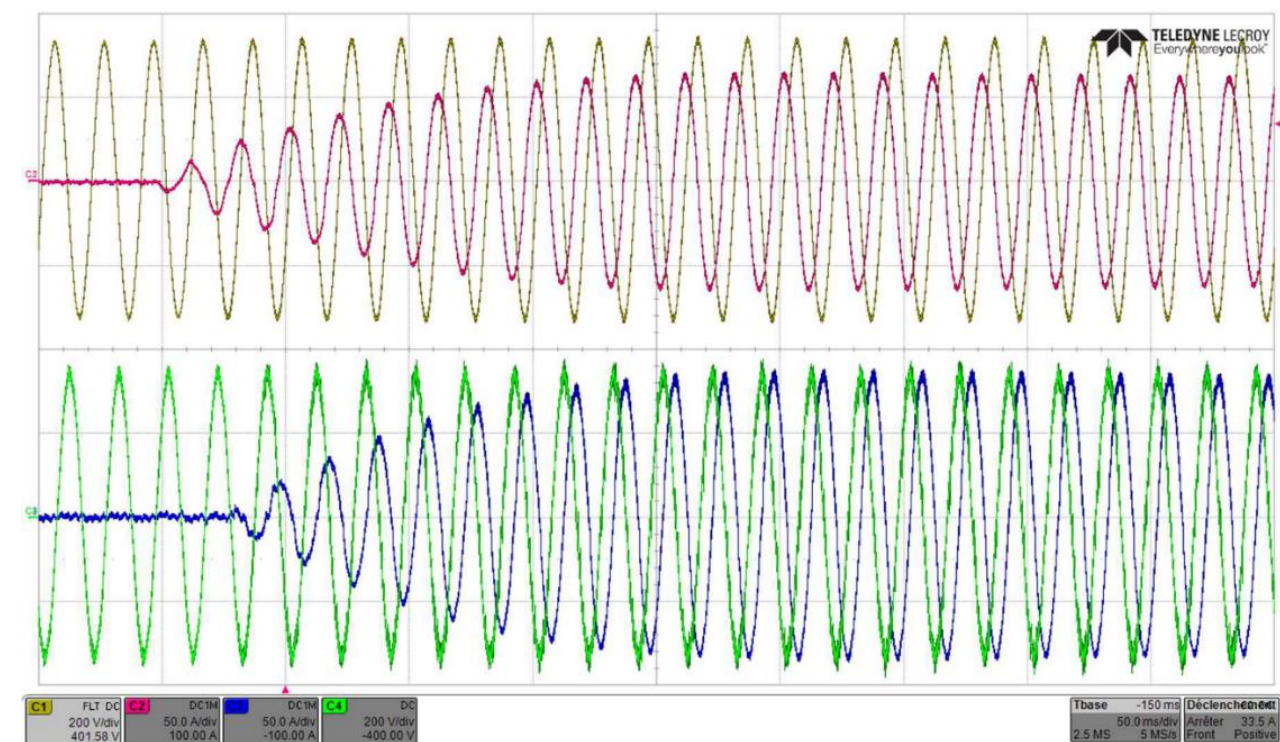
Architecture de communication



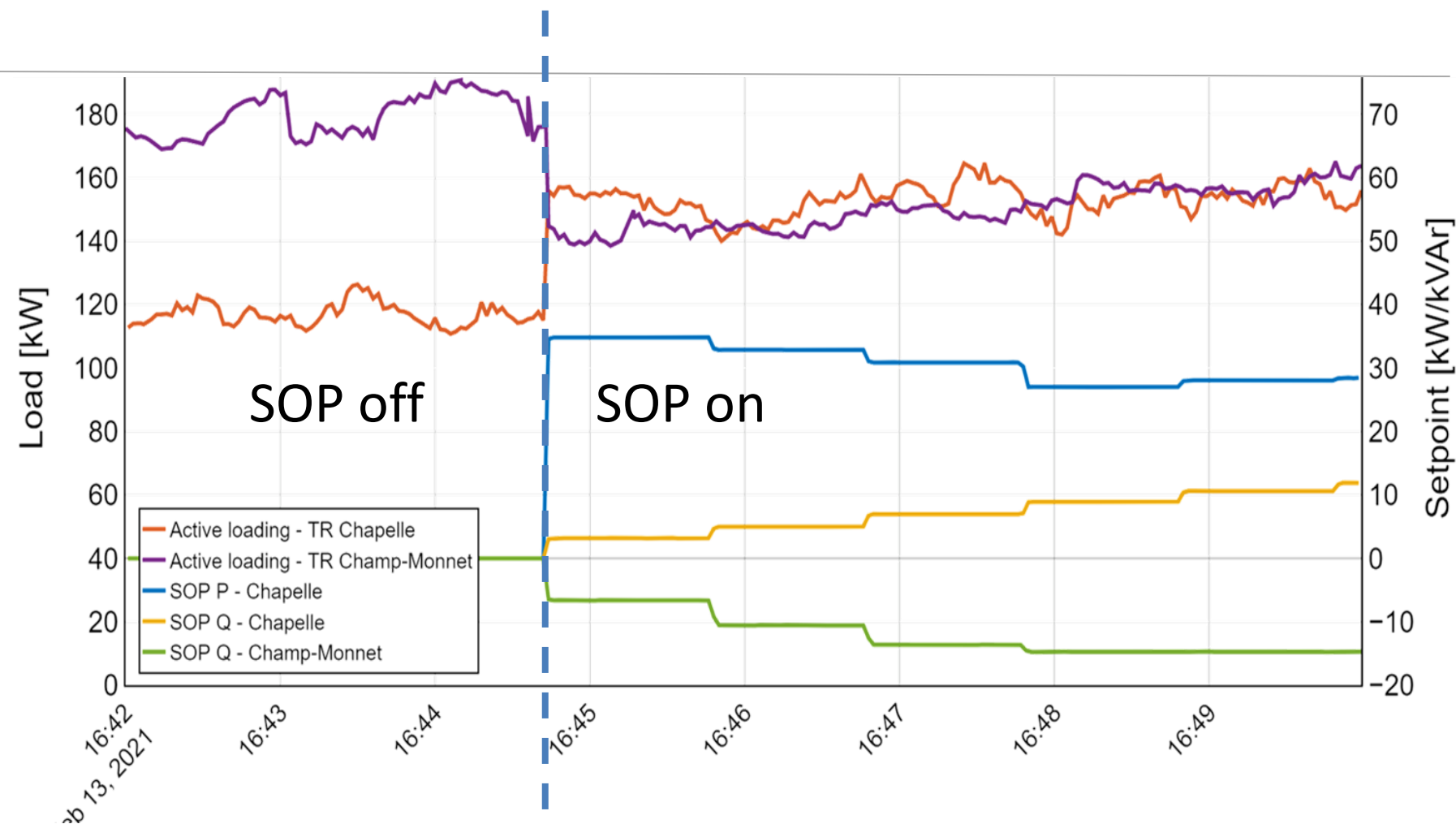
# SOP : Convertisseur Soft Open Point



DC link voltage, side A grid current and side B grid voltage and current during an real power step from 10kW to 40kW.



Reactive power step from 0 to 30kvar on side A and 0 to -40kvar on side B.



## More info and publications :

- F. Attanasio, S. Wasterlein, T. Pidancier, M. Marchesoni, P. Favre-Perrod, M. Carpita, «Low Voltage Soft Open Point with Energy Storage: System Simulation and Prototype Preliminary Test Results,» IEEE-Speedam 2018, Amalfi (IT), 06/2018
- P. Favre-Perrod, C. Dour, M. Allani, A. Bifrare, M. Carpita, T. Pidancier, S. Wasterlain, "Soft-open points for medium voltage networks – A case study," CIRED, Madrid (SP), 3-6/06/2019.
- S. Gavin, G. Courteau, G. Grosjean, P. Favre-Perrod, A. Bifrare and M. Carpita, "Laboratory Tests results of a 50 kVA Soft Open Point prototype," 2021 23rd European Conference on Power Electronics and Applications (EPE'21 ECCE Europe), Ghent, Belgium, 2021



# COSTAM : Évaluation comparative des performances des technologies STATCOM basées sur les convertisseurs multiniveaux modulaires

## Objectif du projet

- L'objectif de ce projet est l'évaluation comparative des performances des technologies STATCOM basées sur des architectures de convertisseurs multiniveaux modulaires.
- Cas d'étude : L'intégration massive des SER au niveau du réseau de distribution est envisagée.
- Des études de cas proposées par le SIL (Lausanne) et une partie expérimentale sur le laboratoire Relne (HEIG-VD) sont prévues.

## Customer/Partner/Financing

SIL (Lausanne, CH)/HEIA Fr/OFEN

## Status

- end 2022
- 2 prototypes built, to be tested/compared

## More information:

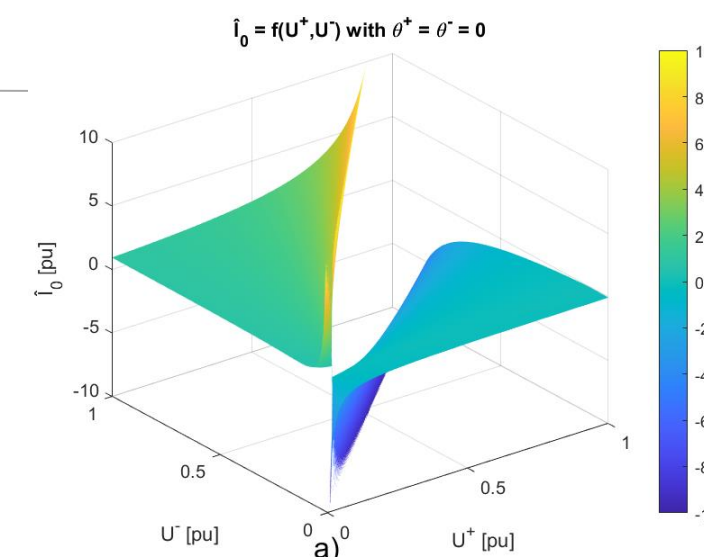
- n.y.a.

STATCOM : Compensateur Statique de Puissance Réactive.

Il permet de stabiliser la tension du réseau

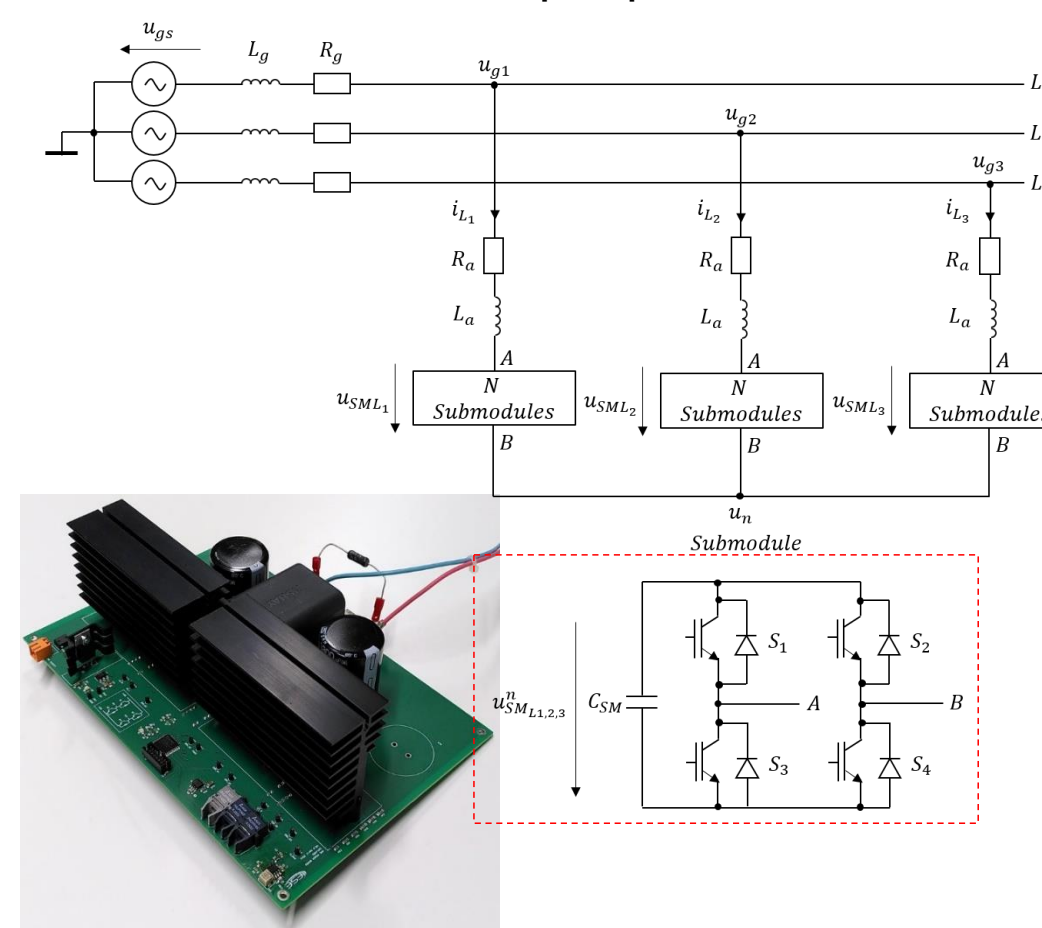
Topologies considérées en detail:

- Single Star Bridge-Cells (SSBC),
- Single Delta Bridge-Cells (SDBC),
- Double Star Chopper-Cells (DSCC)



Plage de fonctionnement du SDBC avec stratégie de contrôle ZSCC,

Schéma de principe du SSBC



Submodule (carte)



SSB and SDBC topologies cabinet lay-out of

# II – Grid

## Contexte et objectif du projet

- Augmentation rapide de EV, fixation
- Les batteries ne sont plus utiles pour les VE lorsque la capacité des batteries est devenue inférieure à 80% ...  
... mais ils conviennent parfaitement aux applications de réseau stationnaire
- Cependant, un onduleur contrôlé par la source de tension est obligatoire  
Cela permettra d'étudier des stratégies d'inertie virtuelle

## Customer/Partner/Financing

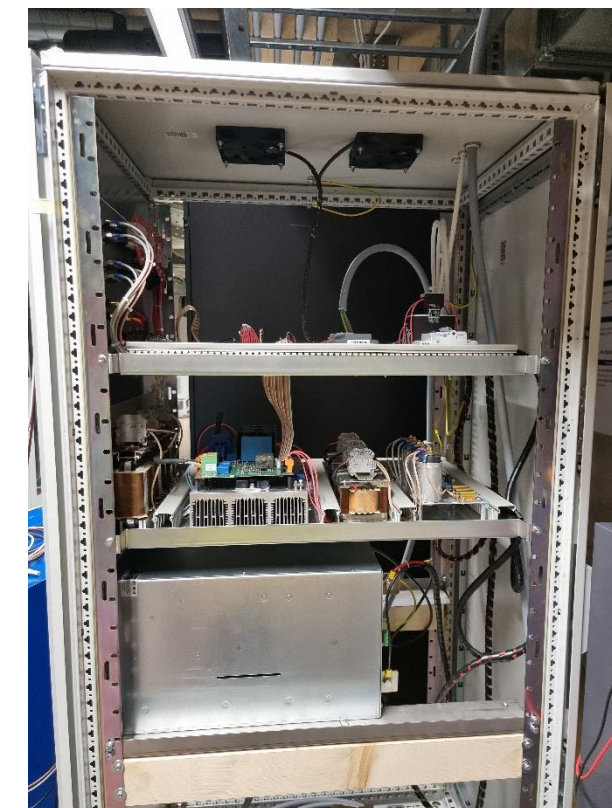
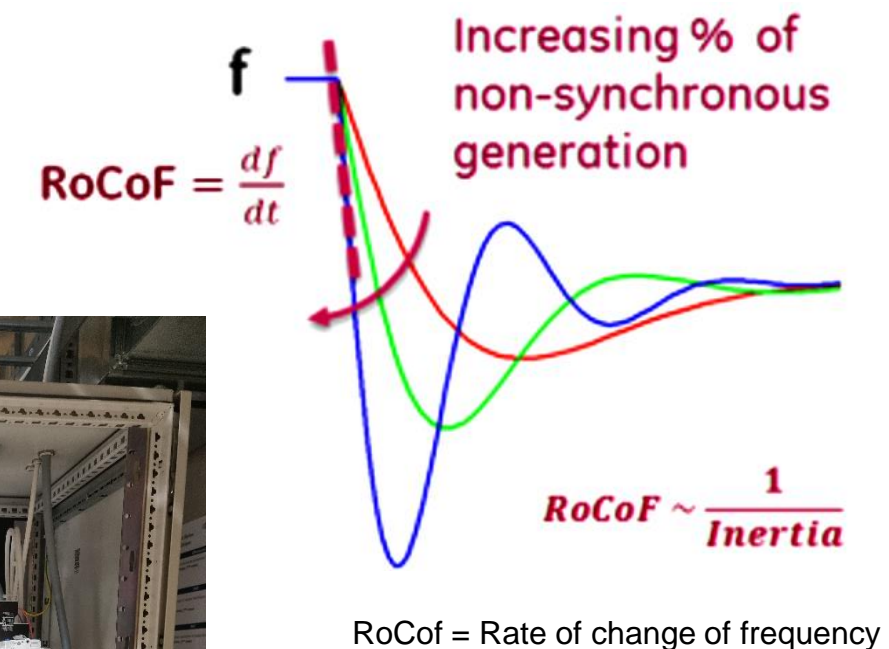
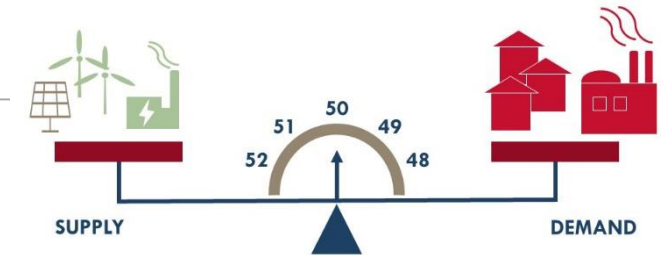
Aurora's Grid//Innosuisse & HES SO

## Status

- fin 2022
- 1 prototype d'onduleur à inertie émulée construit, à tester

H = masse tournante des génératrices synchrones conventionnelles

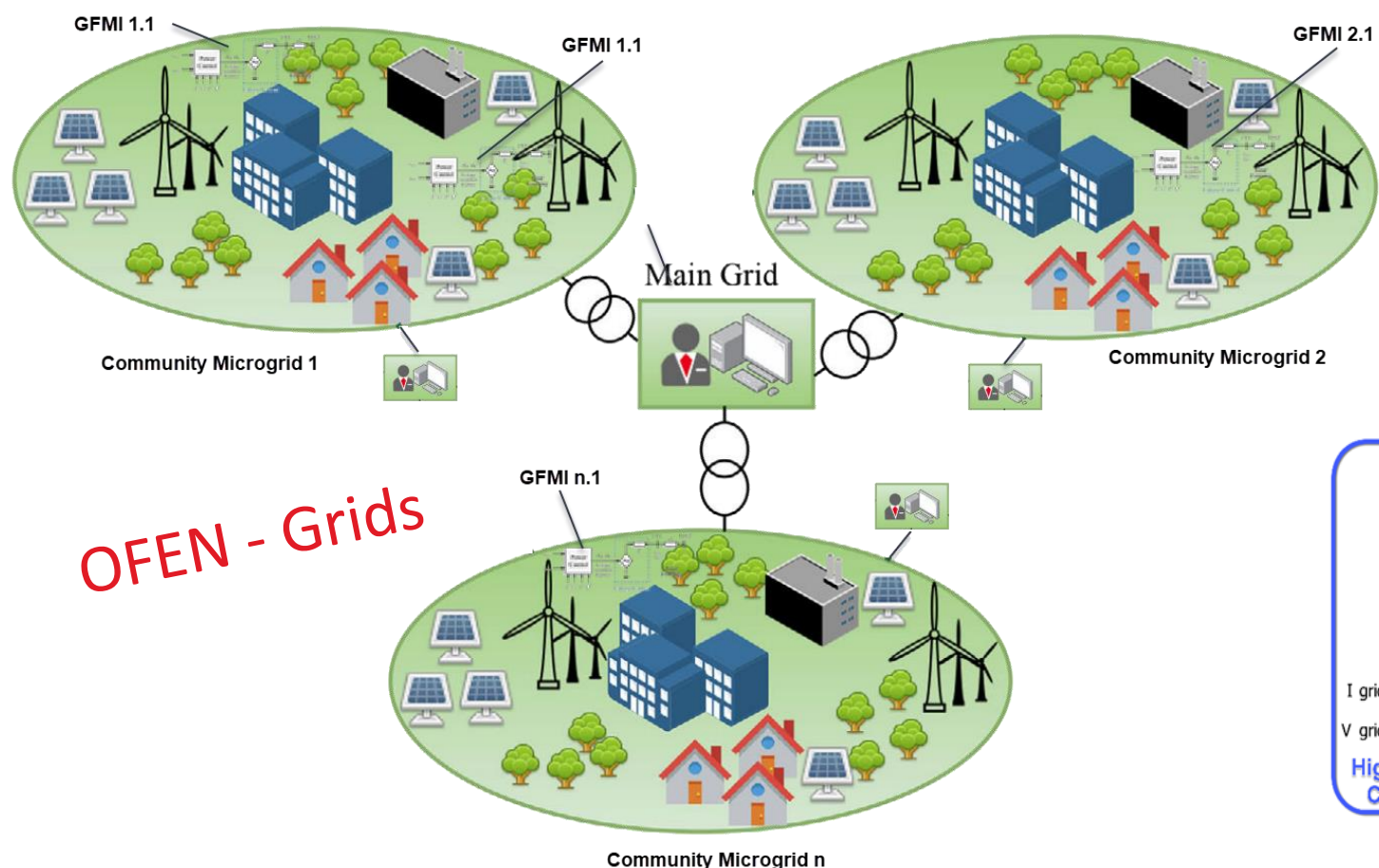
$$H \frac{df}{dt} = P_{GEN} - P_{CH}$$



10 kVA VSI inverter prototype with virtual inertia

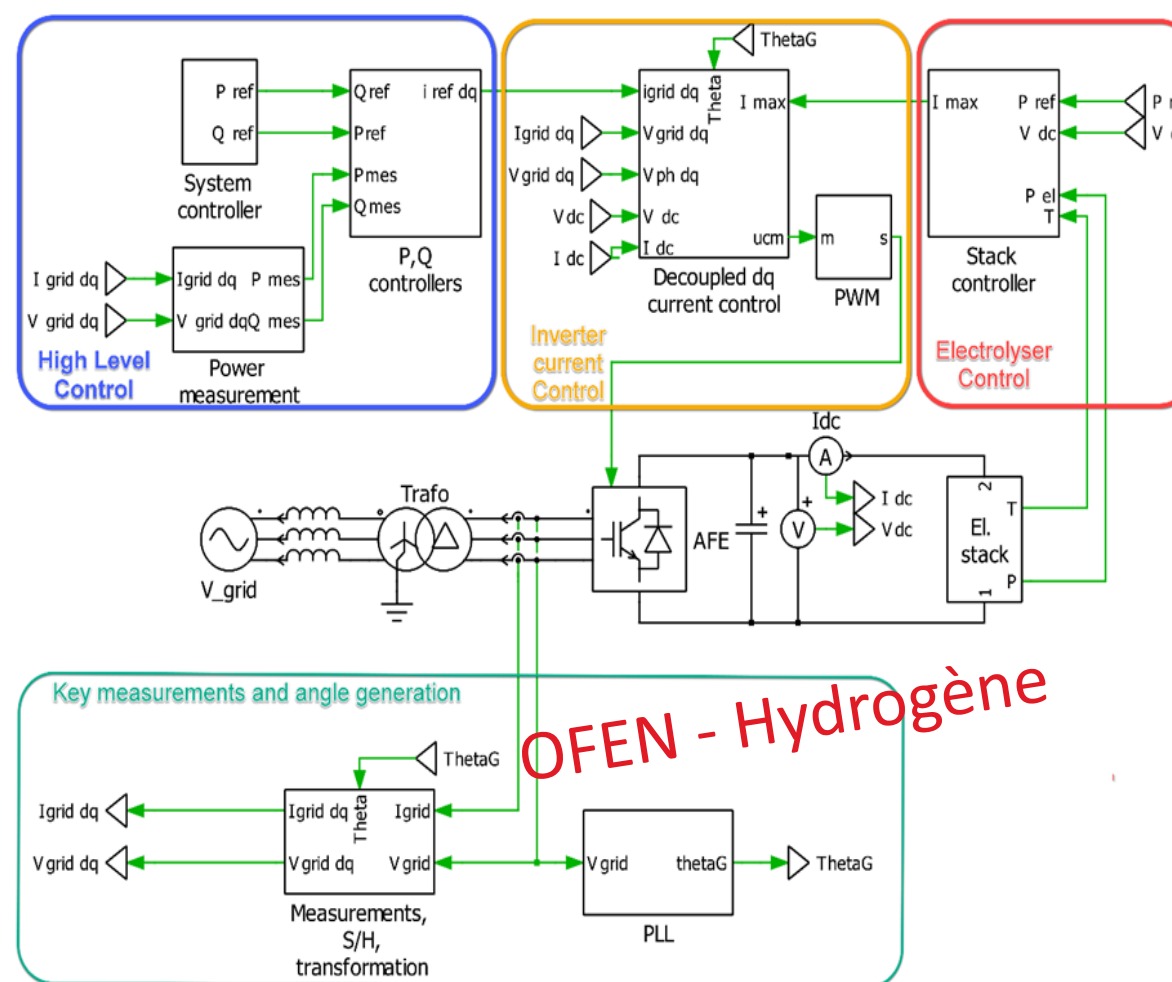


# Futurs projets en Power Electronics



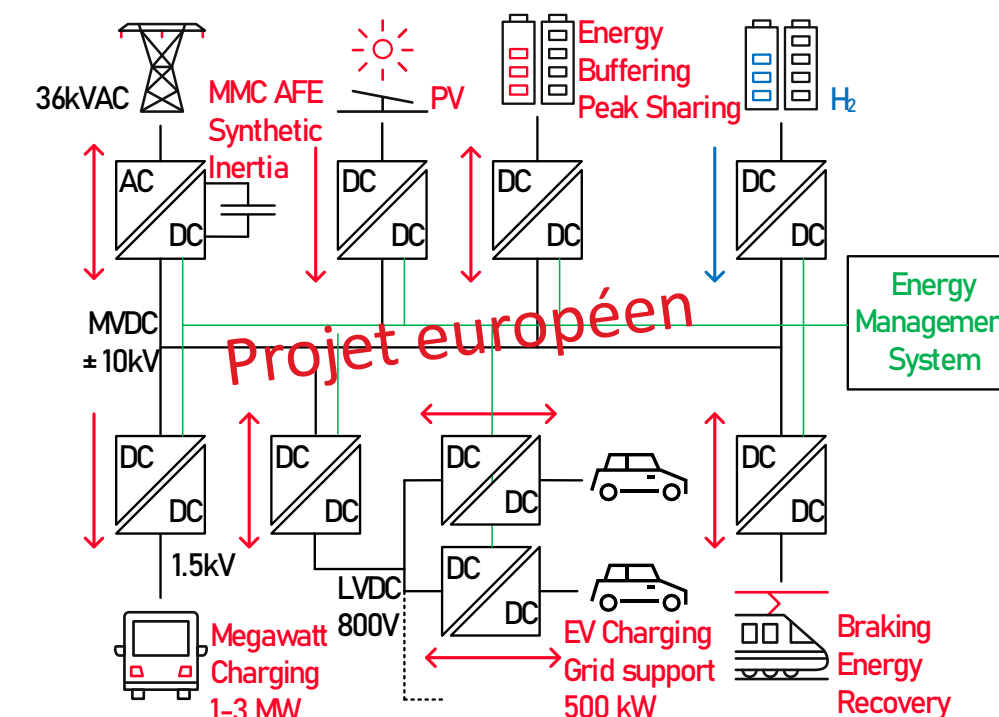
OFEN - Grids

**Community Microgrids**



OFEN - Hydrogène

**Optimisation des électrolyseurs**



Projet européen

**Distribution DC**

HEIG<sup>VD</sup>



Une étincelle de génie pour ton avenir :  
Les formations en génie électrique de la HEIG-VD

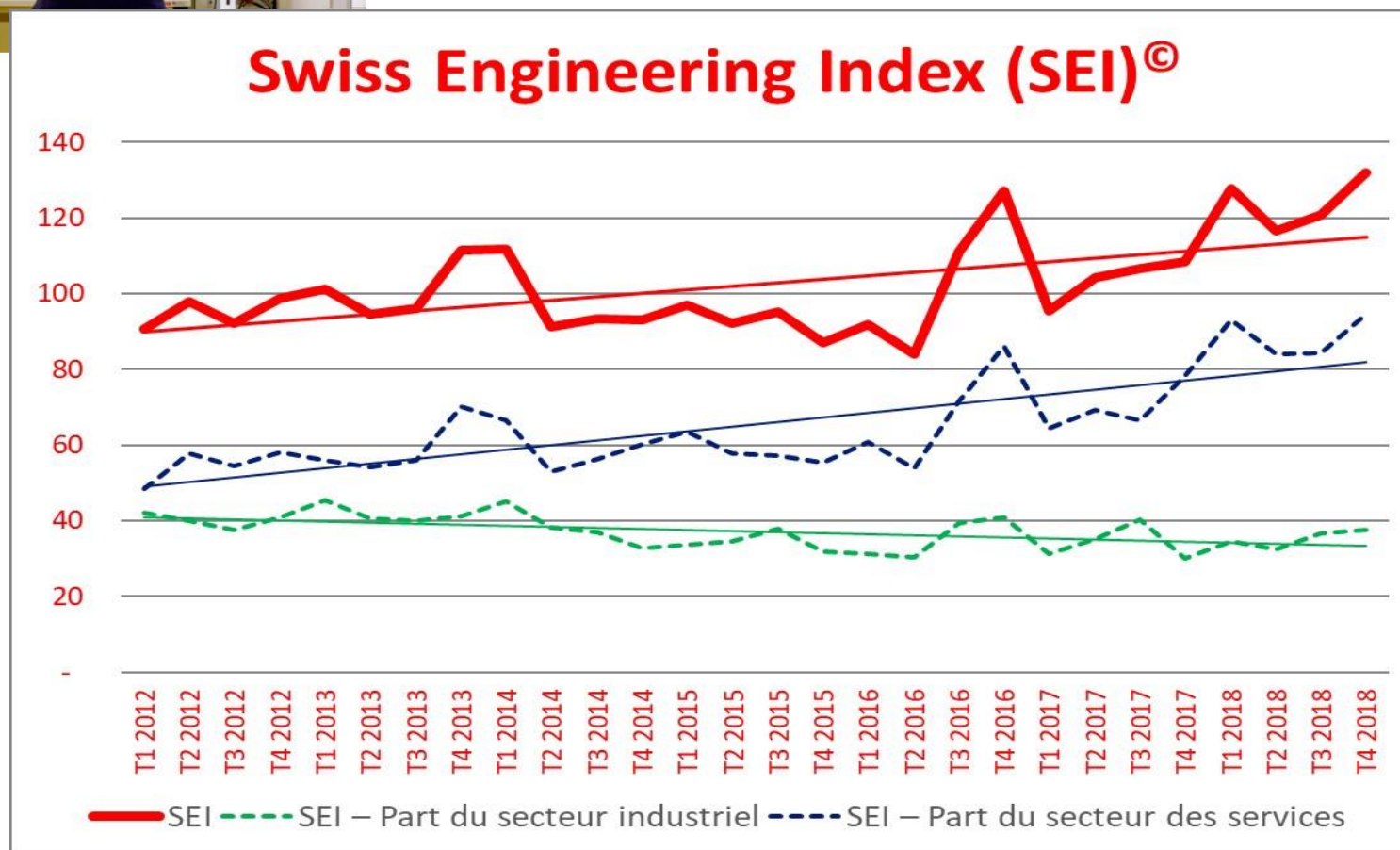
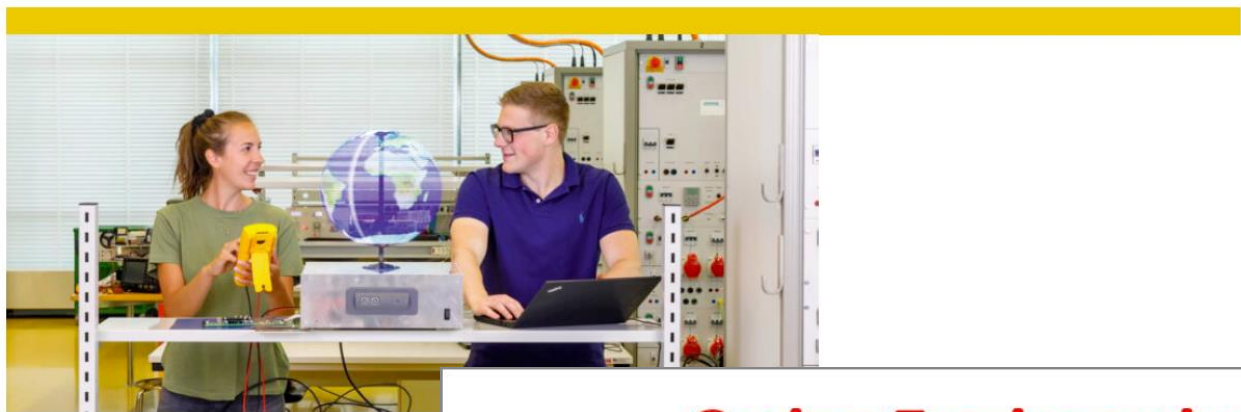


# Formation en génie électrique : Une pénurie d'ingénieurs constaté au niveau Suisse

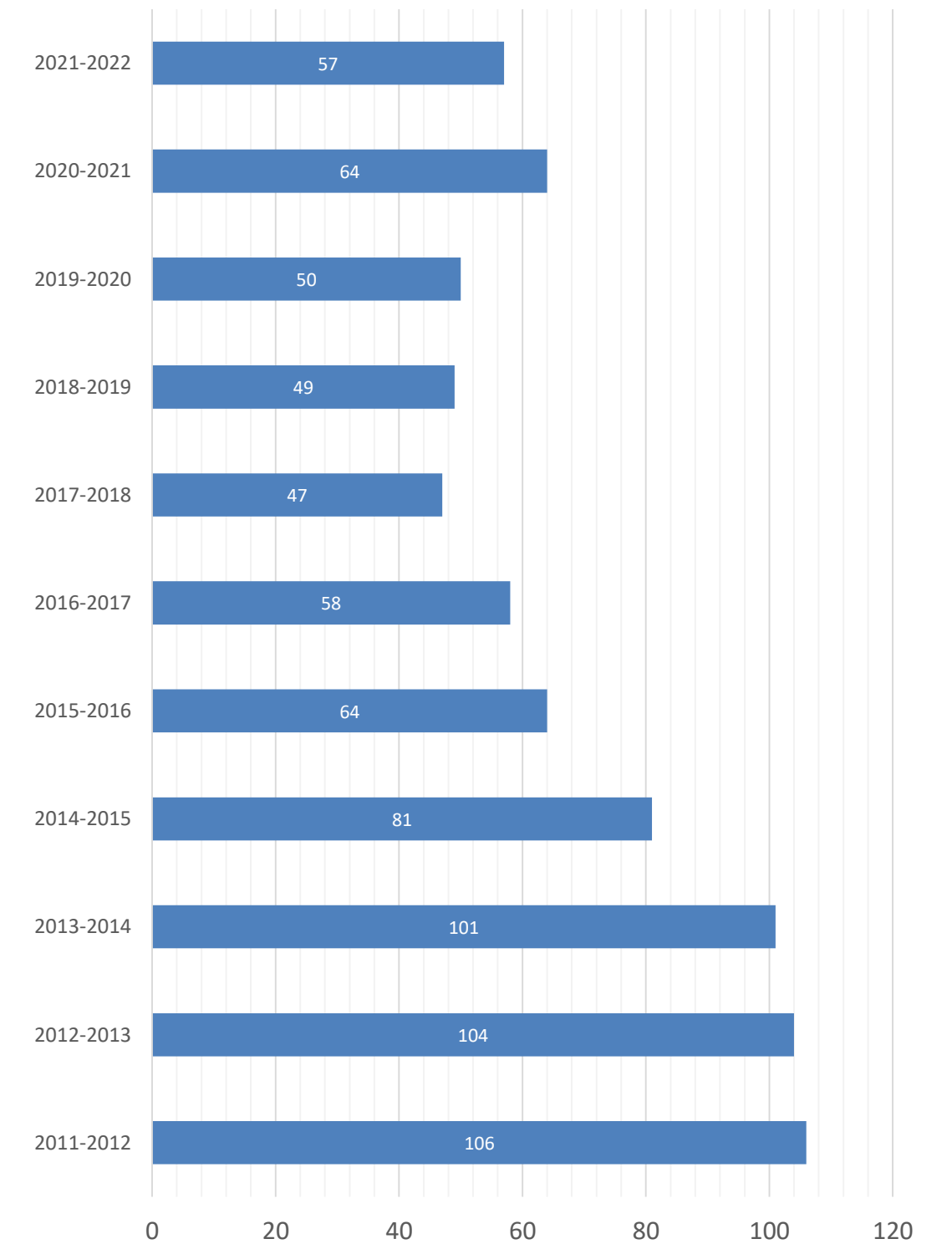
ARTICLE ORGANISATION D'ENTREPRISE, PERSONNEL

## Pénurie d'ingénieurs HES en électrotechnique

Est-ce dû au recul du nombre de places d'apprentissage d'électronicien?



nb. d'étudiants par AA en GE – orientation EN






# Formation en génie électrique : 1 domaine, 3 spécialités




Plein Temps  3 ans


En Emploi / Temps partiel  4 ans


EN : Systèmes ENergétiques



Plein Temps  3 ans

EEM : Electronique Embarquée et Mécatronique



Plein Temps  3 ans

EAI : Electronique et Automatisation Industrielle



# Points forts de la formation en Génie électrique à la HEIG-VD :

## Une solide formation d'ingénieur



Formation en sciences de base importante



Ancré dans le milieu professionnel



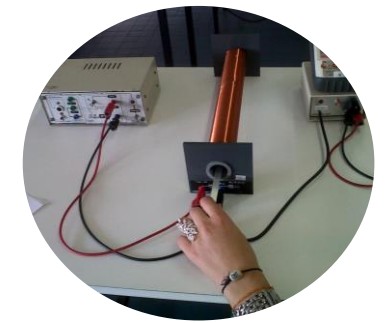
Formation d'ingénieurs capables en Ra&D



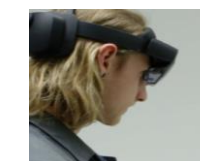
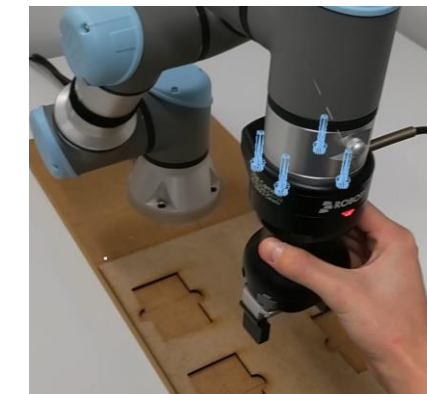
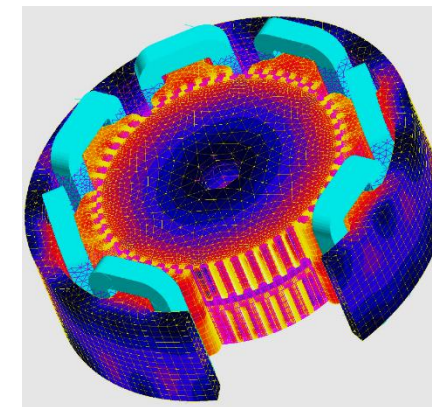
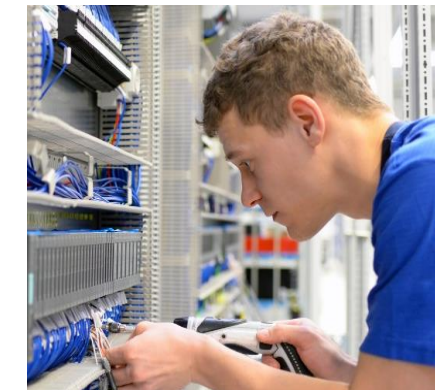
Domaines pointus, variés & d'actualité



Mathématiques



Physique





HEIG<sup>VD</sup>

L'avenir ne se prévoit pas, il se prépare.

Etudier à la HEIG-VD en Génie Electrique, c'est TOP !

Contact & questions : [luc.bossony@heig-vd.ch](mailto:luc.bossony@heig-vd.ch), responsable de filière Génie électrique



# Merci pour votre attention !

Contact:

[mauro.cartpita@heig-vd.ch](mailto:mauro.cartpita@heig-vd.ch)

[Mokhtar.bozorg@heig-vd.ch](mailto:Mokhtar.bozorg@heig-vd.ch)

# Merci de votre participation !

*Retrouvez-nous sur notre stand,  
à l'entrée du comptoir*

