

Défis technologiques des Smart grids "Du microgrid au Supergrid"



N. HADJSAID

Professeur Grenoble INP/G2ELAB

Le réseau électrique: Un système complexe

■ Particularités des réseaux électriques:

- **Couplage fort** avec d'autres infrastructures
 - IC ouvertes
 - Energies primaires
 - ...
- **Système complexe**
 - Grande dimension – Système multi-niveaux – interdépendant
 - Comportement chaotique, difficile à maîtriser
- Sujet à diverses **perturbations**

■ Vulnérabilité du système & défaillances

- **Conséquences** économiques considérables
- De moins en **moins acceptées**



igan2012.com



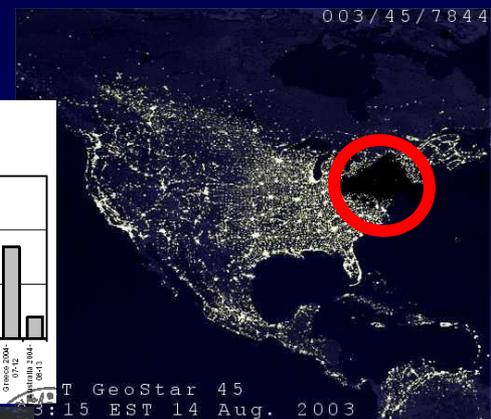
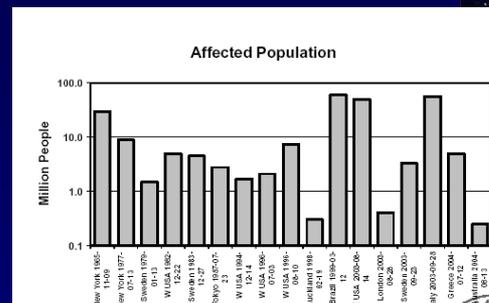
photo source: Peoria Journal Star



Les pannes généralisées (blackouts): une menace constante...

- Quelques *Blackouts* d'envergure récents

Pays	Population affectée	date
Inde	670 Millions	30-07-2012
Brésil & Paraguay	87 Millions	10-11-2009
Indonésie	100 Millions	18-08-2005
USA	55 Millions	14-08-2003
Italie	50 Millions	29-09-2003



- Mais aussi

- Guadeloupe (2012), Malaisie (2005), Jordanie (2004), Grèce (2004), Finlande (2003), Suède&Danemark (2003), Londres (2003),

- Coût variable mais peut avoisiner 1% PIB



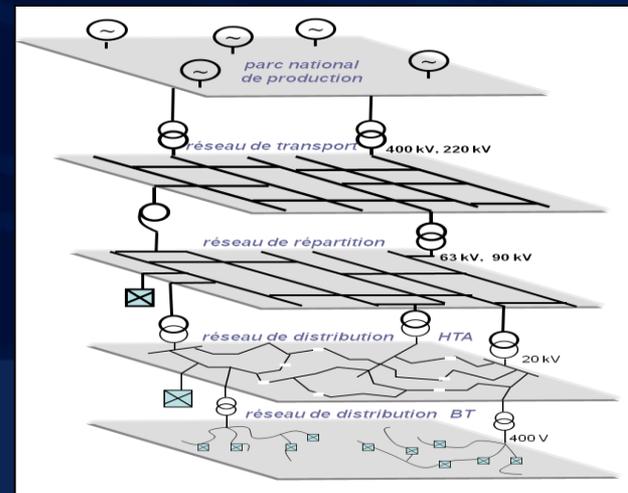
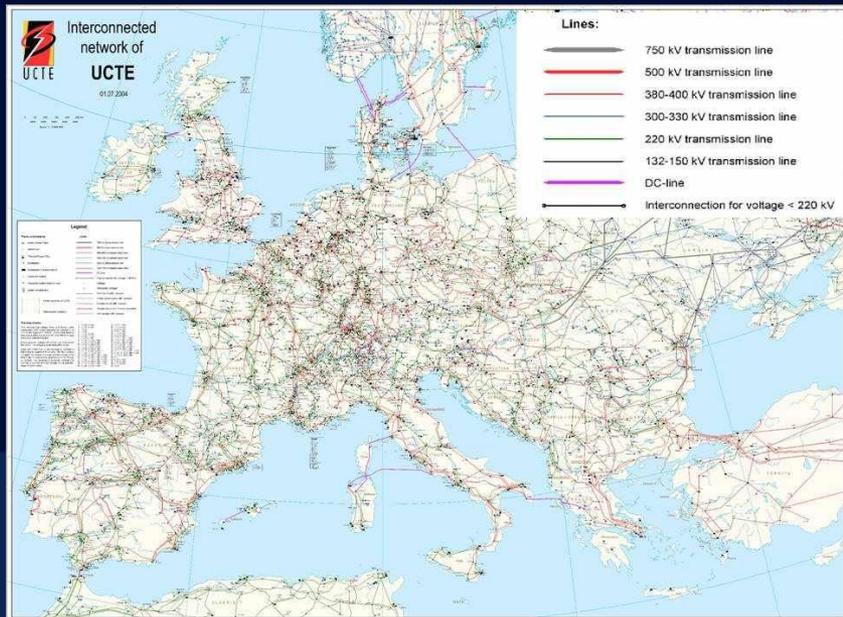
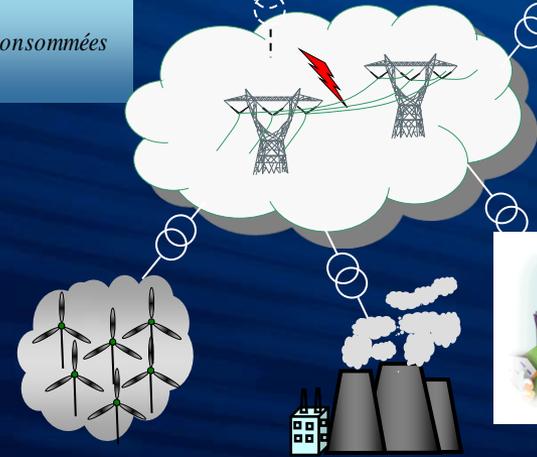
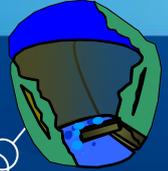
Toronto, blackout August 2003 (wiki)

Les systèmes électriques: mutualisation des sources et des charges

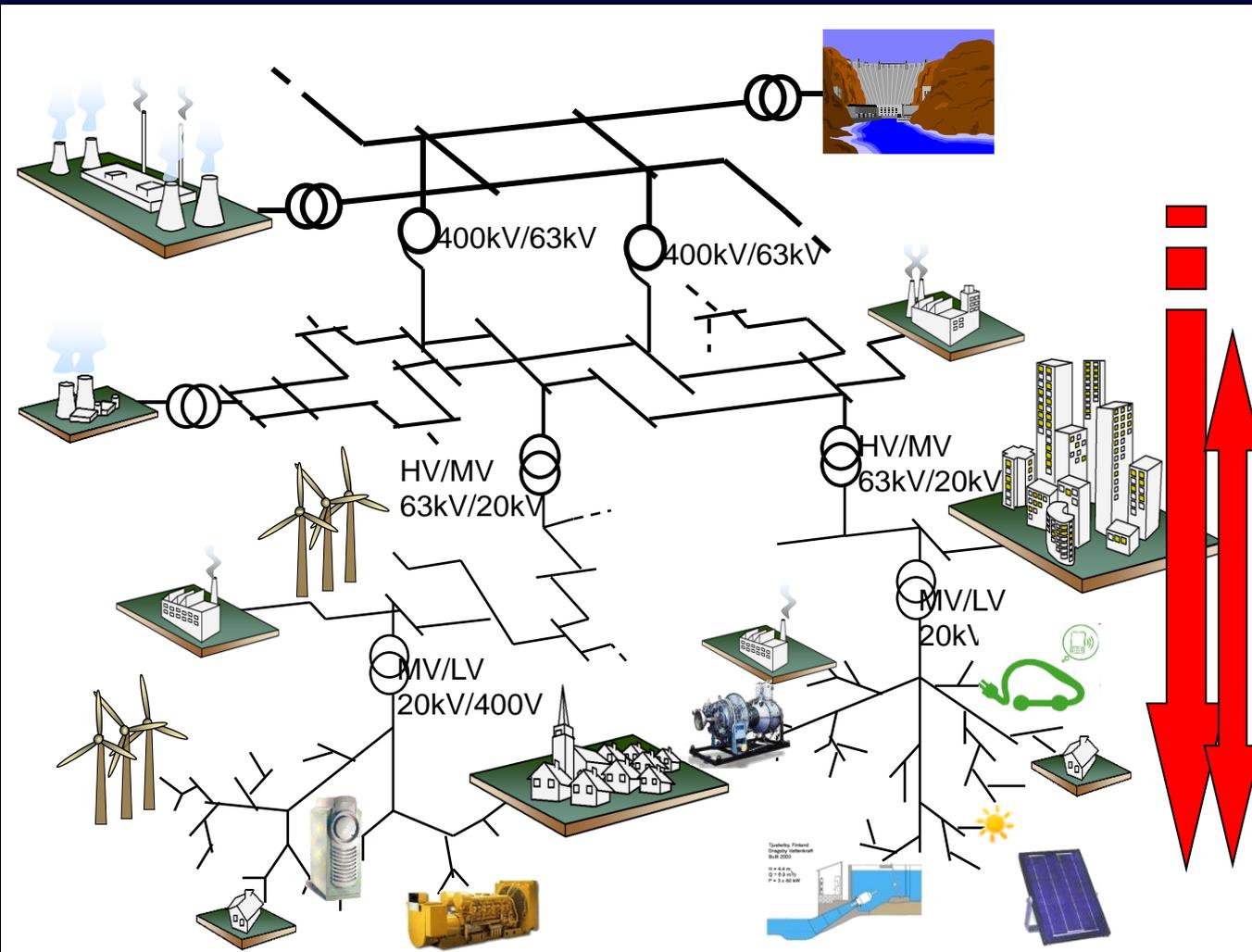
■ Réseaux: facteur d'économie globale

- **Economie** – sûreté - qualité
- **Mutualisation** = foisonnement
 - Donne de la valeur à l'ensemble de ses utilisateurs
 - Fiabilité/coûts optimisés
- **Grand système** = structuration hiérarchique
- Intérêt croissant des **interconnexions**

$$\sum_{i \text{ centrales}} P_{\text{installées}} \leq \sum_{i \text{ charges}} P_{\text{consommées}}$$



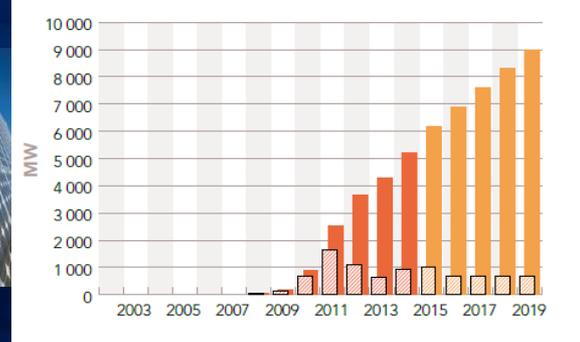
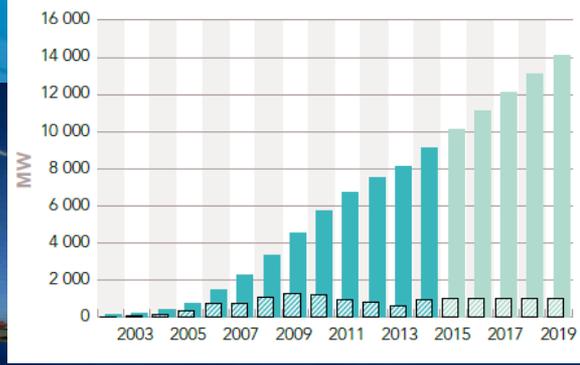
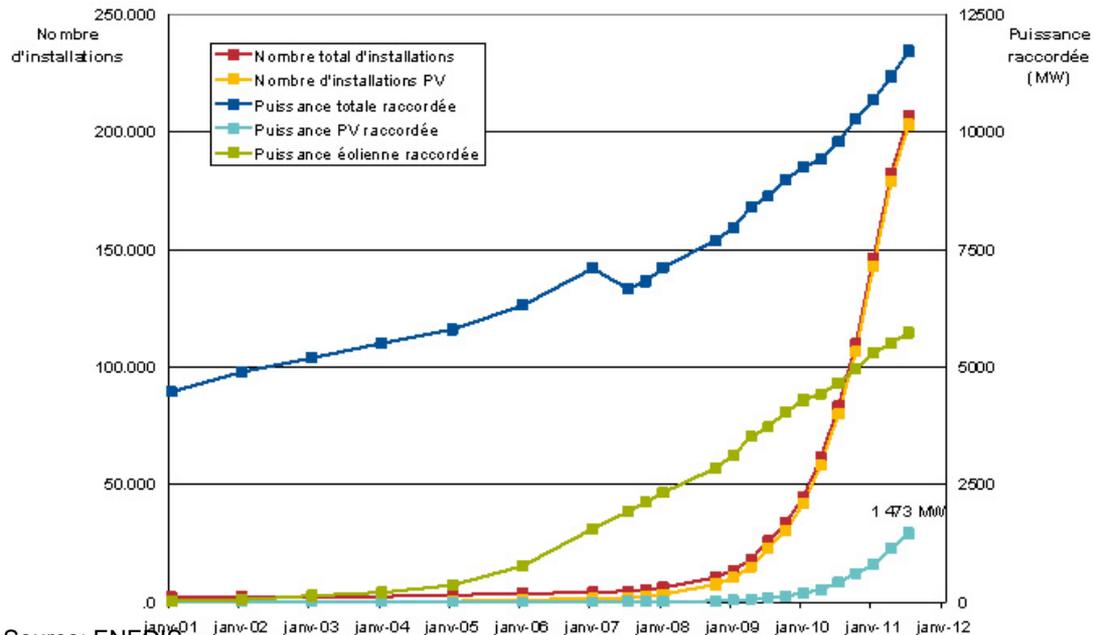
Changement de paradigme...



- Impacts positifs et négatifs
- Plupart ENR
- Gestion du patrimoine
- Risque de pannes
- Coût et acceptabilité
- Évolution des réseaux

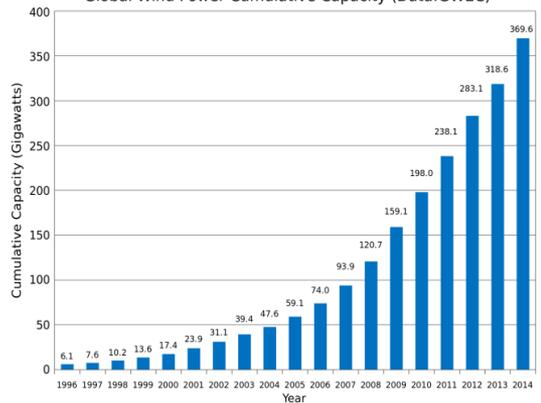
Evolution Française et mondiale...

Nombre et puissance cumulée des installations de production raccordées au réseau d'ERDF (données ERDF)



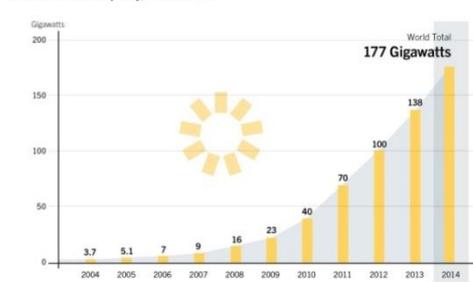
2015: 342406 unités, 19343 MW

Global Wind Power Cumulative Capacity (Data:GWEC)



Monde

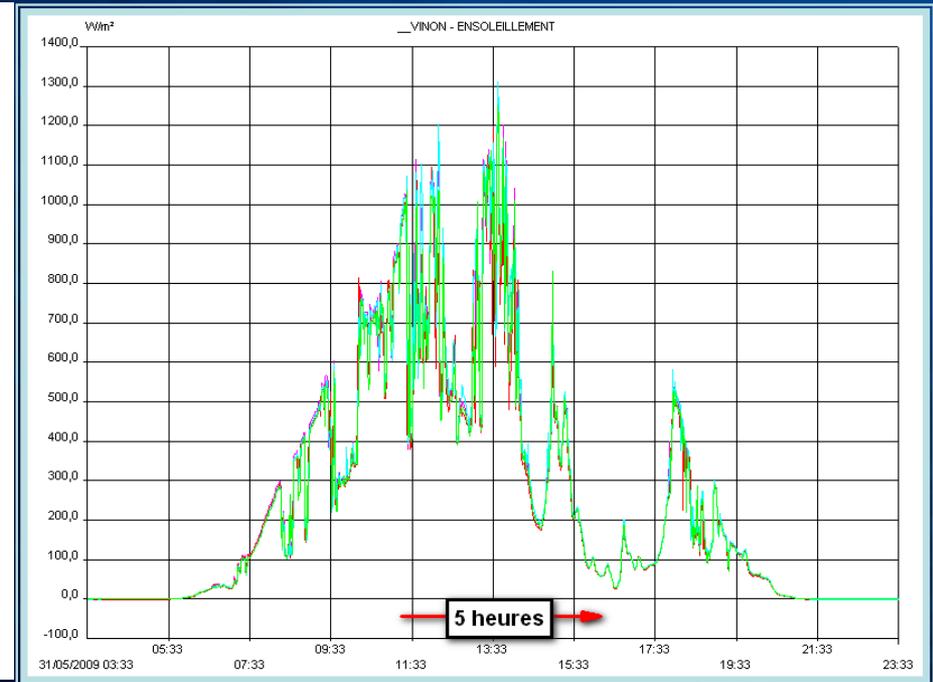
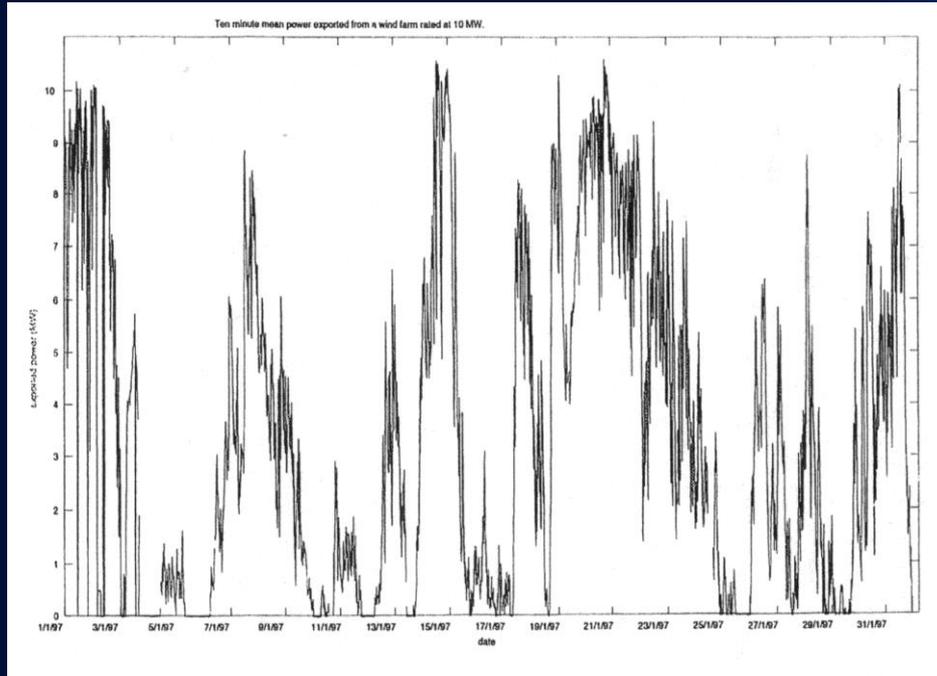
Solar PV Global Capacity, 2004-2014



Intégration de l'énergie intermittente et VEHR

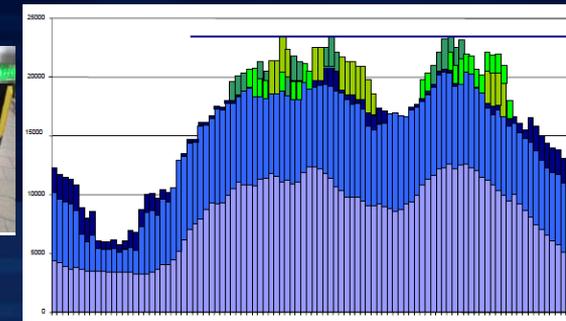
Puissance de sortie d'une ferme éolienne sur 1 mois, RU

Ex : Vinon sur Verdon (31 mai 2009)

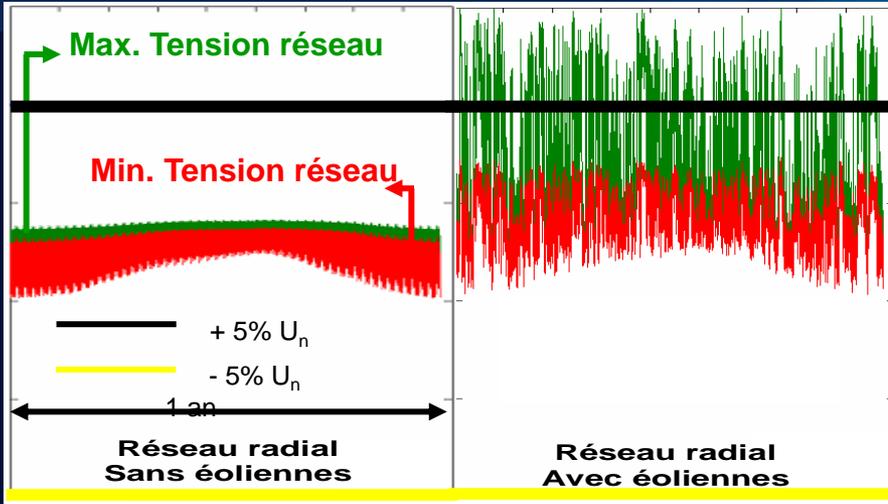


■ VEHR

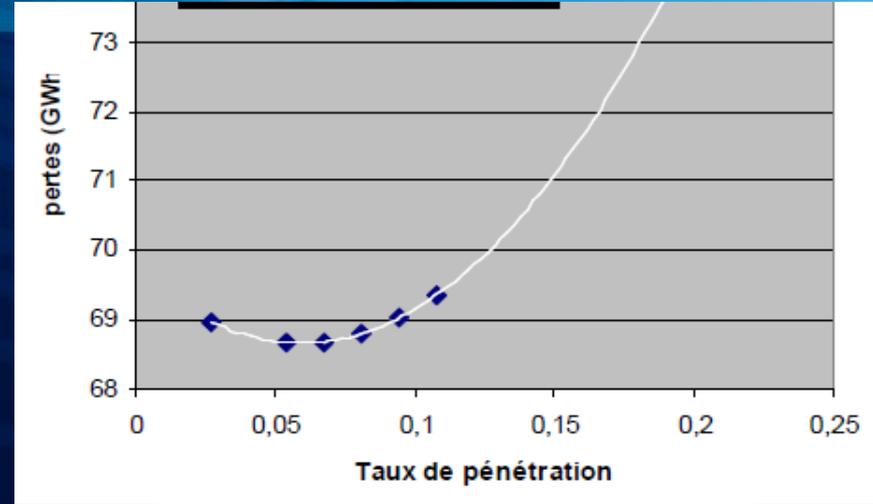
- 1 Mo Bornes de recharges rapides – 43 GW
- Effets stochastiques – géographiques et temporels



Quelques impacts techniques



Impact sur le profil de tension



Impact sur les pertes techniques

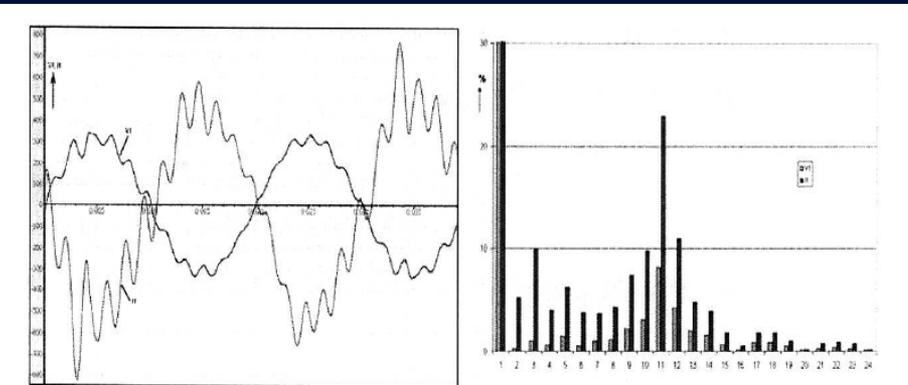
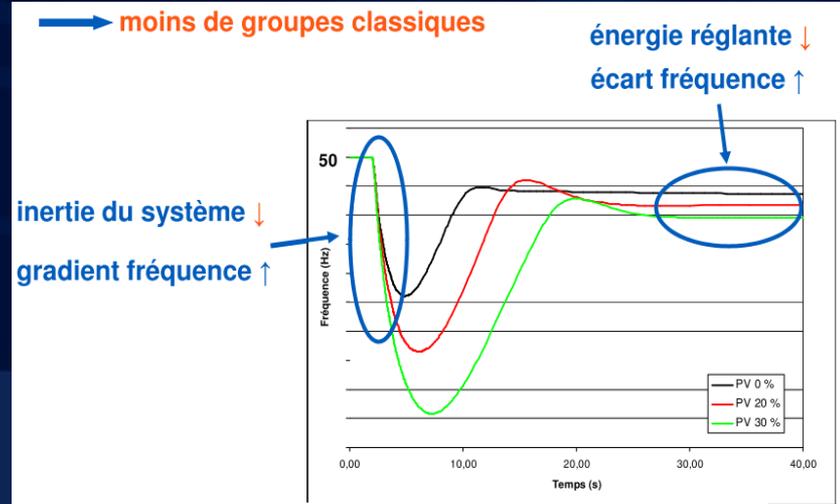


Figure 2. Voltage and current waveforms at the low voltage side of a MV/LV transformer, and spectral distribution of harmonics with the 11th harmonic salient due to grid resonance (Bosman 2006)

Impact sur les harmoniques

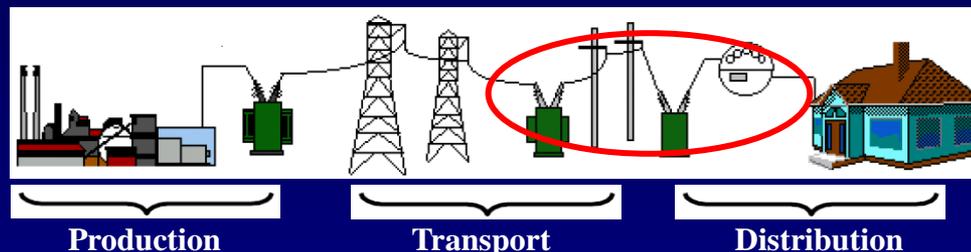


Impact sur les l'inertie

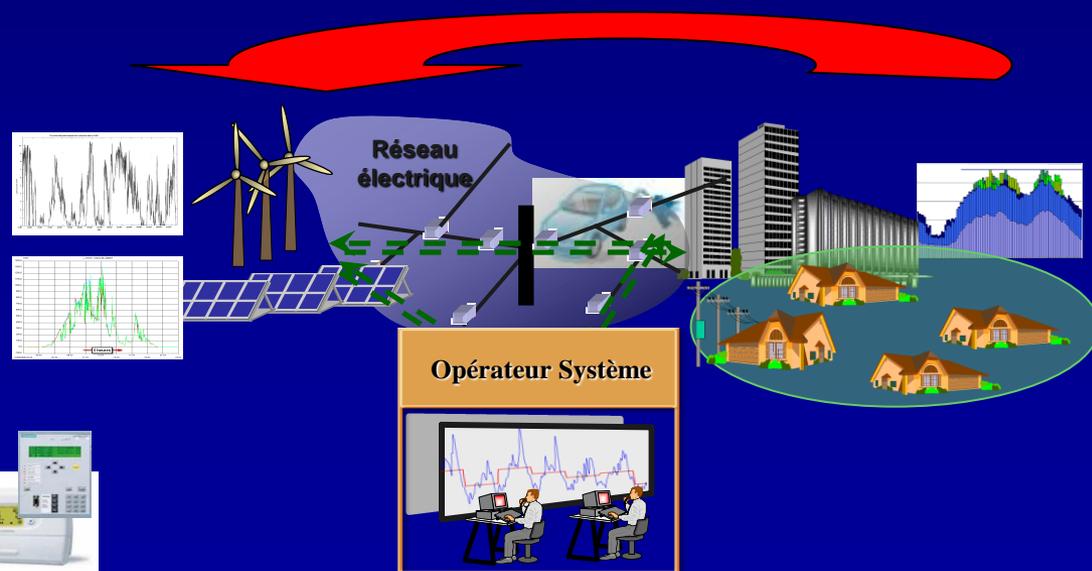
Evolution des réseaux électriques: « Smarter grids »: Définition et Implication

Il n'y a pas une **définition** unique des "SmartGrids!"
Fondamentaux vs. Priorités

- **Chaîne énergétique** des SmartGrids:



- **Concerne plusieurs technologies:**
 - Pilotage de la demande, AMM,
 - Production décentralisée,
 - Capteurs intelligents, intelligence distribuée...
 - SCADA, Observabilité, ...



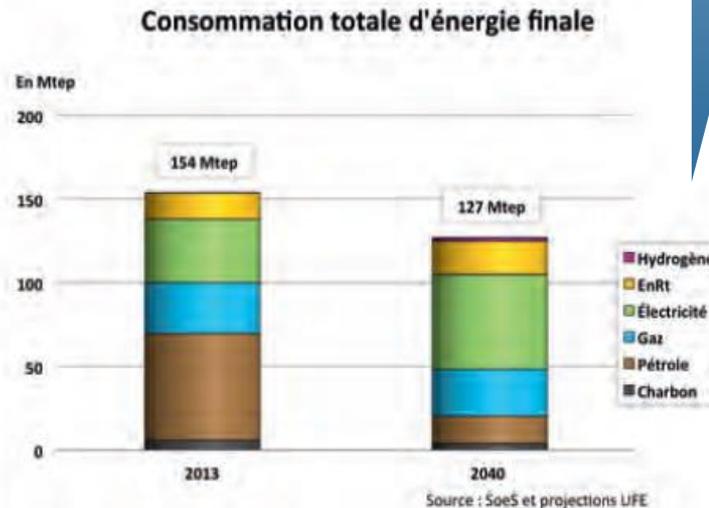
- **AMM** est un élément clé des SmartGrids mais pas le seul



Quelques faits marquants vs. perspectives

2015

- **L'année la plus chaude** jamais enregistrée (1909 la plus froide)
- **Loi transition** énergétique et COP 21
- **US\$ 286 Milliards** d'investissements dans les EnR (monde).
- **Véhicules électriques**: 50% de croissance
- **Plus de 300 millions** de consommateurs ont gagné l'accès à l'énergie (monde) .



2025 - 2050

- Part énergie **nucléaire**:
 - -50 % à h 2025:
- Part **EnR**
 - +23% à h 2020
 - +32% à h 2030
- Réduction **GES** (/1990)
 - 40 % à h 2030
 - Facteur 4 à h 2050
- Réduction part **fossile**
 - 30% à h 2030
- Réduction **consommation**
 - 20% à h 2030
 - 50% à h 2050
- Electricité liée au **numérique**
 - +50 TWh à h 2040

Les tendances...

Les systèmes énergétiques seront :

PLUS ELECTRIQUES

- Demande **d'électricité** tirée par la "décarbonation" et les reports et nouveaux d'usages, les dispositifs intelligents, ...
- **2X** croissance demande Elec/énergie à h 2040



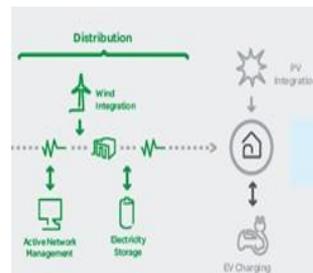
PLUS CONNECTES

- **Internet des objets** vont connecter au moins 50 Mrds d'objets dans les 5 prochaine années



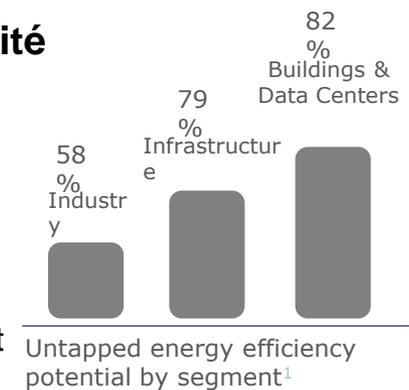
PLUS DISTRIBUTES

- Raccordement **énergies décentralisées** proches de l'utilisateur, dispersées, BEV/TEV, microgrids, gestion locale de l'énergie, consomm'acteur, ...
- **70%** des nouvelles productions seront des EnR à h 2040



PLUS EFFICACES

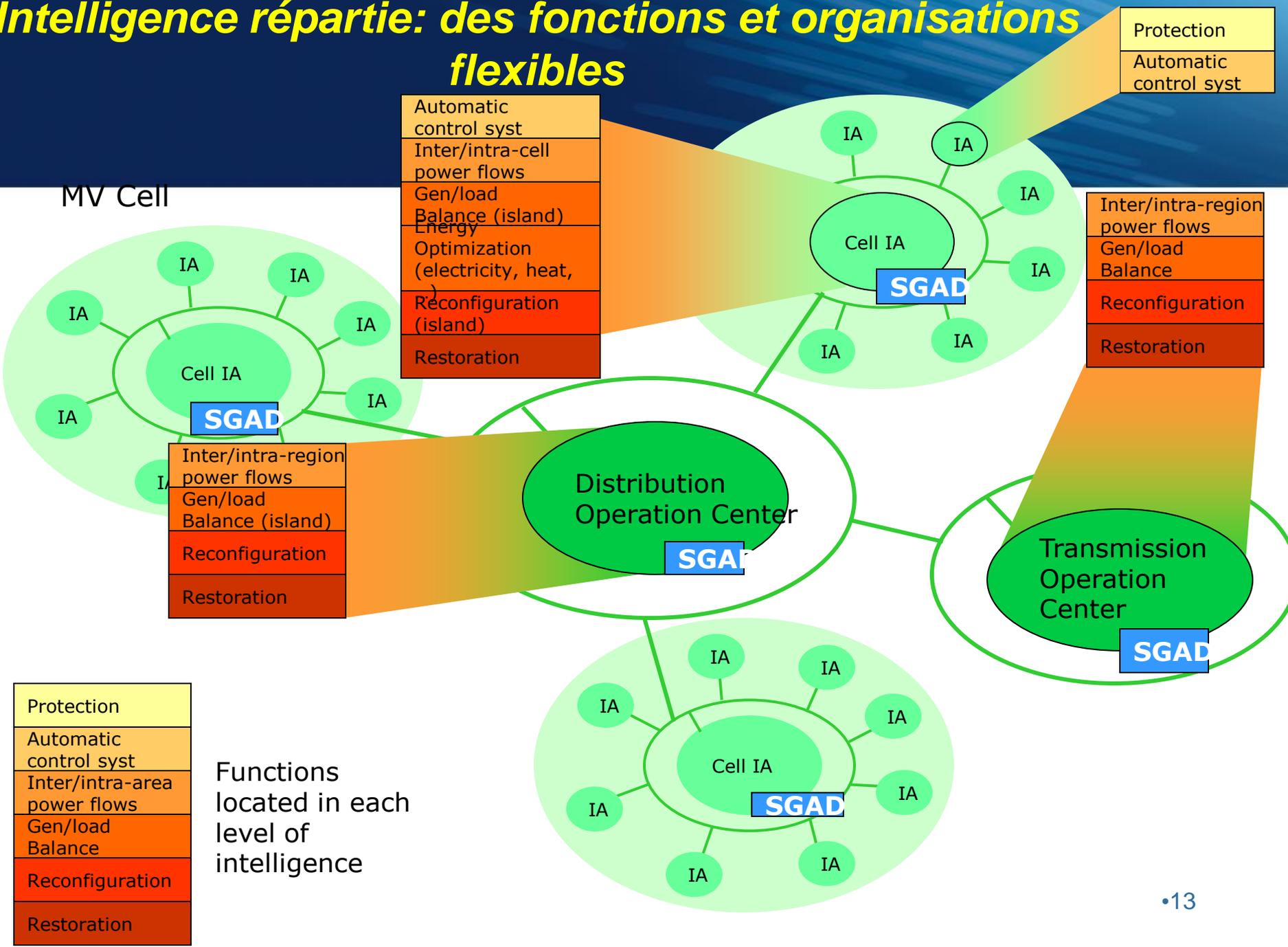
- **2/3** du potentiel **d'efficacité énergétique** encore inexploités
- Bâtiments, industrie & infrastructure, utilisateurs finaux et les *data centers* cherchent à améliorer les performances, l'efficacité et l'empreinte carbon



Les tendances dès à présent...

- **Vers une revanche** d'Edison (retour du continu)?...EnR et rendement
- **Emergence d'acteurs locaux** et « communautés » autour de la production locale de l'énergie et des nouveaux usages
- **Changement du paradigme** économique et technique:
 - De la *vente de l'énergie* sur la base du *cout/prix marginal* au paradigme d' *offre de service*
 - De la consommation *passive* à la *synchronisation* de la consommation sur la disponibilité de l'énergie (variabilité)
 - Des *micros grids* à la mise à disposition de *blocs d'énergie* à l'échelle locale
- **Gestion des « poches/cellules »** réseau à l'échelle locale
- Les défis:
 - Quelle est la valeur de la **mutualisation** ? Vision d'un réseau jouant le rôle de « **back up** »? Revoir les règles de partage – cout d'accès au réseau,
 - Liquidité d'un **marché** vs. Taille du marché?
 - Quels **besoins** pour la continuité de service?

Intelligence répartie: des fonctions et organisations flexibles

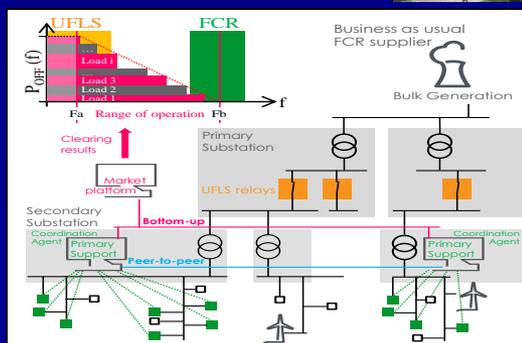
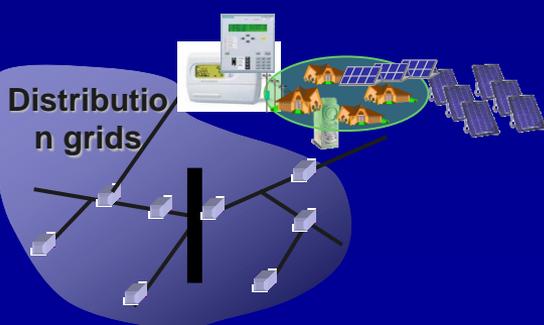
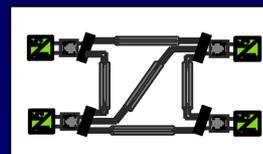


Functions located in each level of intelligence

Protection
Automatic control syst
Inter/intra-area power flows
Gen/load Balance
Reconfiguration
Restoration

Vision système « coopérative » : des microgrids aux supergrids

- **Besoin d'une vision système** et d'une **sûreté globale**
- **Des échelles différentes** mais **complémentaires: géographie et profils de production**
- **Microgrid:**
 - Production décentralisée
 - gestion locale – résilience
- **Supergrid:**
 - Combiner les visions verticales et horizontales
 - Réseaux à courant continu maillés
- **Une intelligence répartie:**
 - Gérer la complexité



Conclusion

- Système et réseau électrique
 - Un **bien commun**, un facteur d'économie globale
 - Système **complexe**, vulnérabilités inhérentes
 - Un système **vital** pour nos économies moderne
 - Nouveaux **défis**:
 - Montée rapide des EnR variables, VEHR, consomm'acteur, éclatement de la chaîne, résilience, ...
 - Nécessité d'une **vision système**: optimisation globale
 - Un **atout** dans la réflexion énergétique: **transition système** et non pas par « segment ou filière»
 - Champs de développement **scientifiques et technologiques**
 - Plus d'**intelligence**
 - Complémentarité des actions **locales** et **globales**
 - intelligence par la **coopération**
 - **Flexibilité, résilience** et modèle **économie**

