

Smart grids – Réseaux intelligents

Pourquoi et comment les réseaux électriques vont changer

Abdellatif Miraoui (Université Cadi Ayyad)

IRES - Rabat

12 juin 2012



UCA

Plan

1. Energie : nécessité, et impact
2. Les sources d'énergie & leur intégration
3. Perspectives : vers les smartgrids

Quelques Chiffres importants pour le Maroc (2007)

- Contribution au PIB (prix courant) : 7 %
- Investissements : 8,1 milliards de Dh
- Recettes fiscales : 12,5 milliards de Dh
- Consommation énergétique : 13,1 millions TEP
- Consommation / Habitant/An : 0,44 TEP
- Dépendance énergétique : 96 %
- Facture énergétique : 46 milliards Dh
- Énergie électrique nette appelée : 21 105 GWh (+8,1%)
- Puissance électrique installée : 5 312 MW
(thermique : 65%, Hydraulique : 33%, Éolien : 2%)

Un peu d'histoire

- Jusqu'en 1800 : un monde renouvelable
 - Feu (de bois)
 - Force motrice des animaux
 - Vent
 - Eau
- A partir du 19ème : le monde devient fossile
 - charbon, pétrole, gaz
 - plus récemment, le nucléaire (uranium)
- Aujourd'hui, par habitant, une société industrielle consomme 115 fois plus d'énergie qu'une société primitive

Illustration sur 200 ans en France

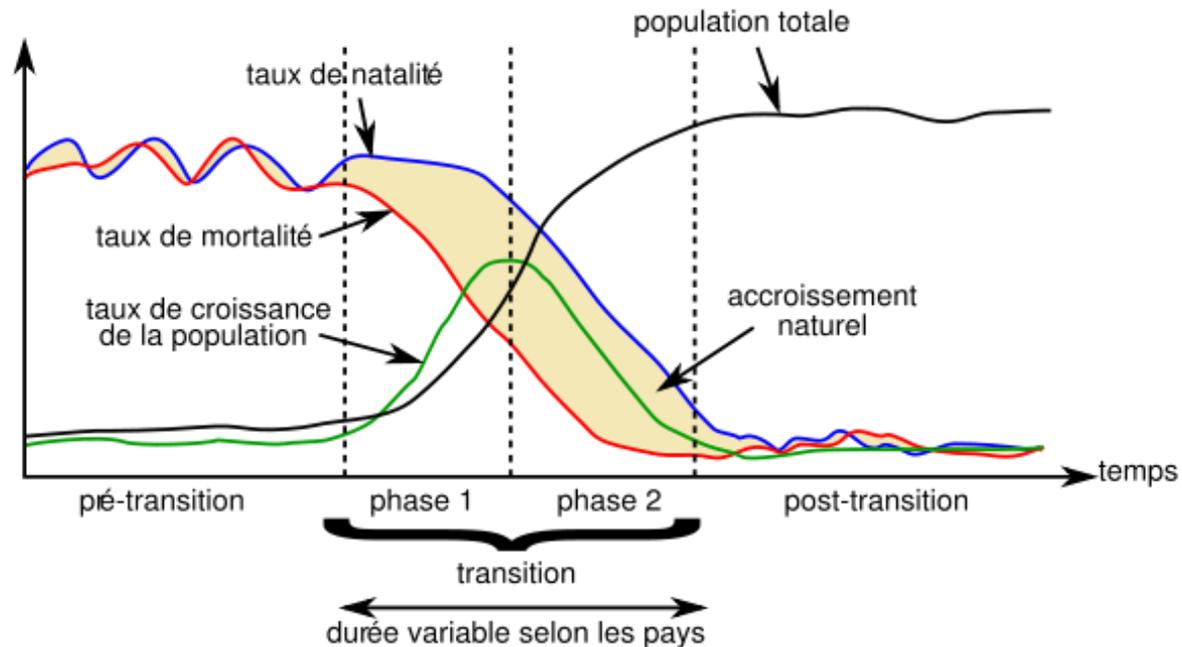
- Consommation énergétique
 - Multipliée par 14 par français (croissance de 1,3%/an)
 - Multipliée par 28 pour la France (soit 1,75%/an) (la population a doublée)
- Espérance de vie
 - 1780-89 : 30 ans
 - 1900 : environ 50 ans
 - 2000 : plus de 75 ans

Aujourd'hui : nos serviteurs énergétiques...

- En Europe occidental (exemple de la France), on disposons en permanence d'environ 100 serviteurs énergétiques
 - 26 pour le transports (5)
 - 20 pour l'agriculture (4)
 - 17 pour l'industrie (3.5)
 - 16 pour l'électricité (3.2)
 - 4 pour le chauffage (0,00...)
 - 3 pour les raffineries et les centrales (1)
 - 2 pour l'eau chaude (0,000)
 - Etc.

Toujours plus !

- Évolution de la population mondiale
 - 1820 : 1 milliard
 - 1925 : 2 milliards
 - 2000 : 6 milliards
- Chaque jour il y a environ 200 000 habitants supplémentaires



Toujours plus !

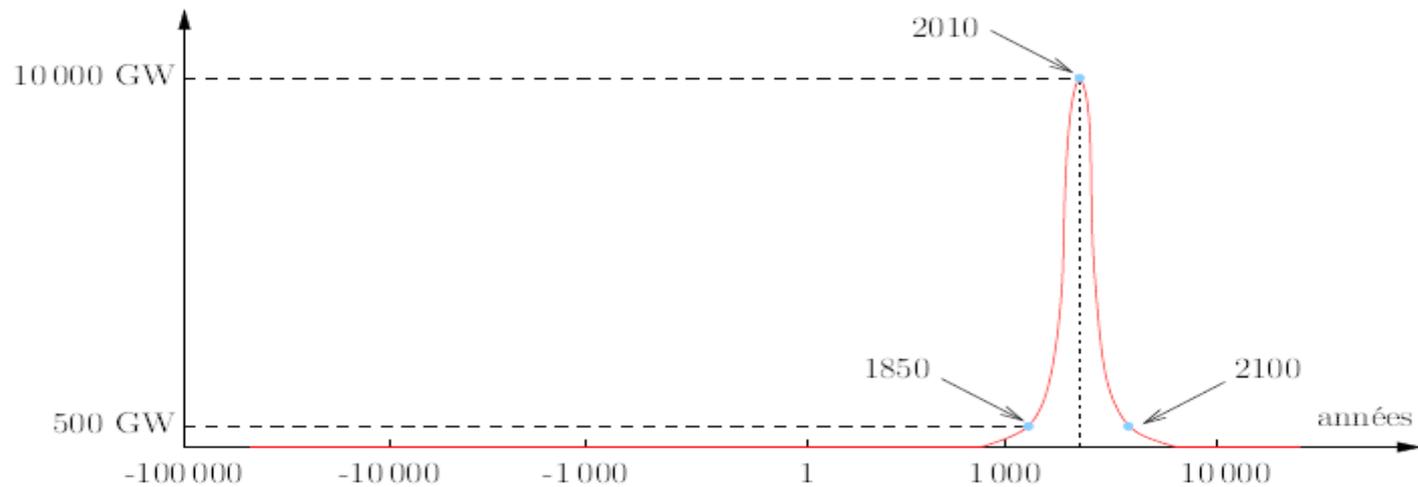
- Croissance mondiale prévue : 2-2,5%/an
- Prenons 2%/an : Consommation multipliée par 2,7 en 2050 et par 7,2 en 2100
 - Plus d'habitants = consommation énergétique accrue
 - Augmentation du niveau de vie des pays en voie de développement (2,8 milliards d'habitants vivent avec moins de 2\$/jour)
- **Besoin de plus d'énergie**

Dans le monde...

- 6 milliards d'habitants mais 2 milliards sans électricité
- Espérance de vie de ceux qui ont le moins accès à l'énergie : 36,5 ans
- Les pays industrialisés (25% de la population) consomment 64% de l'énergie produite

Problématique

- Réchauffement climatique
- Epuisement des ressources



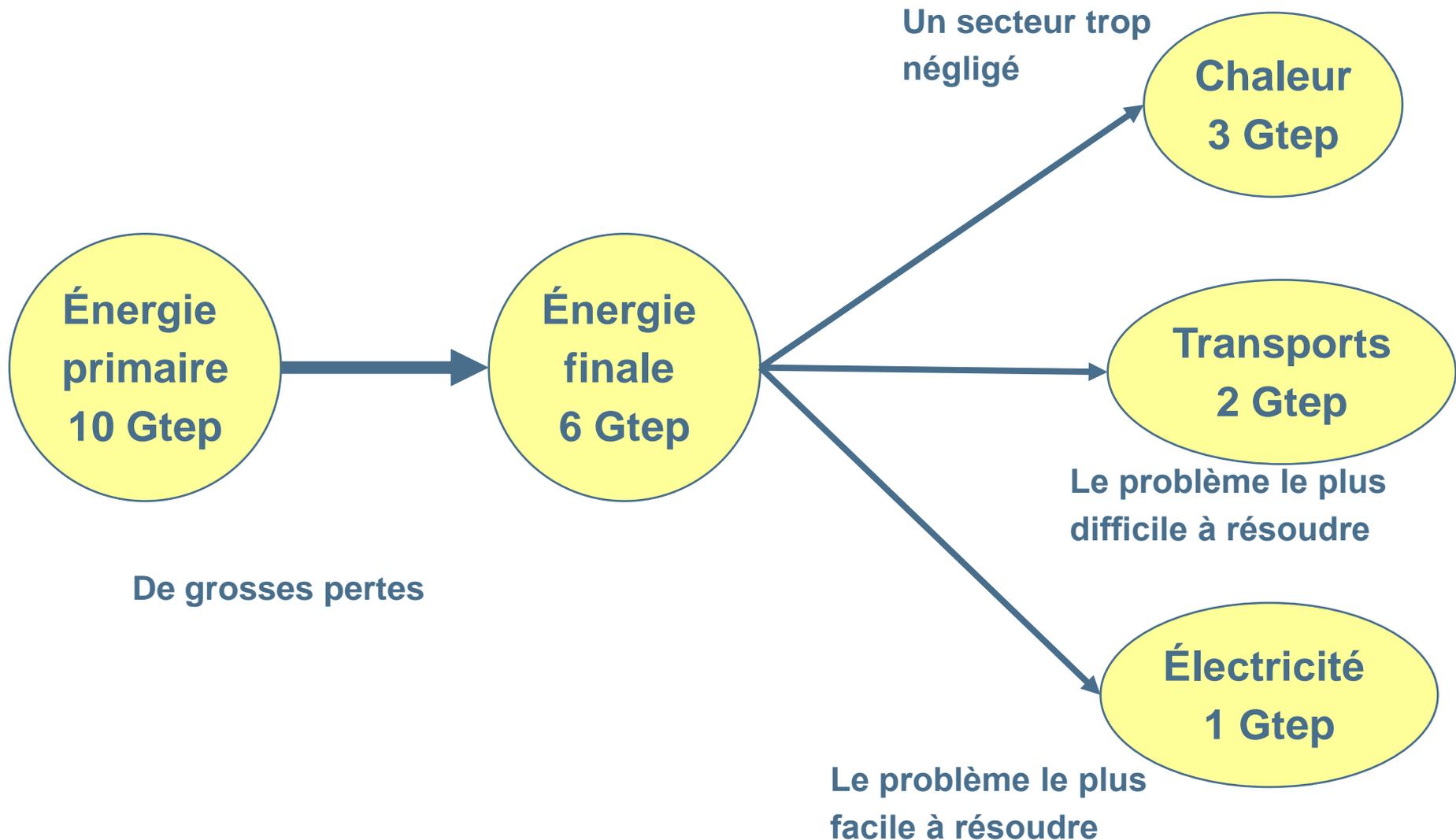
Que faire ?

- Aucun pays ne sait gérer sa société sans croissance économique
- Le modèle de croissance économique basé sur les énergies fossiles nous amène à un risque écologique majeur par le réchauffement climatique
- Renoncer à la croissance ?
- Se priver d'énergie ?
- Qui osera le premier ?
- Changer de modèle énergétique ?
- Pour quel autre?

Que faire ?

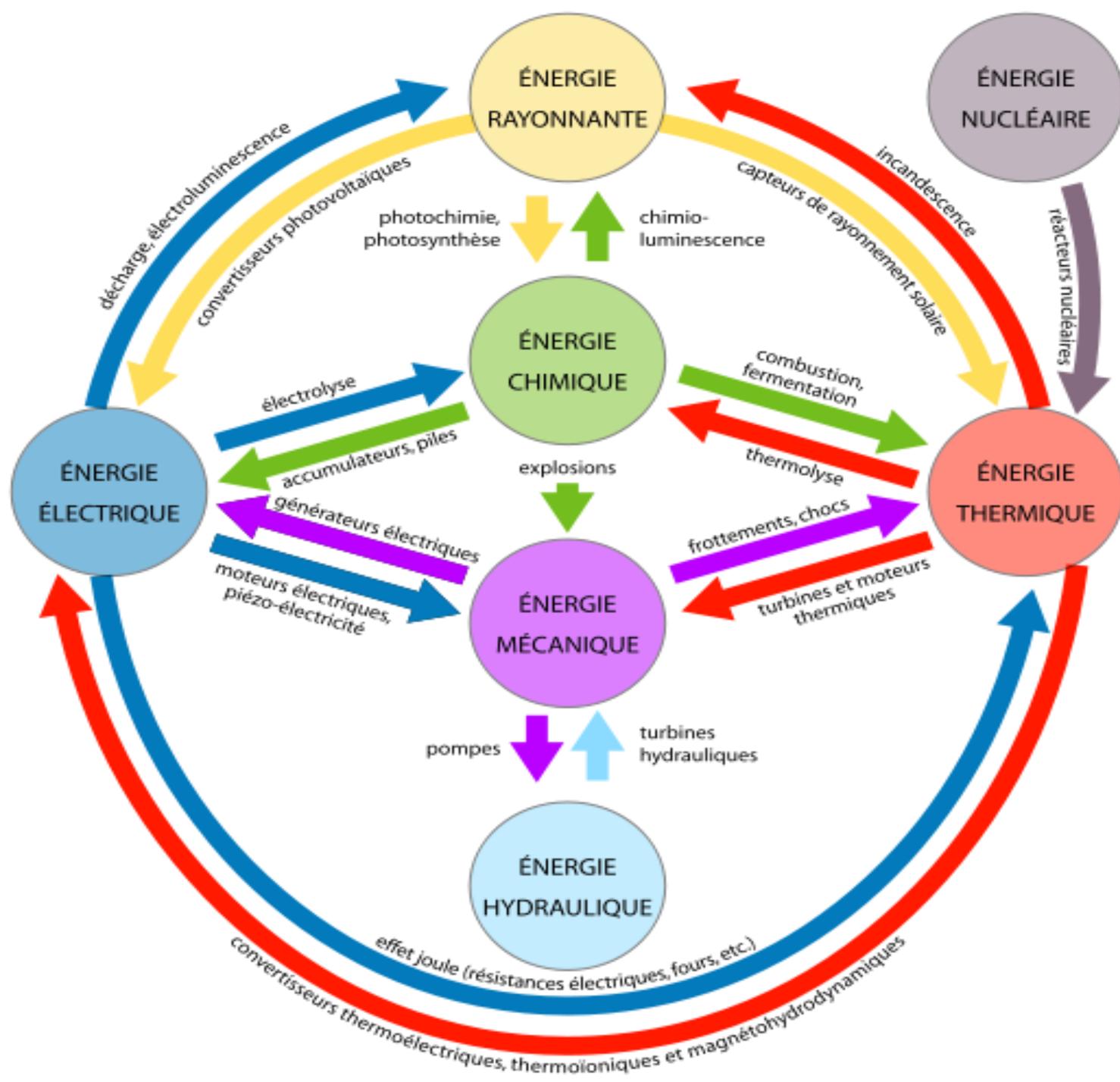
- Au 19ème siècle : **Révolution** industrielle (bouleversement de la société)
- Au 21ème siècle, pour changer de « monde », faut-il une autre **révolution** ou de simples *réformes*?
- « Décroissance » ?

Ordre de grandeur des usages de l'énergie dans le monde



De l'énergie... sous toute les formes !

- L'énergie est présente sous différentes formes
- Il est possible de passer d'une forme à une autre mais cela entraîne des pertes



Intégration des énergies renouvelables

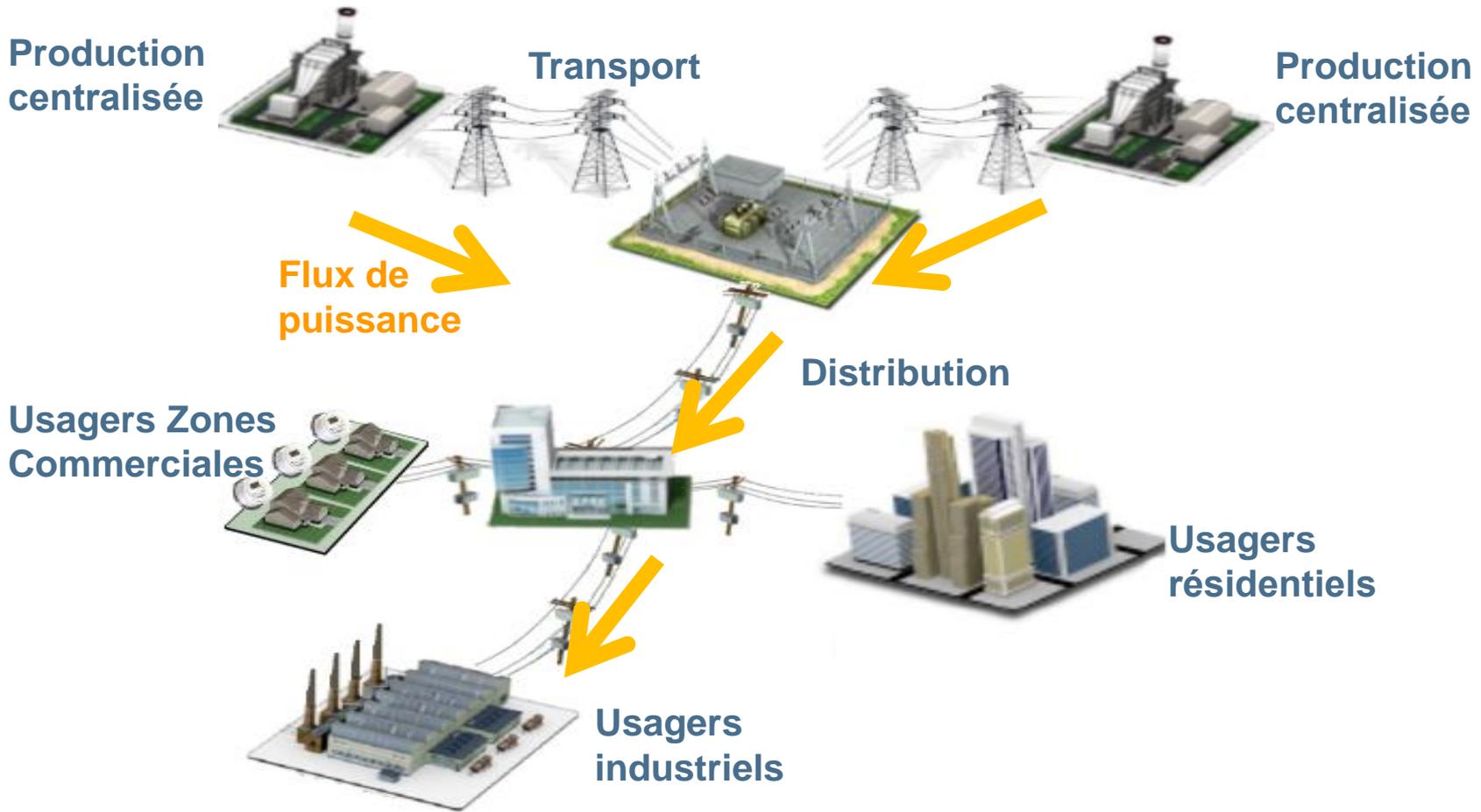
- **Intermittence : production très variable**
- **Dépendance de la météo**
- **Provoque des instabilités**
 - **Surtensions en bout de chaîne**
 - **Harmoniques**
 - **Besoin d'assurer l'équilibre production – consommation**
- **Multiplication du nombre de sources d'énergies à gérer**
- **Réseau pas capable de les gérer correctement aujourd'hui**

« Philosophie » de l'énergie

- Quelle approche de société ?
- L'énergie comme simple produit
 - La production suit la demande
- L'énergie comme bien commun
 - Limitation de la consommation ... voire rationnement
 - La production s'impose à la demande
- Une troisième voie, le smartgrid ?

1. Pourquoi un smart grid ?
2. Qu'est ce qu'un smart grid ?
3. Quels en sont les enjeux principaux ?
4. Où en est-on aujourd'hui ?
5. Quelles sont les principaux freins ?

Un système électrique en mutation : le XXème siècle



- Peu d'acteurs

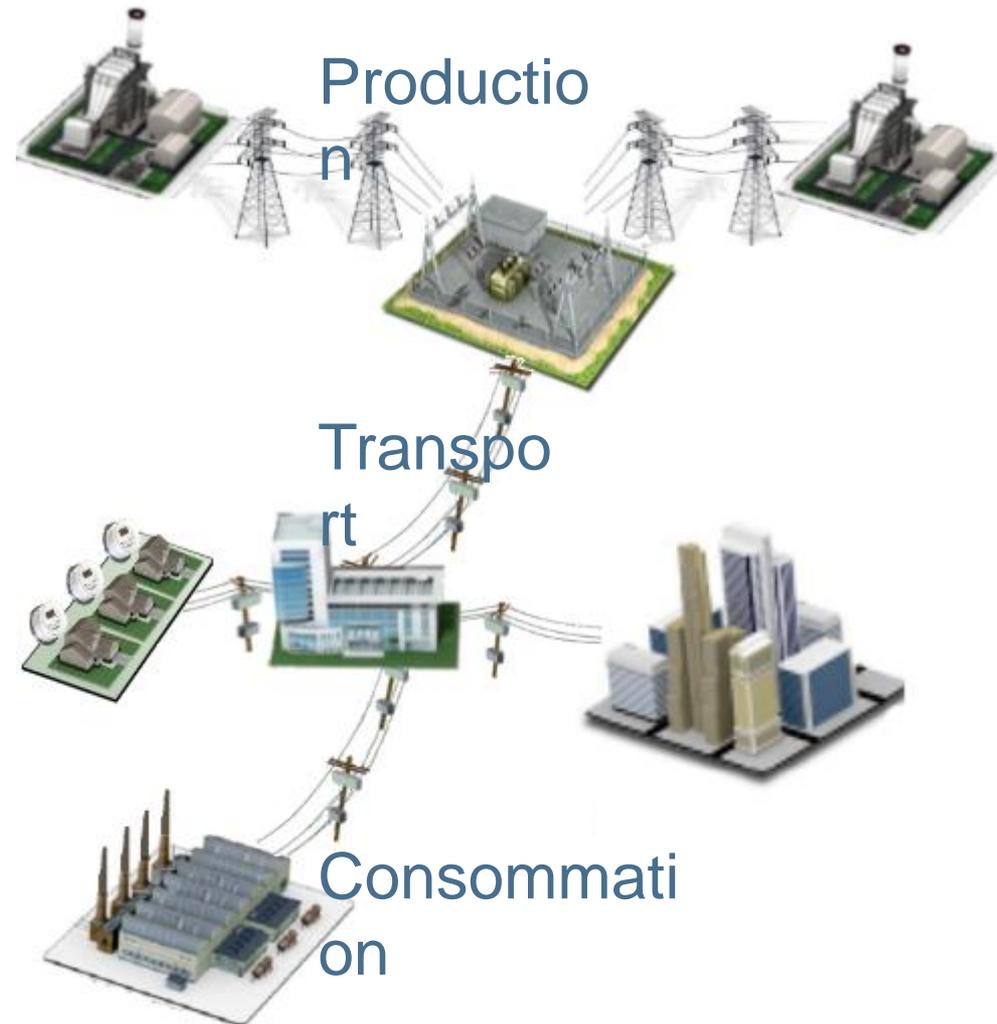
- Flux de puissance unidirectionnels

- Production centralisée

- Des réseaux de distribution passifs

Le réseau aujourd'hui

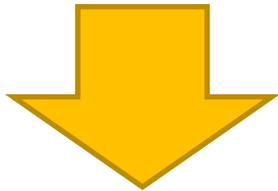
- Une solution éprouvée qui doit faire face à de nouveaux défis :
- **Environnementaux**
 - Réduction des émissions de CO2
- **Techniques**
 - Introduction des énergies renouvelables intermittentes
 - Stabilité du réseau électrique
 - Gestion locale des productions et consommations
- **Economiques**
 - Mise à niveau des infrastructures
 - Impact sur la tarification
 - Développement territorial (eg DOM-TOM)
- **Géopolitiques**
 - Indépendance énergétique



De nouveaux paradigmes

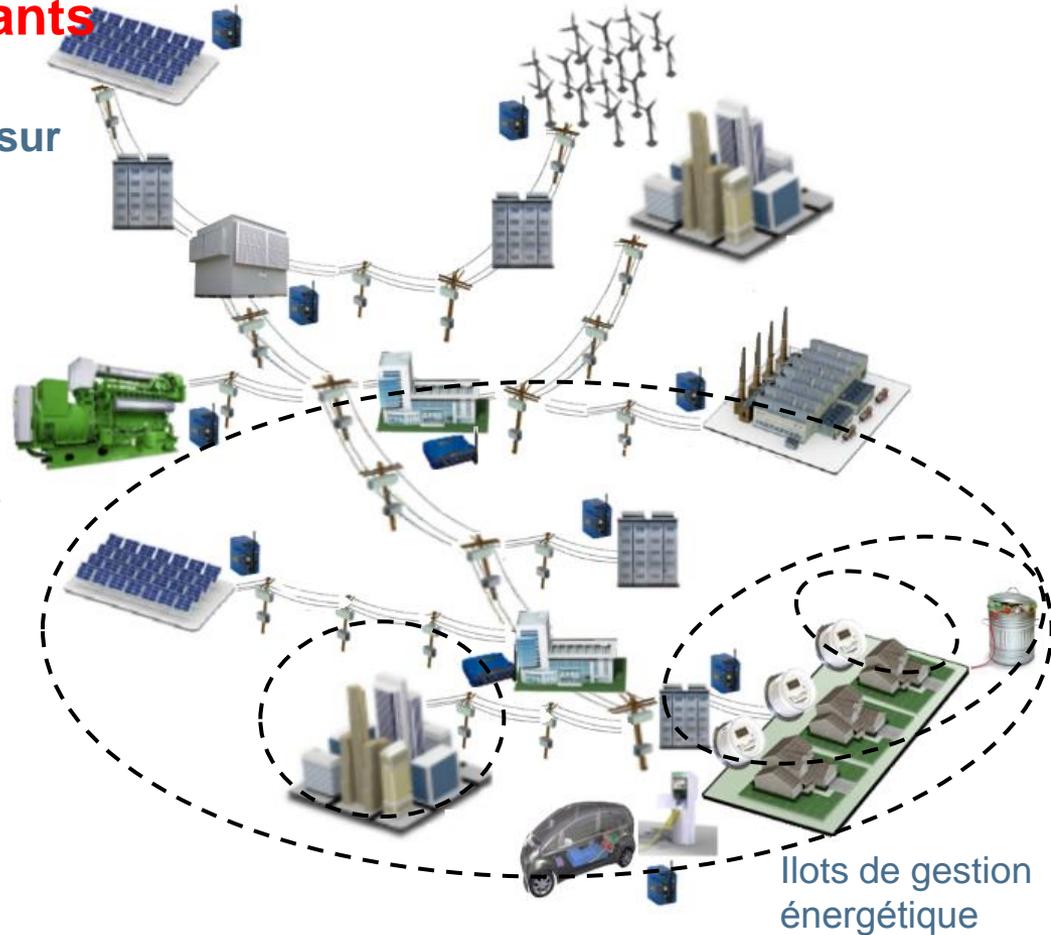
Conséquences pour le réseau de distribution : des facteurs aggravants

- Accroissement de la consommation sur les réseaux de distribution
- Développement de la production décentralisée sans participation aux services systèmes
- Baisse des investissements dans les réseaux de distribution
- Réseaux de distribution peu instrumentés et peu automatisés



- Nombreux acteurs
- Des réseaux actifs

- Flux de puissance bidirectionnels



De nouveaux paradigmes

Vers un nouveau concept : le SmartGrid

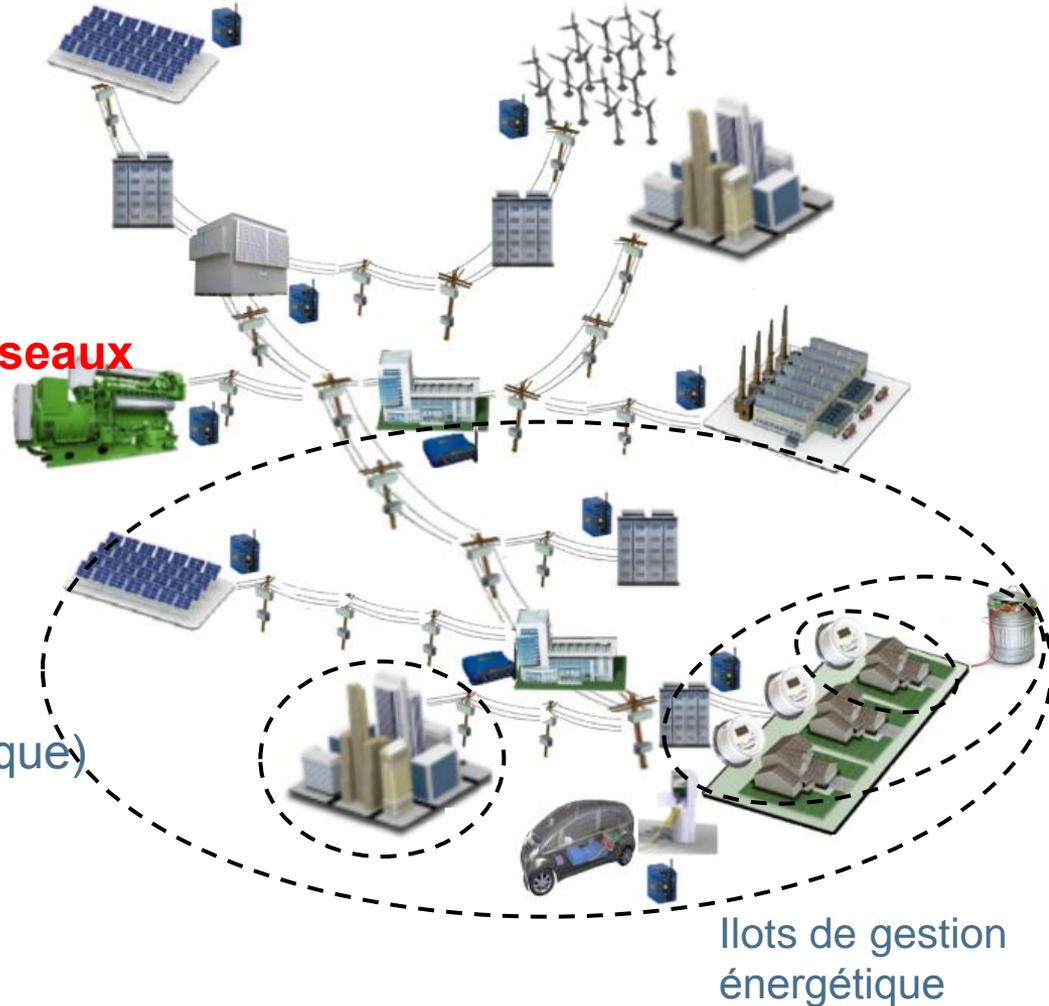
Nouvelles architectures à définir

Développement probable de micro-réseaux

optimisation énergétique
maillage « fractal »
adapté pour les localisations isolées

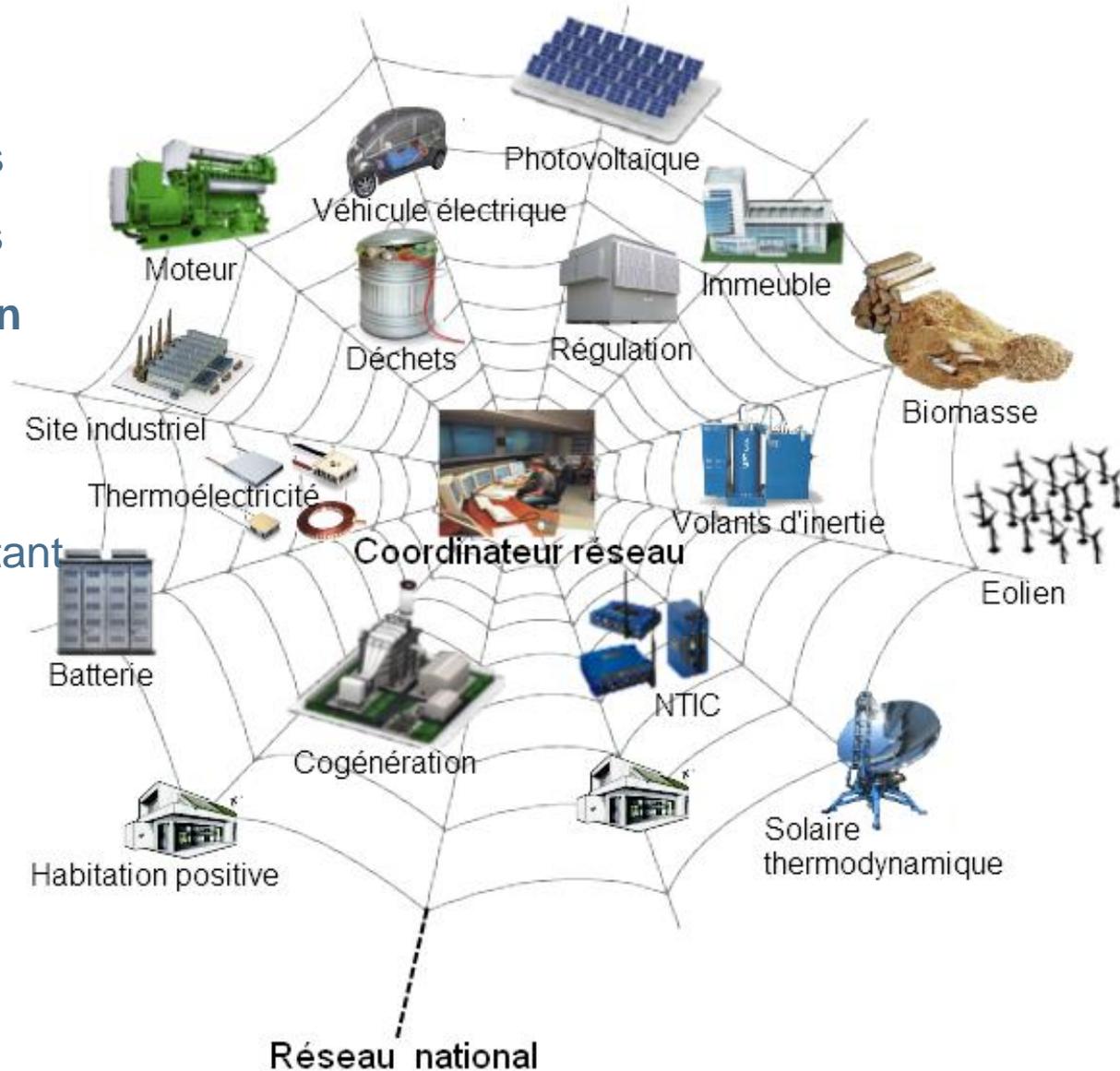
Différents niveaux

réseau résidentiel individuel (domotique)
réseau du quartier (éco-quartier)
réseau de la ville
réseau régional
réseau national



Le micro réseau

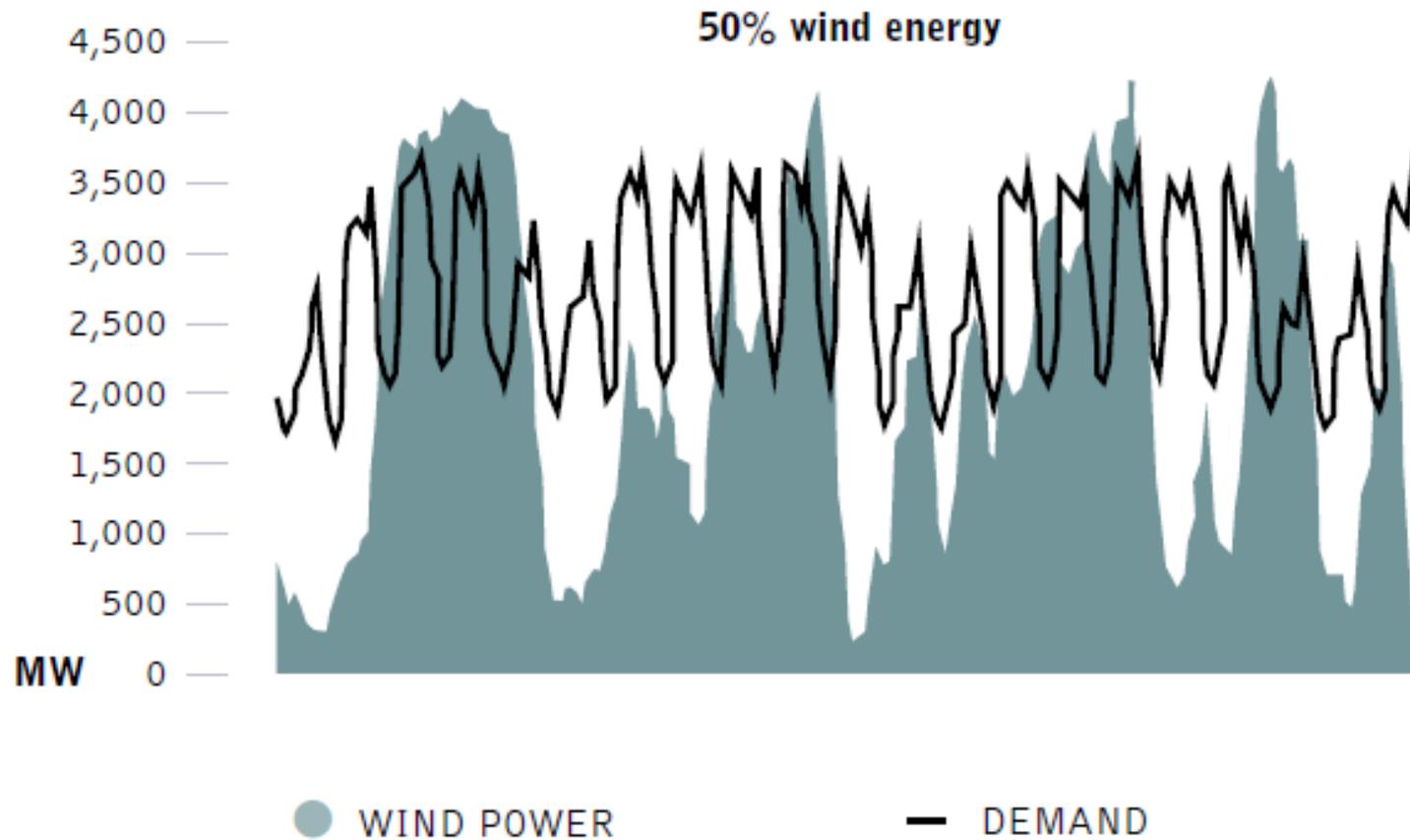
La **gestion intelligente** des futurs réseaux énergétiques impliquera une **optimisation énergétique** pour garantir la **qualité d'alimentation** en augmentant **l'efficacité des réseaux** et en réduisant **l'impact environnemental**.



Intégration des énergies renouvelables

- Intermittence : production très variable
- Dépendance de la météo
- Provoque des instabilités
 - Surtensions en bout de chaîne
 - Harmoniques
 - Besoin d'assurer l'équilibre production – consommation
- Multiplication du nombre de sources d'énergies à gérer
- Réseau pas capable de les gérer correctement aujourd'hui

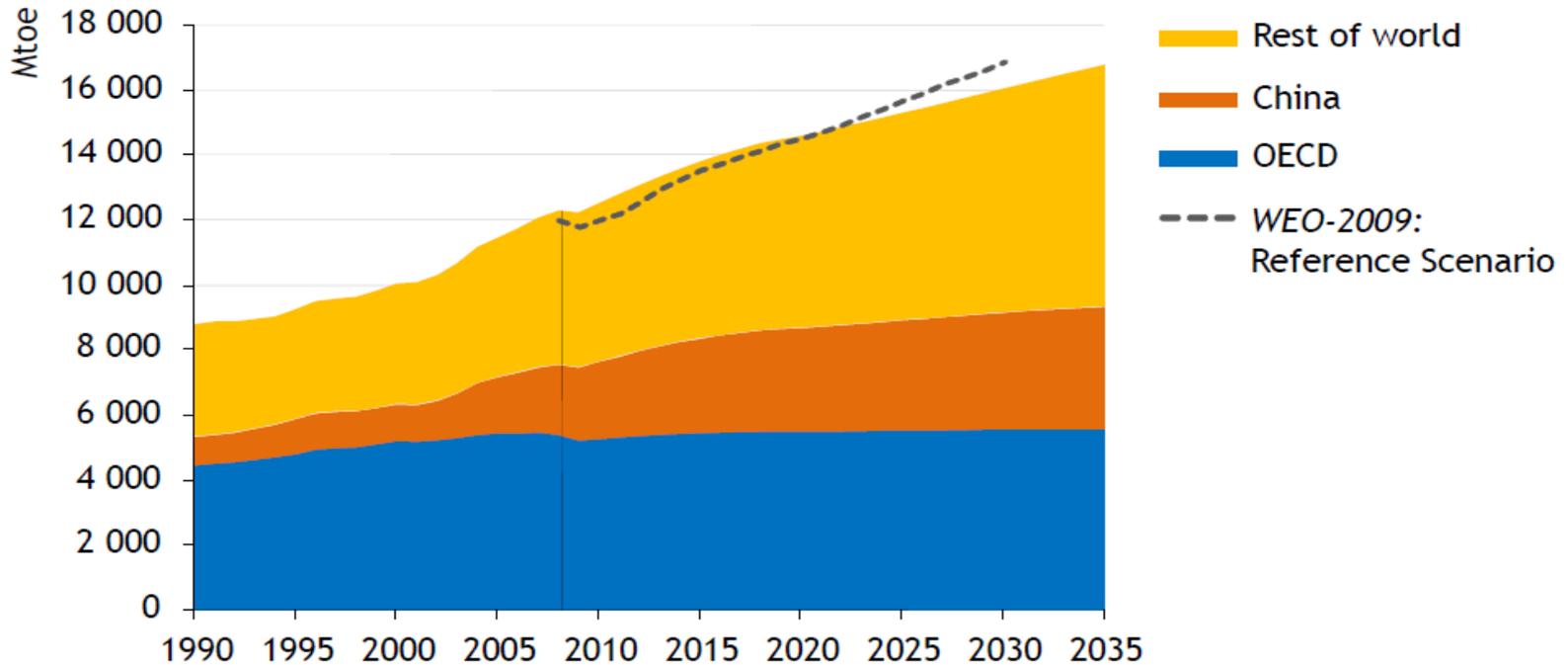
Des EnR difficiles à gérer : intermittence



Source : EUREC / Greenpeace

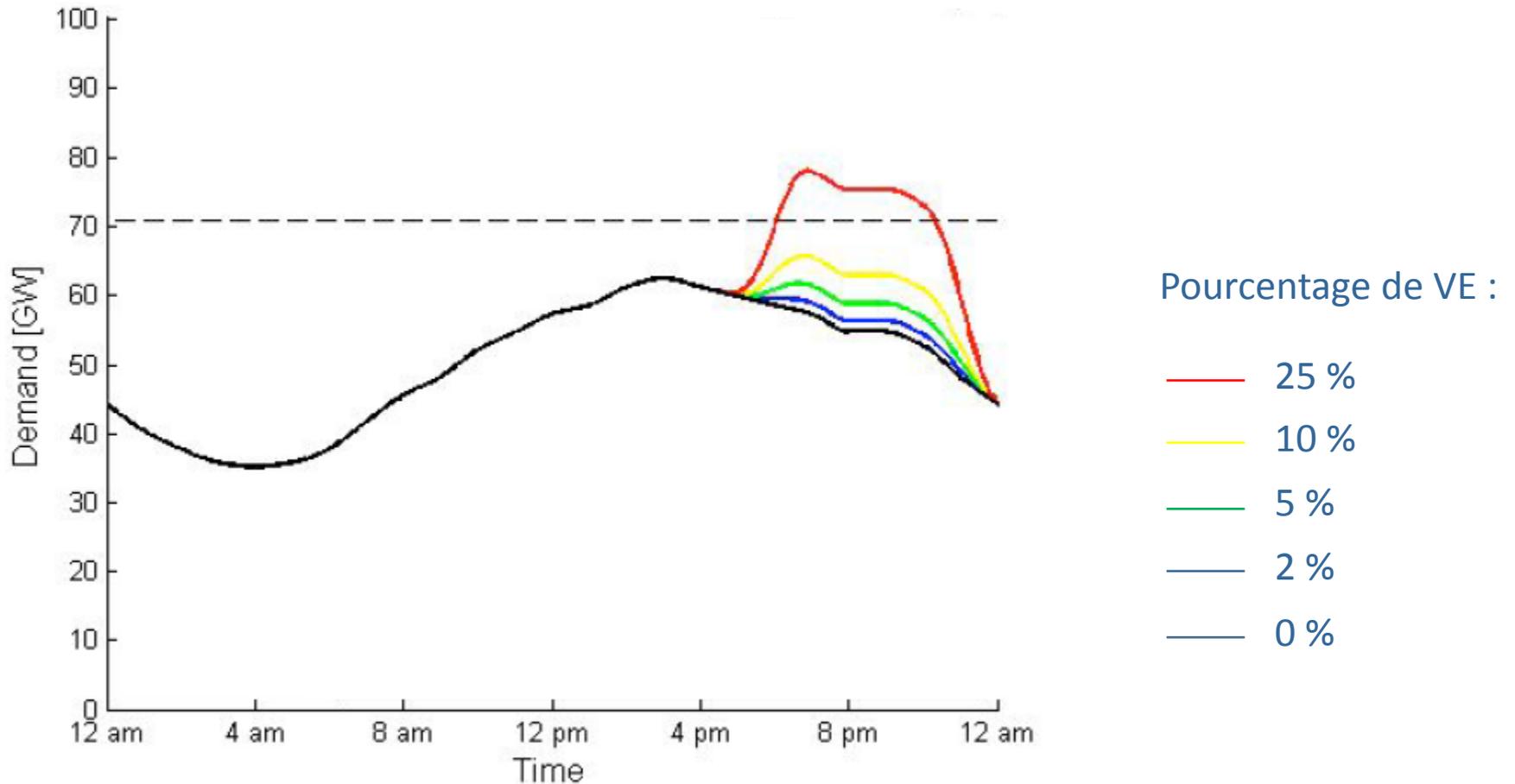
Augmentation de la demande

World primary energy demand by region in the New Policies Scenario



Global energy use grows by 36%, with non-OECD countries – led by China, where demand surges by 75% – accounting for almost all of the increase

Impact des véhicules électriques



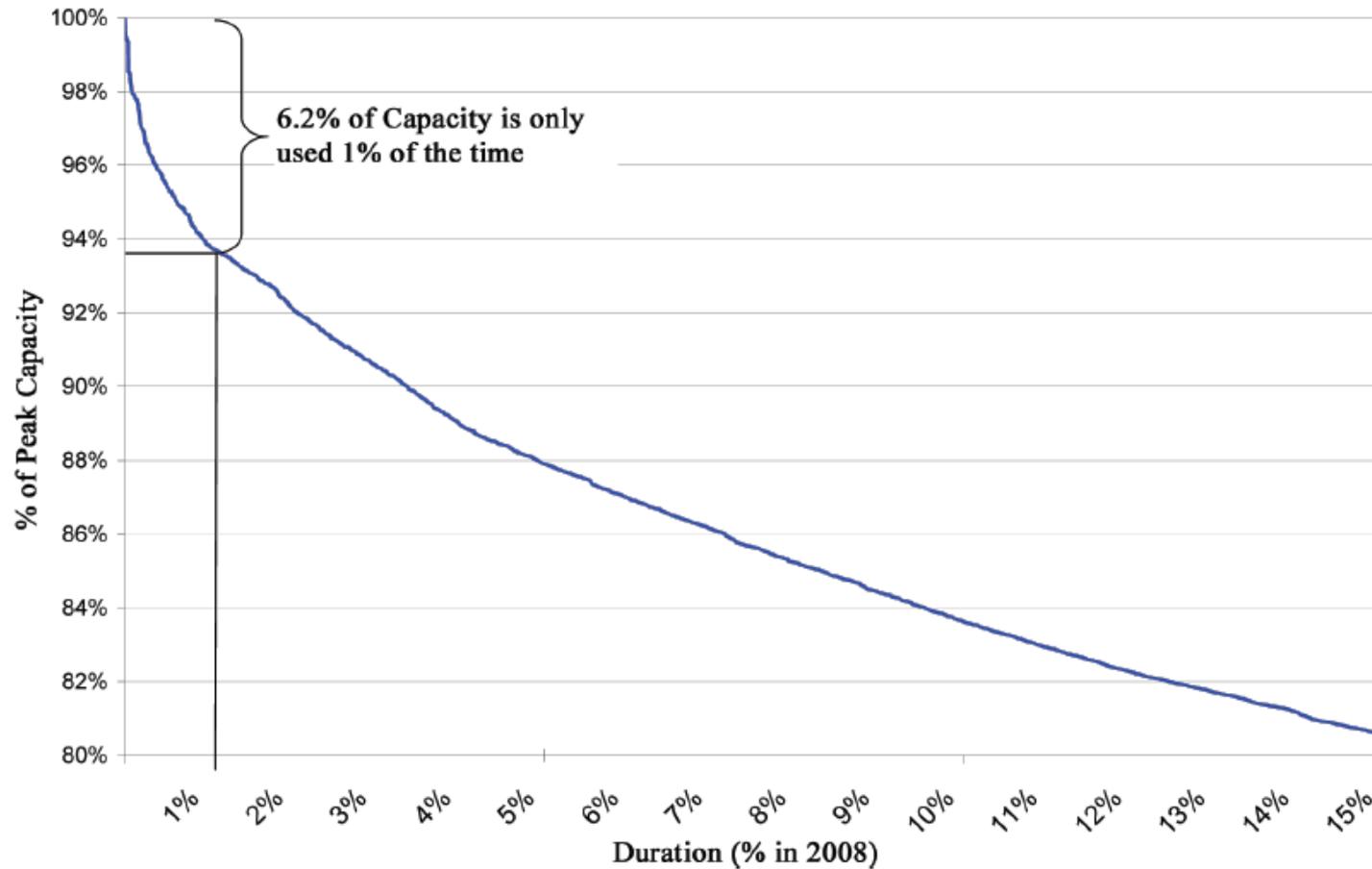
Source : DeForest et Al., UC Berkeley | Données sans gestion de charge, en Californie

Problèmes des énergies fossiles

- Gros émetteurs de gaz à effet de serre
- Coûts en augmentation
- Raréfaction des réserves
- Cause principale d'une balance commerciale négative
- Risques liés à la dépendance énergétique

Des pics de demande polluants et chers

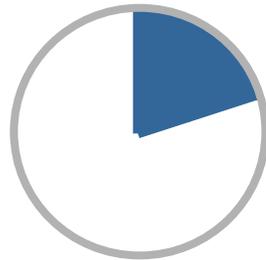
Figure 1 Top 15% of the French load duration curve, 2008



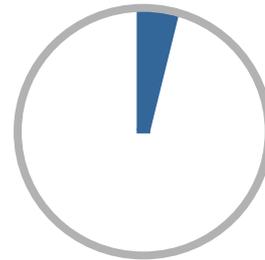
Source : Brattle Group

Des pics de demande polluants et chers

- Impossible de stocker l'énergie électrique !
- Appel à des centrales à charbon / à gaz pour les pics
- Exemple des USA : 20% de la capacité utilisée 5% de l'année



20 %



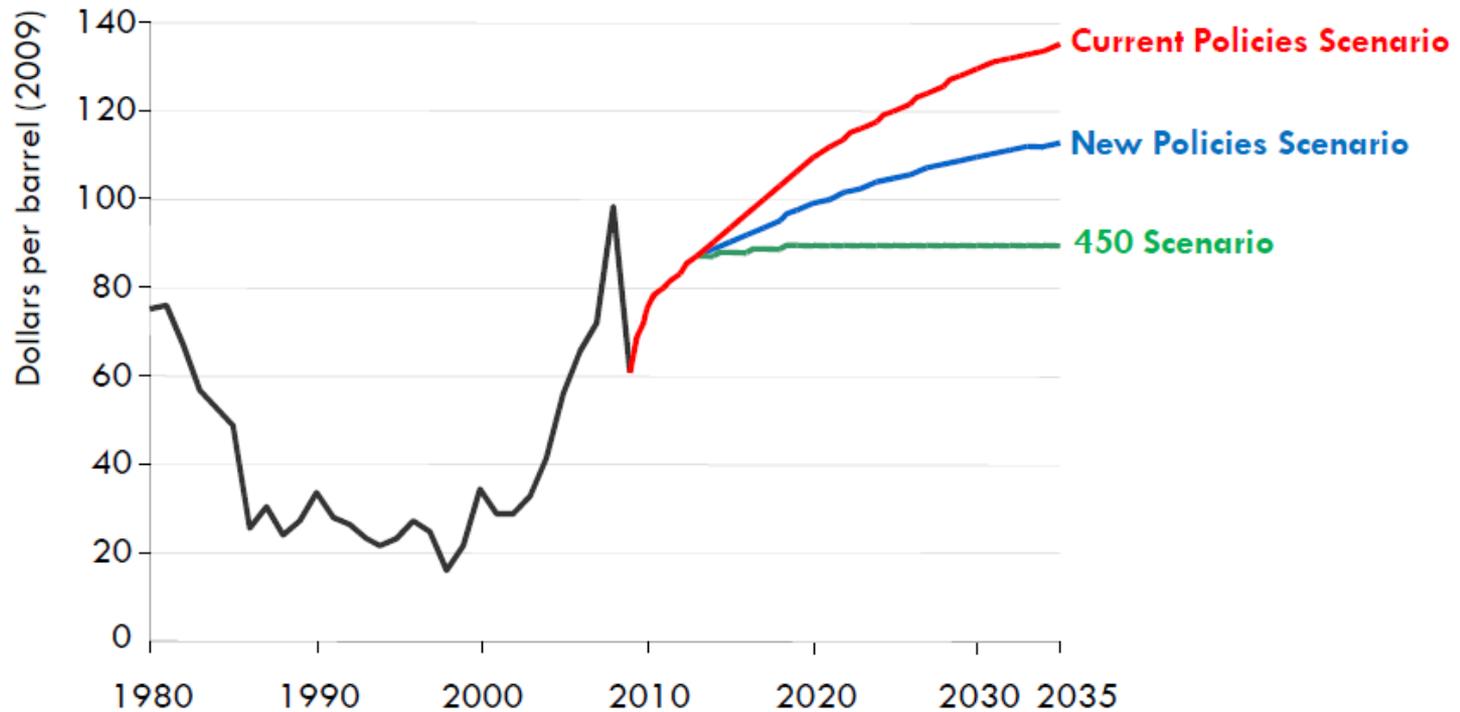
5 %

Des émissions très variables

Moyen de production	Emissions (gCO2/kWh)
Charbon	915
Fioul	676
Gaz	404
Nucléaire	0
Hydraulique	0
Eolien	0

Source : ADEME

Augmentation des prix de l'énergie



The age of cheap oil is over, though policy action could bring lower international prices than would otherwise be the case

Des opportunités à saisir

- Dans les pays en voie de développement (Chine, Inde, Maroc, ...) :
 - Existence d'un réseau simple de base
 - Mais peu développé
 - Besoins en explosion
 - Une opportunité : tout construire avec les meilleures technologies
 - Economie de temps et d'argent !
- Aux Etats-Unis :
 - Réseau obsolète, en mauvais état
 - Pannes des plus en plus longues et massives
 - Une alternative : tout refaire, ou rendre le réseau plus intelligent
- Enjeux financiers importants !

Des pannes coûteuses

- Durée moyenne des pannes : 18 minutes en France
- Situation plus grave aux Etats-Unis
 - 5 pannes majeures en 40 ans
 - ... dont 3 au cours des 10 dernières années
- Coût : 120 milliards \$ par an aux Etats-Unis !
- Raisons
 - Matériel âgé et peu entretenu
 - Manque d'investissements (T&D)

Des réseaux inadaptés au futur

- En Europe et en France
 - Réseau comparativement moderne
 - Mais manque d'investissements ces dernières années

 - Réseau de transport : déjà « smart » !
 - Réseau de distribution : pas assez instrumenté
 - Peu de circulation d'informations
 - Gestion à distance limitée
 - Pas de retour en temps réel aux clients !

 - Problèmes d'intégration des EnR
 - Problèmes des pics de puissance : Bretagne, PACA
 - Augmentation des besoins (véhicules électriques, ...)

Anticiper l'augmentation de la demande

- Exemple : cas des régions PACA et Bretagne
- Situation
 - Régions situées en « bout » de réseau
 - Centrales de production éloignées
 - Zones assez peuplées
 - Lignes d'alimentation très sollicitées lors des pics
- Solutions
 - Construire de nouvelles lignes ou centrales : très cher
 - Mieux gérer les pics : gestion de la demande
- Idée : limiter la puissance installée sans (trop) toucher au confort

Anticiper l'augmentation de la demande

- Exemple : des entreprises sont connectées à un poste source
- Le problème :
 - Leur consommation est faible en moyenne, et forte brièvement
 - Leurs besoins en puissance vont augmenter
- Trois solutions :
 - Installer un poste source plus puissant : 6 millions €
 - Installer du stockage
 - Mieux gérer la demande
- Solution la moins chère : gérer de la demande
 - (Dé)synchroniser les appareils les plus consommateurs
 - ... dans les limites imposées par la production !

Exemple de la France : Les centrales nucléaires

- Construites dans les années 80
- Durée de vie
 - 30 ans à l'origine
 - 40 ou plus aujourd'hui ?
- Conséquences
 - Arrêt plus longs et fréquents
 - ... et demande toujours plus forte : besoin d'importer !
- Retardement des investissements
 - Démantèlement des anciennes
 - Construction de nouvelles centrales

En résumé

- Objectifs

- Limitation des émissions de gaz à effet de serre
- Augmentation de la part des énergies renouvelables
- Augmentation de l'efficacité énergétique
- Recherche d'une indépendance énergétique

- Situation

- Demande d'énergie en augmentation
- Energies fossiles de plus en plus rares et chères
- Réseau et installations vieillissantes
- Instrumentation actuelle du réseau trop faible
- Difficulté à intégrer les énergies renouvelables
- Technologies de l'information mûres



Un concept innovant

Une définition : un smart grid

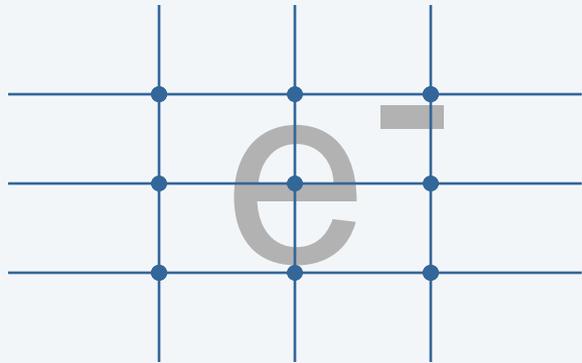


Un réseau électrique capable **d'intégrer intelligemment les comportements et actions des utilisateurs** (producteurs et consommateurs) qui y sont connectés afin de fournir **efficacement** une énergie électrique **durable, économique et sûre.**

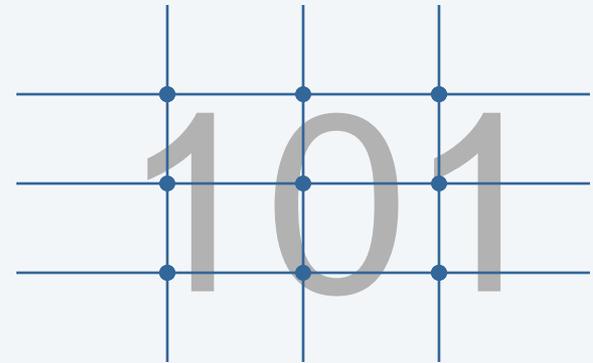


– *smartgrids.eu*

Un système cyber-physique



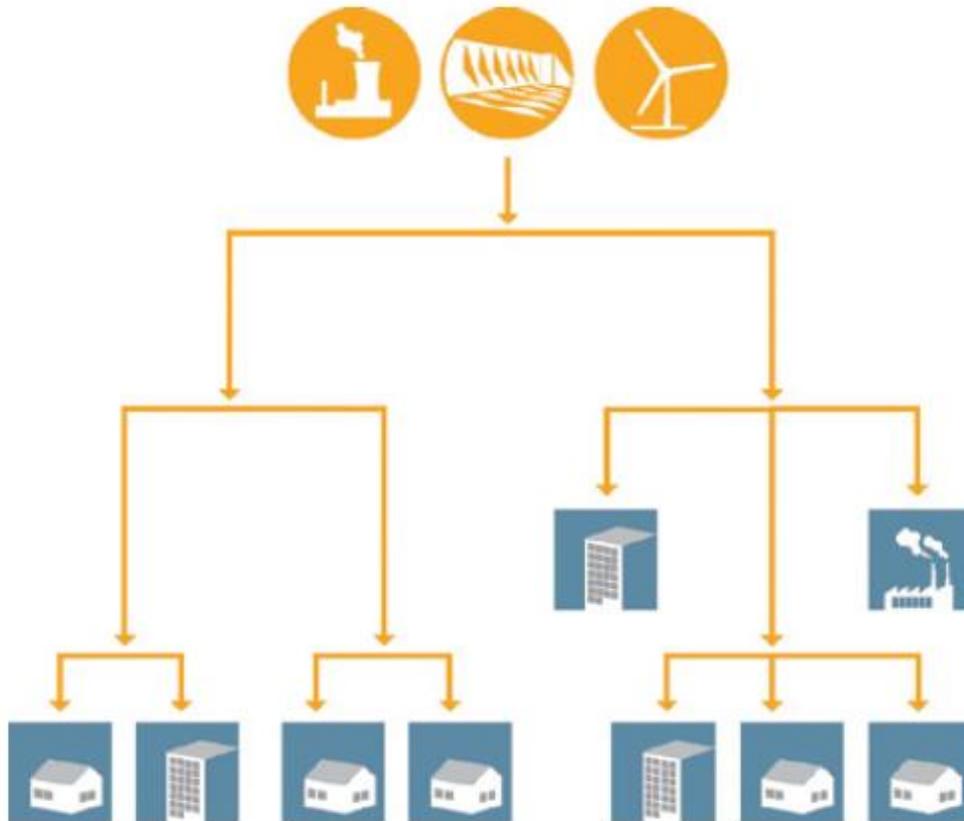
réseau électrique
modernisé



réseau de **communication**
et de **contrôle**

= **smart grid**

Une architecture actuelle inadaptée



- Peu d'acteurs
- Production centralisée
- Distribution passive
- Flux de puissance unidirectionnels

Image : ABB

Vers une architecture décentralisée



- Nombreux acteurs
- Réseaux actifs
- Flux de puissance bidirectionnels
- Production décentralisée
- Stockage
- Véhicules électriques
- Réponse à la demande
- Réseaux îlotables

Image : ABB

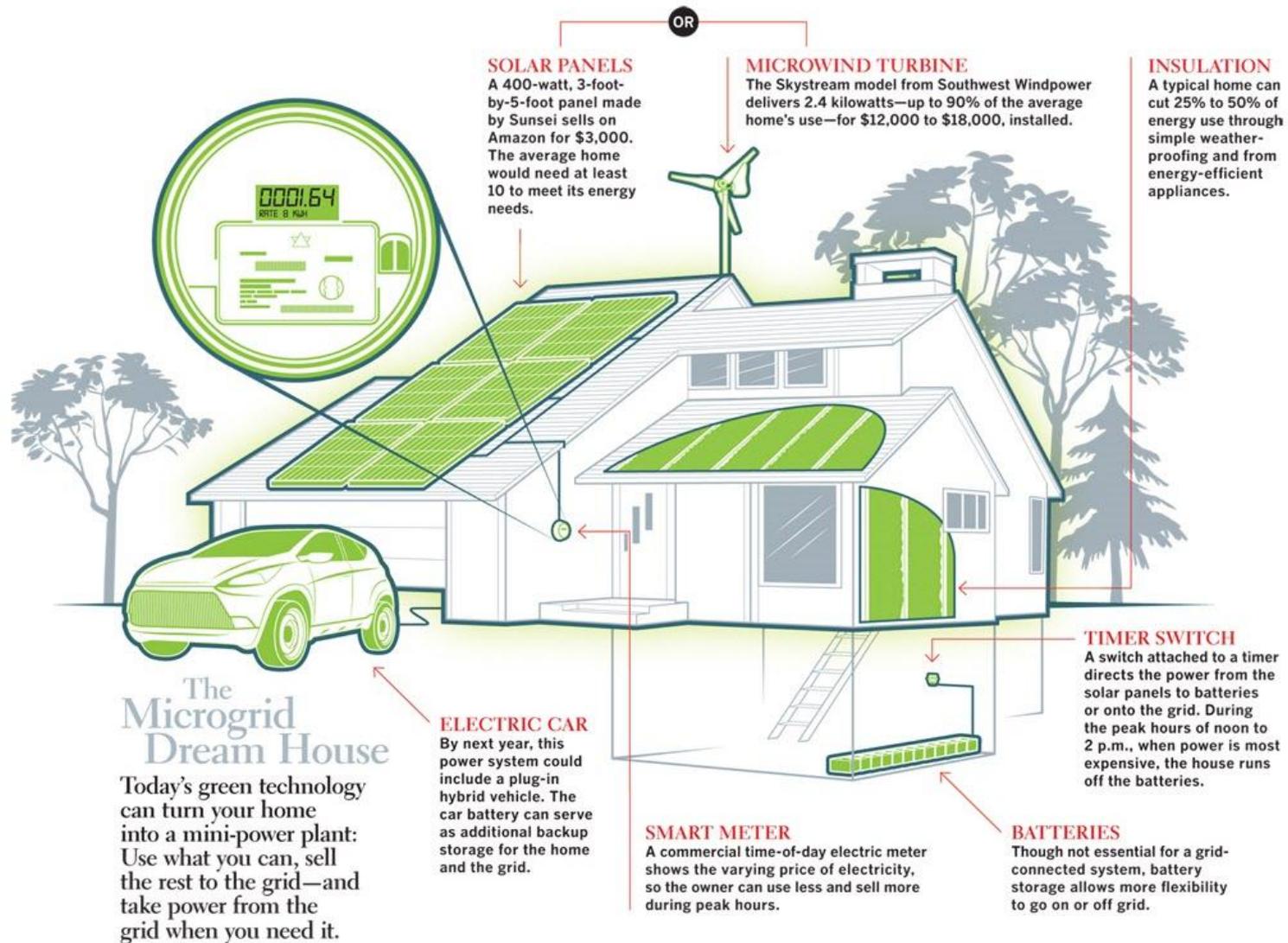
4 niveaux complémentaires

- Smart home
 - Maison intelligente
 - Intégration de l'utilisateur
- Smart microgrid
 - Réseau de quartier ou ville îlotable
 - Intégration des EnR et du stockage
- Smart grid
 - Interconnexion de microgrids
 - Niveau régional ou national
- Super grid
 - Interconnexion de smart grids
 - Exemple : Desertec entre l'Europe et l'Afrique du Nord



Taille

Une smart home



Une smart home

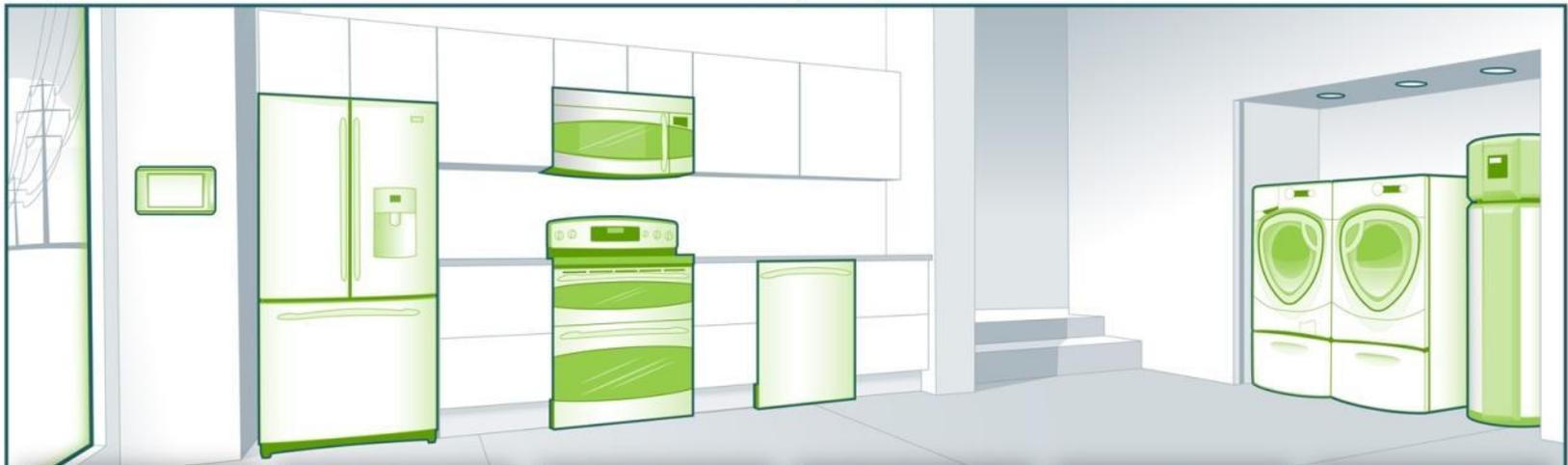
GE Energy Management & Demand Response Appliances



Utility companies that have implemented time-of-use pricing communicate their daily rate schedules to the home.

GE's Demand Response Appliances react, saving money while lowering peak demand and the need for more power generation.

Optionally, the GE Home Energy Manager correlates rates with user-preferences to balance cost, comfort, and convenience.



Home Energy Manager

This energy brain works in conjunction with you and your home to help understand and optimize energy use.



Refrigerator

This Profile refrigerator can reduce energy use on demand and delay defrosts to inexpensive rate periods.



Range & Microwave

Cooking energy is reduced and with dual cavities, the range can preference the smaller upper oven.



Dishwasher

The dishwasher is aware of expensive rate periods and can wait to run when energy costs are lower.



Laundry Pair

When high rates arise, this laundry pair will save you money while getting your clothes clean and dry.



Hybrid Water Heater

The water heater can switch to heat-pump mode and modify temperature settings during high rates.



Un smart microgrid

SMART GRID

A vision for the future — a network of integrated microgrids that can monitor and heal itself.

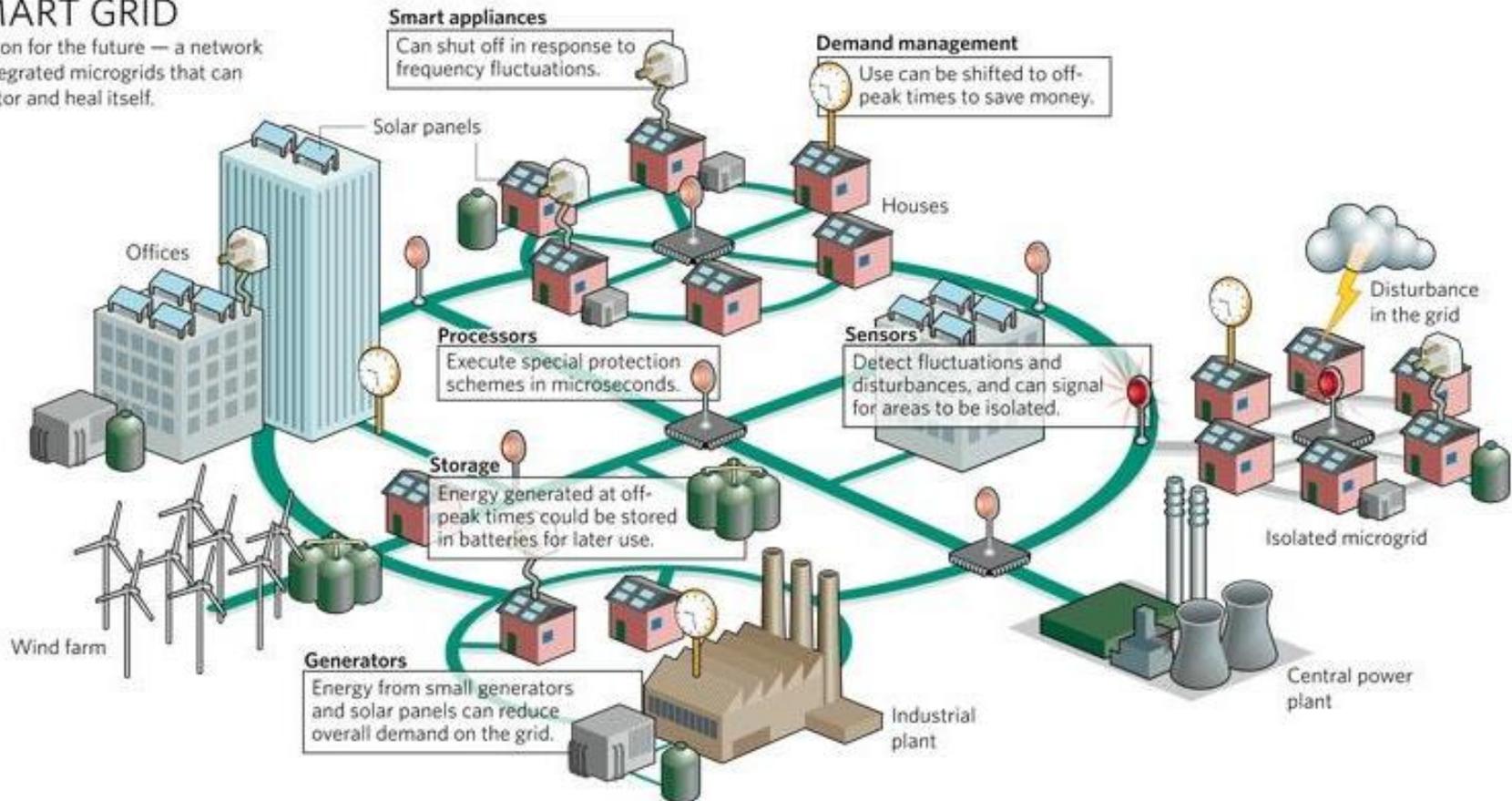


Image : Nature

Le super grid Desertec



— Lignes HVDC

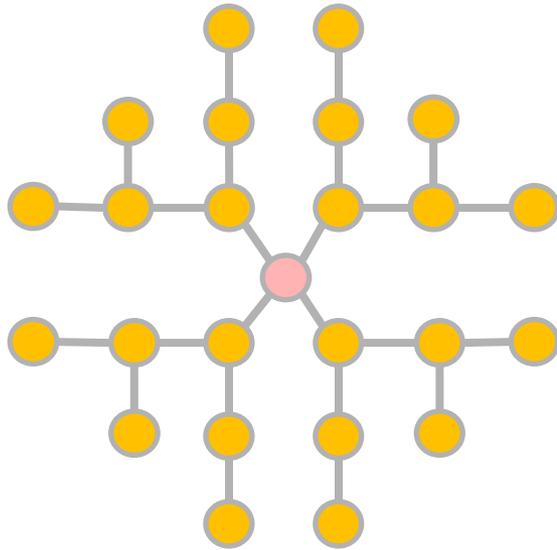
Caractéristiques

- Décentralisé
 - Production, stockage et consommation locaux
 - Augmentation du nombre de composants « intelligents »
- Communicant
 - Flux bidirectionnels d'informations et de puissance
 - Mise en place d'appareils communicants
- Intelligent
 - Autonomie, adaptation, communication, prévision
 - Utilisation du stockage

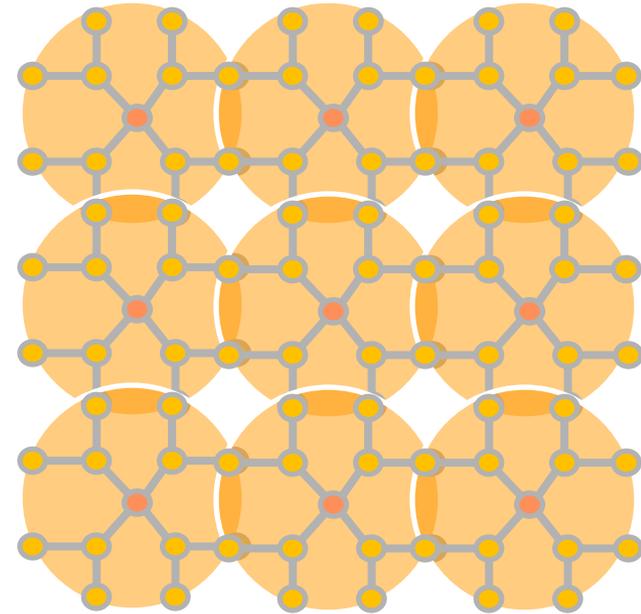
Caractéristiques

- Efficace
 - Utilisation du stockage
 - Diminution des pics de demande
 - Rapidité de réaction
 - Diminution de pertes
- Résilient
 - Minimisation de l'impact pour l'utilisateur
 - Auto-cicatrisation et autonomie
- Interactif
 - Interaction avec l'utilisateur
 - Information bien plus complète

La production décentralisée



Structure centralisée :
Nucléaire, grosses centrales, ...

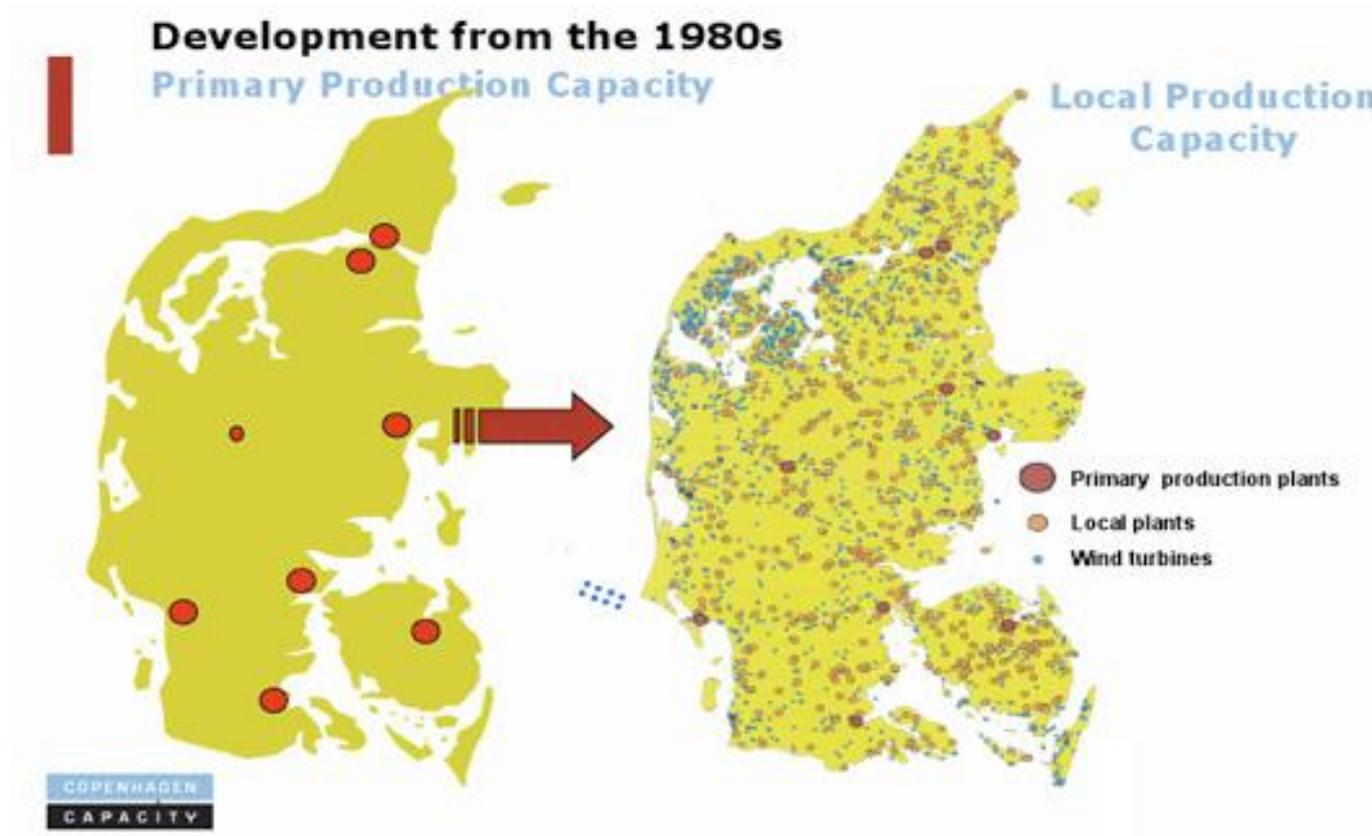


Structure décentralisée :
Energies renouvelables, petites sources, ...



Microgrids : mini-réseaux semi-autonomes

La production décentralisée : Danemark



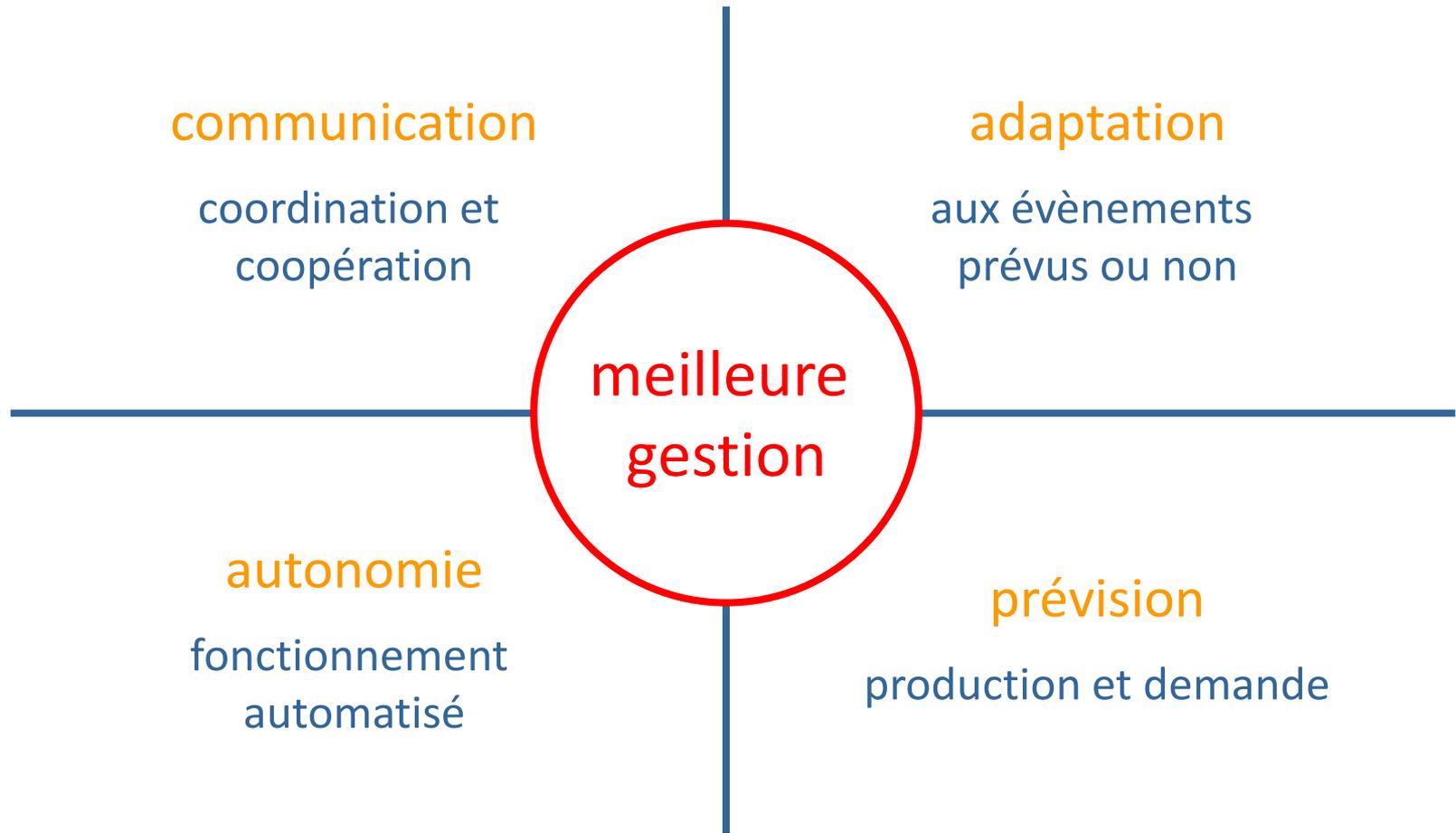
réseau classique

modèle **centralisé**

smart grid

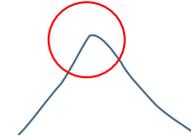
modèle **décentralisé**

4 dimensions « smart »



Gestion de la demande : délestage

- Un fort pic de demande survient :



Aujourd'hui

1. la demande atteint un maximum
2. une ligne devient saturée
3. elle est coupée par sécurité
4. tout un village est dans le noir

Impact : élevé

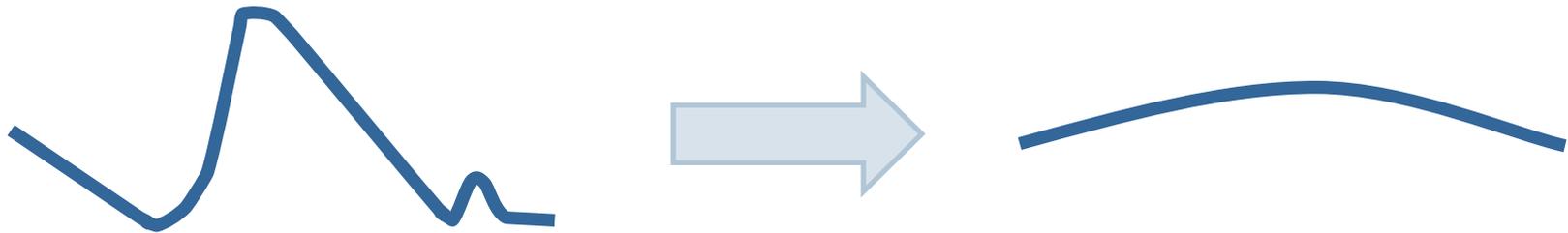
Avec le smart grid

1. la demande atteint un maximum
2. une partie des charges est coupée
3. le village reste en partie alimenté

Impact : faible

Gestion de la demande : effacement

- Objectifs et contraintes :
 - réduire les pics de demande
 - minimiser l'impact pour les consommateurs
 - le faire de façon automatique
 - optimiser l'usage des moyens de production



Sans

Avec

Mise en œuvre du stockage

Sans stockage

1. les éoliennes produisent
2. une part d'énergie est consommée
3. le reste est perdu

Pertes : élevées

Avec stockage

1. les éoliennes produisent
2. une part d'énergie est consommée
3. le reste est stocké
4. et réutilisé plus tard

Pertes : nulles

Mise en œuvre du stockage

- Lissage de la production d'EnR par batteries



Image : NGK Insulators

Fonctionnement résilient : îlotage

- La ligne alimentant votre maison est coupée ...

Aujourd'hui

1. la ligne est coupée
2. vous êtes dans le noir

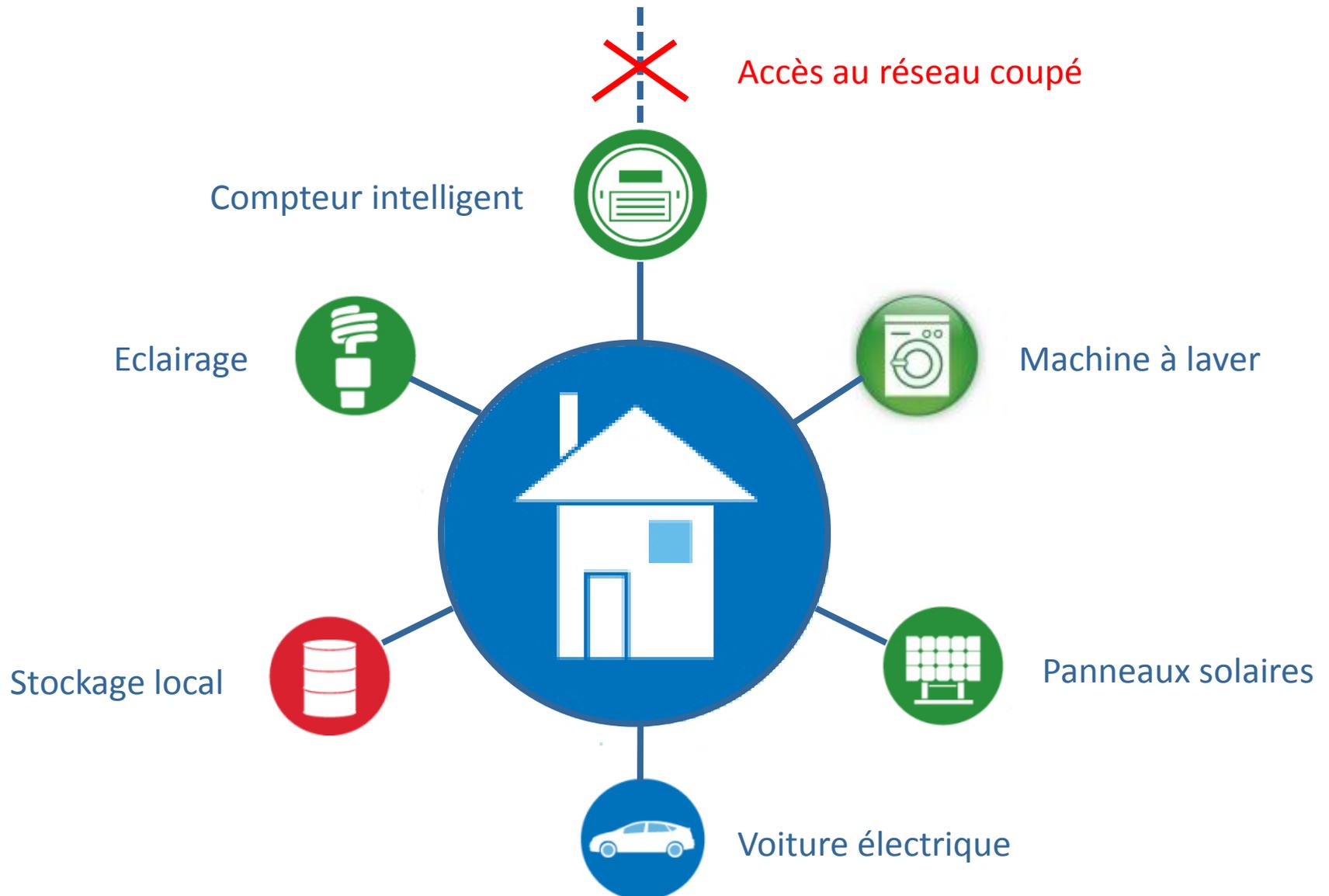
Impact : élevé

Avec le smart grid

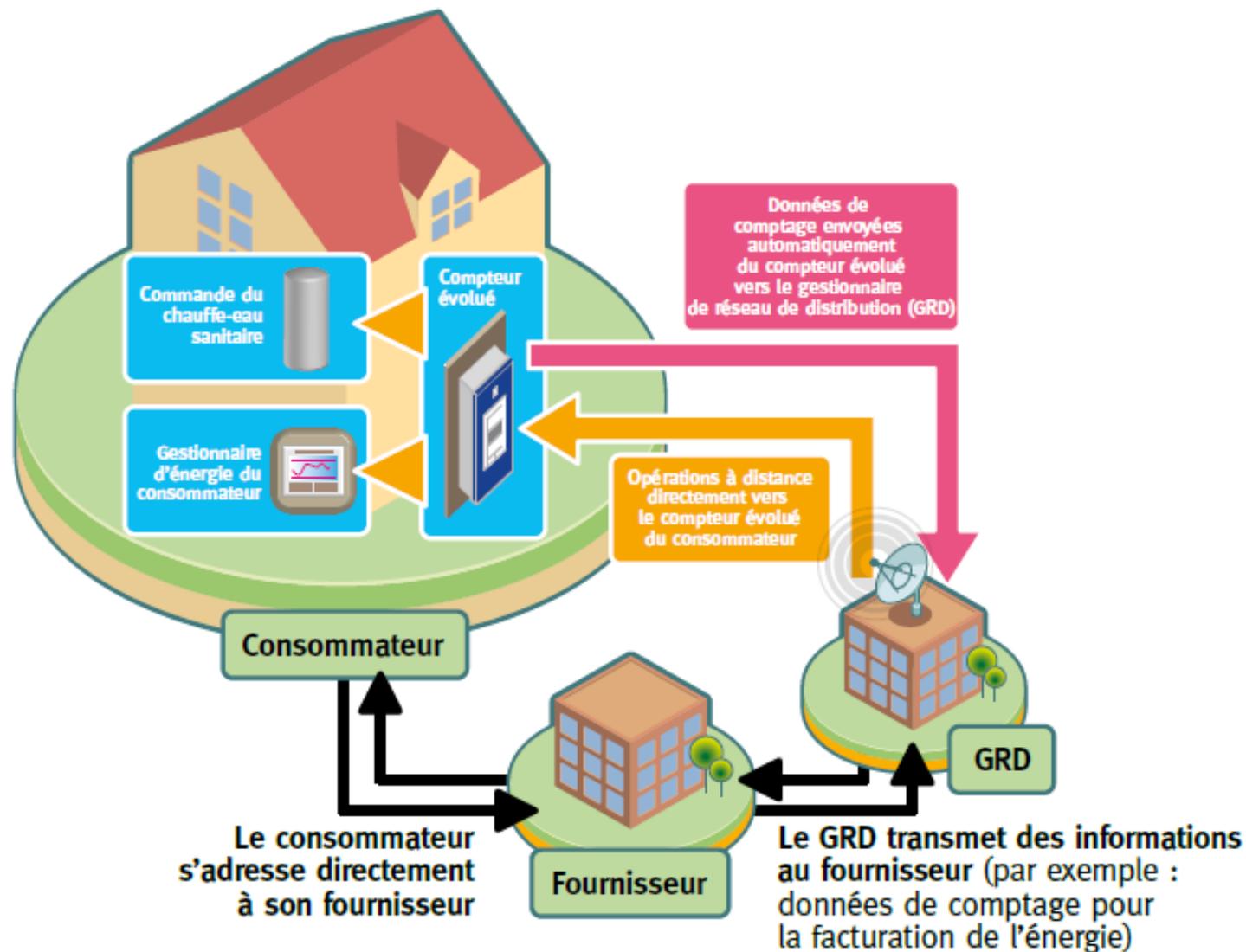
1. la ligne est coupée
2. votre maison passe en mode îloté
3. les fonctions essentielles sont préservées
grâce au stockage ou aux EnR

Impact : plus faible

Fonctionnement résilient : îlotage



Les compteurs intelligents



Plus d'interactivité

Aujourd'hui

1. facturation forfaitaire
2. services standards
3. information du client faible
4. prix fixes
5. liberté de choix faible

Interactivité : faible

Avec le smart grid

1. facturation en temps réel
2. services personnalisés
3. visualisation à distance
4. prix variables
5. paramétrage

Interactivité : élevée

Home energy management



Image : GE

Console de gestion « energy box »



Image : Control4

En résumé

réseau actuel	élément	smart grid
radiale	structure	réseau
unidirectionnel	communications	bidirectionnel
centralisée	génération	distribuée
manuelle	gestion	automatisée
réaction	fiabilité	prévention
faible	interaction	élevée
...

Enjeux



Gouvernements et régulateurs

- Baisse des émissions de gaz à effet de serre
- Sécurité et fiabilité des approvisionnements améliorée
- Développement des secteurs énergie / TIC
- Création d'emplois verts
- Rationalisation des investissements dans les infrastructures

- D'ici 2030, aux Etats-Unis, grâce au smart grid :

Emissions de CO₂

- 12 %

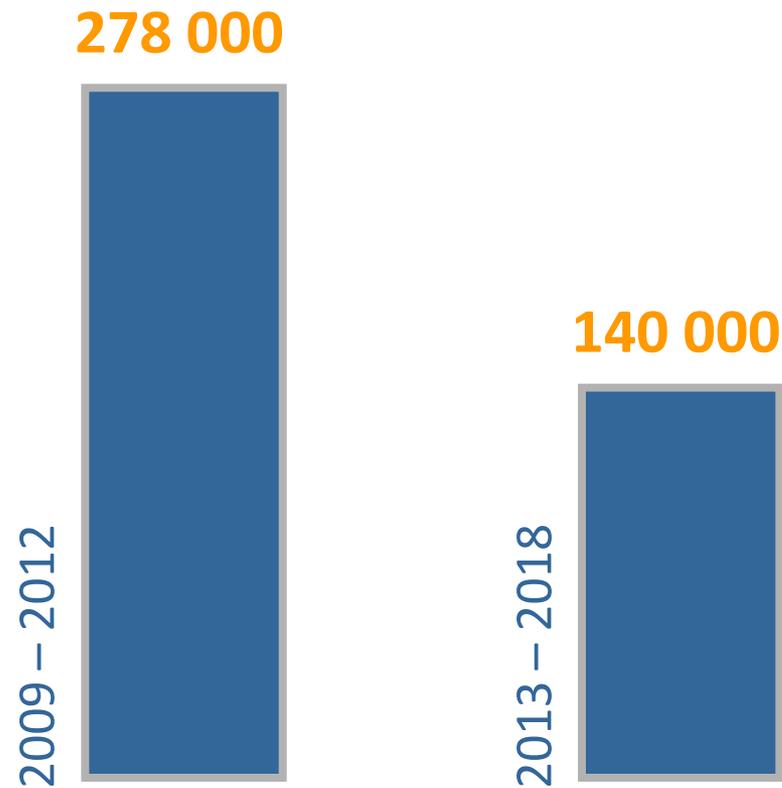
Energie consommée

- 12 %

Source : PNNL

Emplois créés

- Estimation du KEMA, aux Etats-Unis :



Utilities

- Plus de sources de production utilisables
- Meilleure efficacité, fiabilité du réseau
- Amélioration de la qualité du service aux clients
- Réduction des coûts d'opération et de maintenance
- Création de nouvelles sources de revenus
- Evolution du modèle de revenus (?)

- Exemple de GE à Portland, USA
- Exemple de Xcel Energy à Boulder, USA

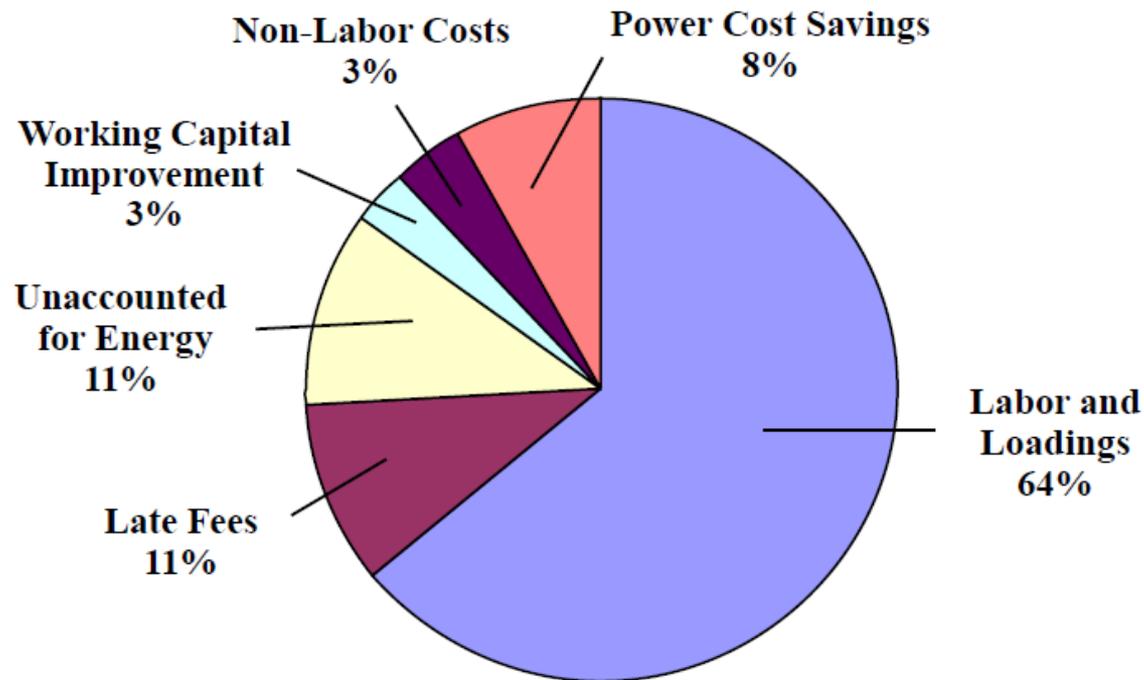
Bénéfices de l'installation de smart meters :

- Pannes détectées à distance
- Le client n'a souvent pas besoin d'appeler
- Durée des pannes divisée par 4



Exemple de Portland (USA)

- Installation de 850 000 smart meters de 2008 à 2010
- Coût estimé : 132 millions \$
- Répartition des économies attendues par GE Portland :



Source : Utah Public Service Commission

Exemple : gestion à distance grâce aux compteurs



Image : Current

Rôle des compteurs intelligents

- Trois intérêts majeurs :



rapidité
d'intervention



maîtrise de la
consommation



nouveaux modes
de facturation

Vendeurs de matériel et services

- Création de nouveaux marchés
- Opportunités pour de nouveaux produits et services
- Meilleure compréhension des comportements des clients
- Collaboration avec des entreprises d'autres secteurs
- Exemple de nouveau marché en fort développement :
Marché de la gestion des données des smart meters

2009

54 millions \$

2014

221 millions \$

"End-to-End" Smart Grid Leading Players by Market Segment

Integrated Enterprise-Wide
Advanced Control Systems



Consumer Energy Management Systems



Distributed
Generation and
Storage*

Networked Vehicles

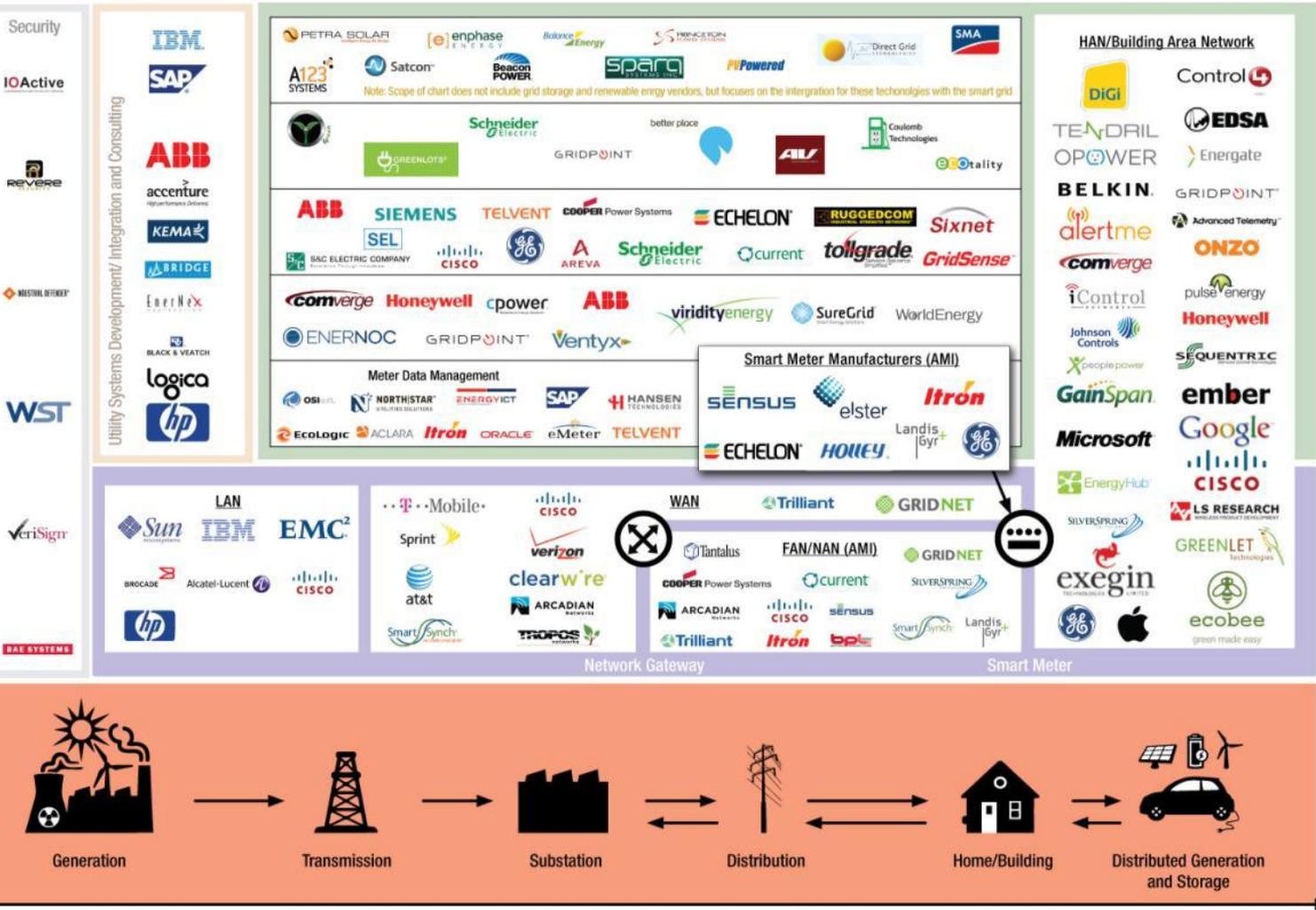
Grid Optimization
and Distribution
Automation/Comms.

Demand Response

Meter Data
Management (MDM)

Communication
Layer
(H/W, S/W, Control)

Power Layer
Infrastructure



Consommateurs

- Bien meilleure information
- Opportunités pour réduire leur consommation et leurs émissions
- Bénéfice d'un meilleur service
- Plus grande liberté de choix
- Accès à de nouvelles technologies

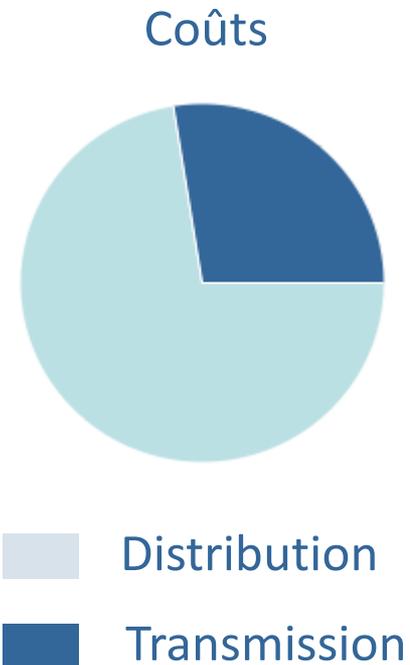
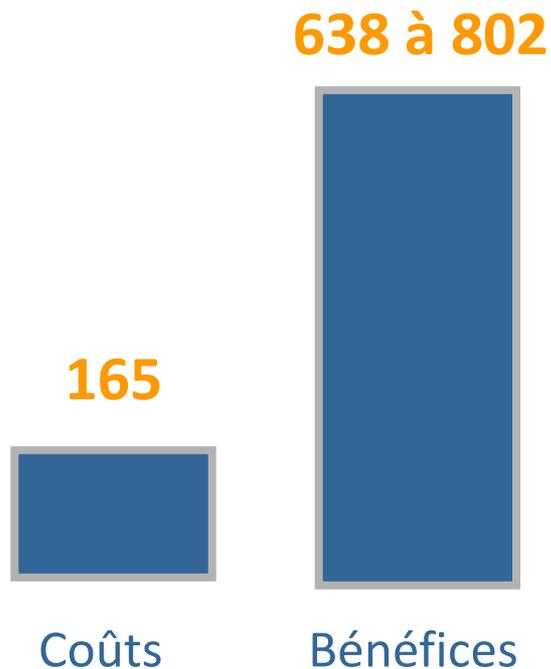
- Bénéfices d'une information plus complète sur la consommation :

5 à 15 % de consommation en moins

Source : Oxford Uni. - ECI

Des coûts et bénéfices importants

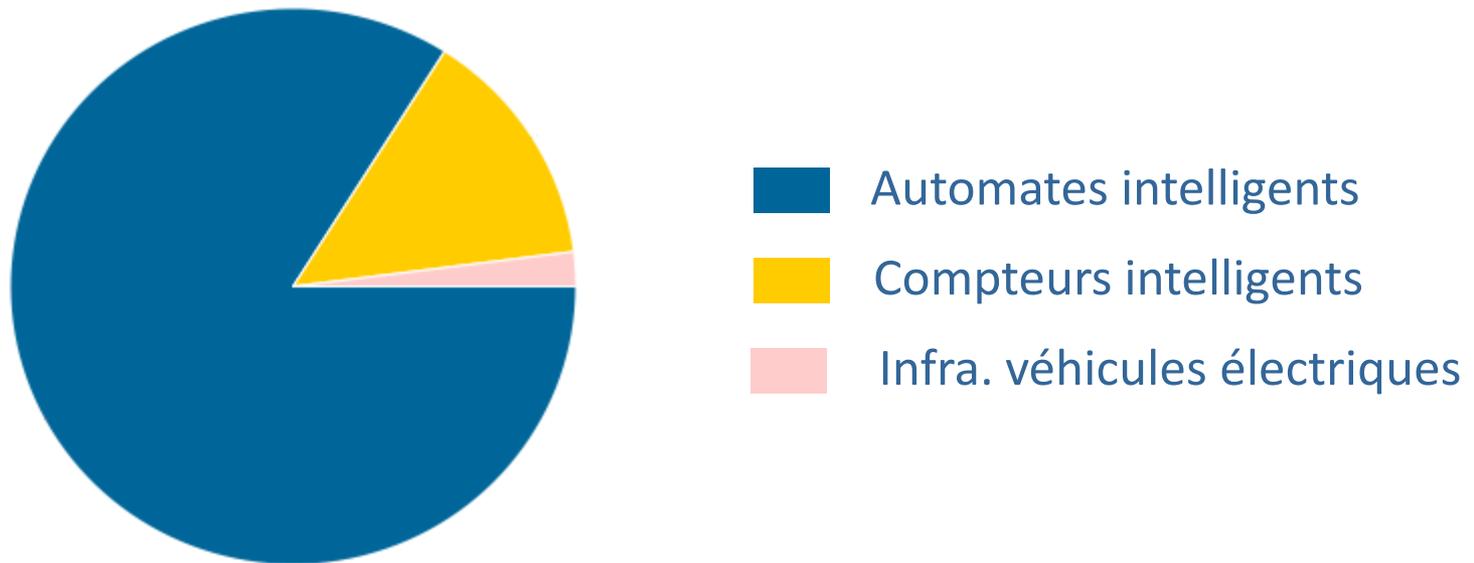
- Difficile à estimer !
- Pour la période 2004 – 2024, aux Etats-Unis, en milliards \$



Source : Electric Power Research Institute

Cibles des investissements

- Répartition au cours des 5 prochaines années :



Source : Pikes Research

Localisation des investissements

TOP TEN COUNTRIES FOR FEDERAL SMART GRID INVESTMENT, 2010



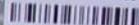
SOURCE: Zpryme Research & Consulting

PG&E
SmartMeter

Star
HEXAGRAM

An EMC Technology Company
U.S. Pat. # 6,719,644
U.S. Pat. # 6,617,094

ASSEMBLED IN MEXICO



Etat de l'art

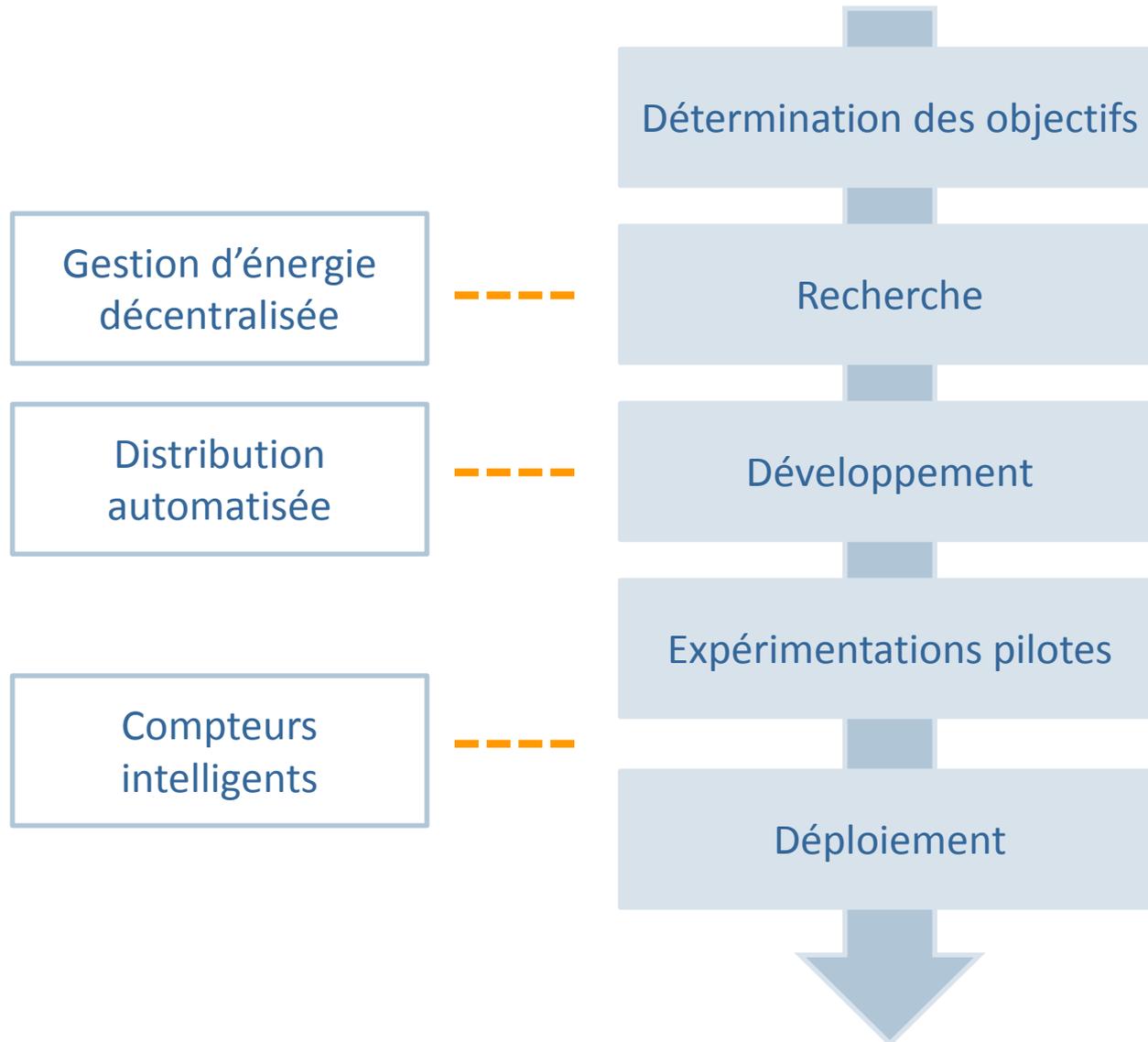


Où en est-on ?

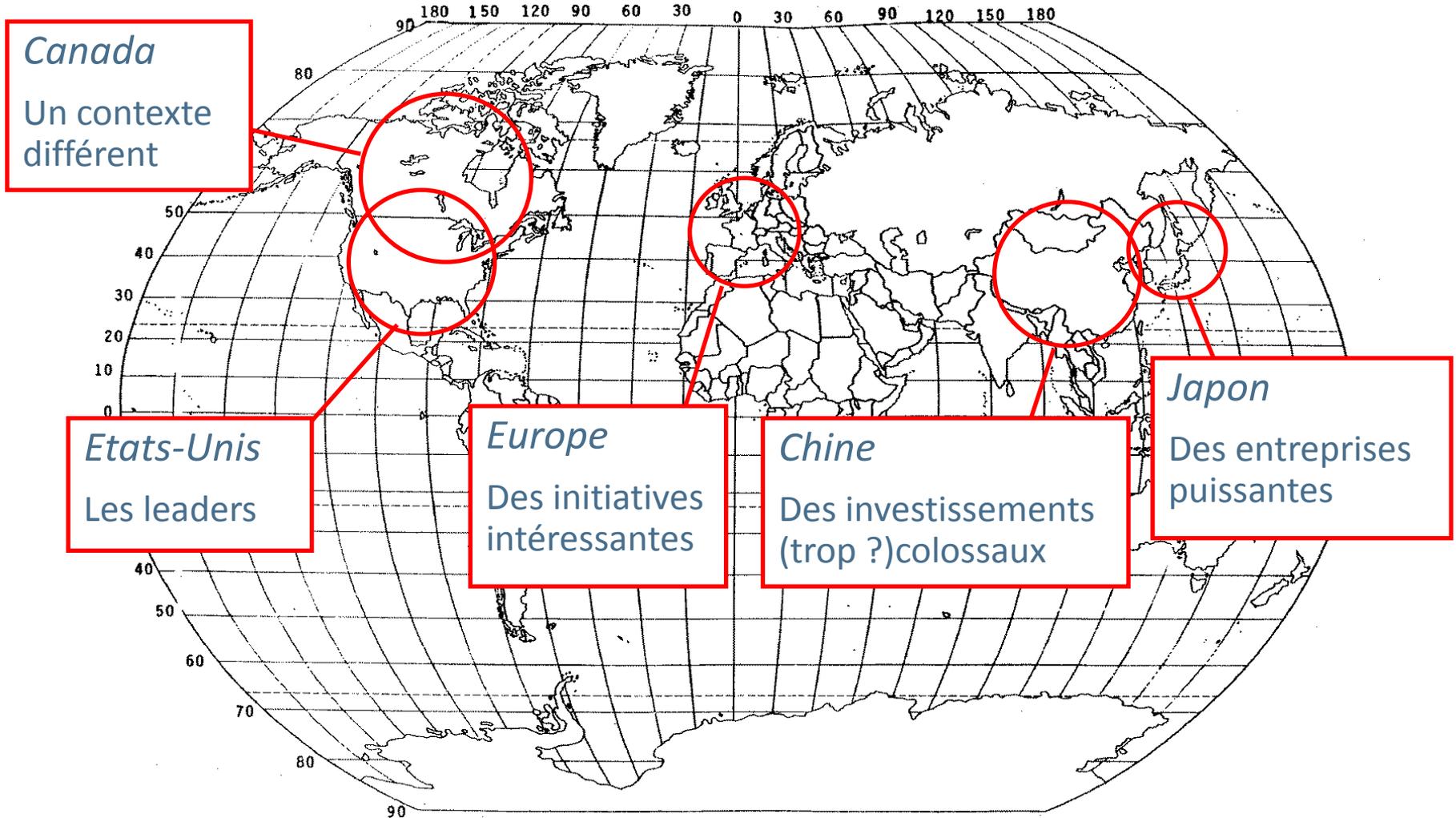
- Peu de concret pour l'instant ... A l'état expérimental !

2015
30
50

Une apparition progressive



Une problématique mondiale



Quelques exemples de projets

- Grid expérimentale à Boulder, Colorado
- Projets de smart microgrids
 - Sur l'île de Jeju en Corée du Sud
 - A l'IIT à Chicago : PerfectPower
- Nombreux projets financés par le gouvernement américain

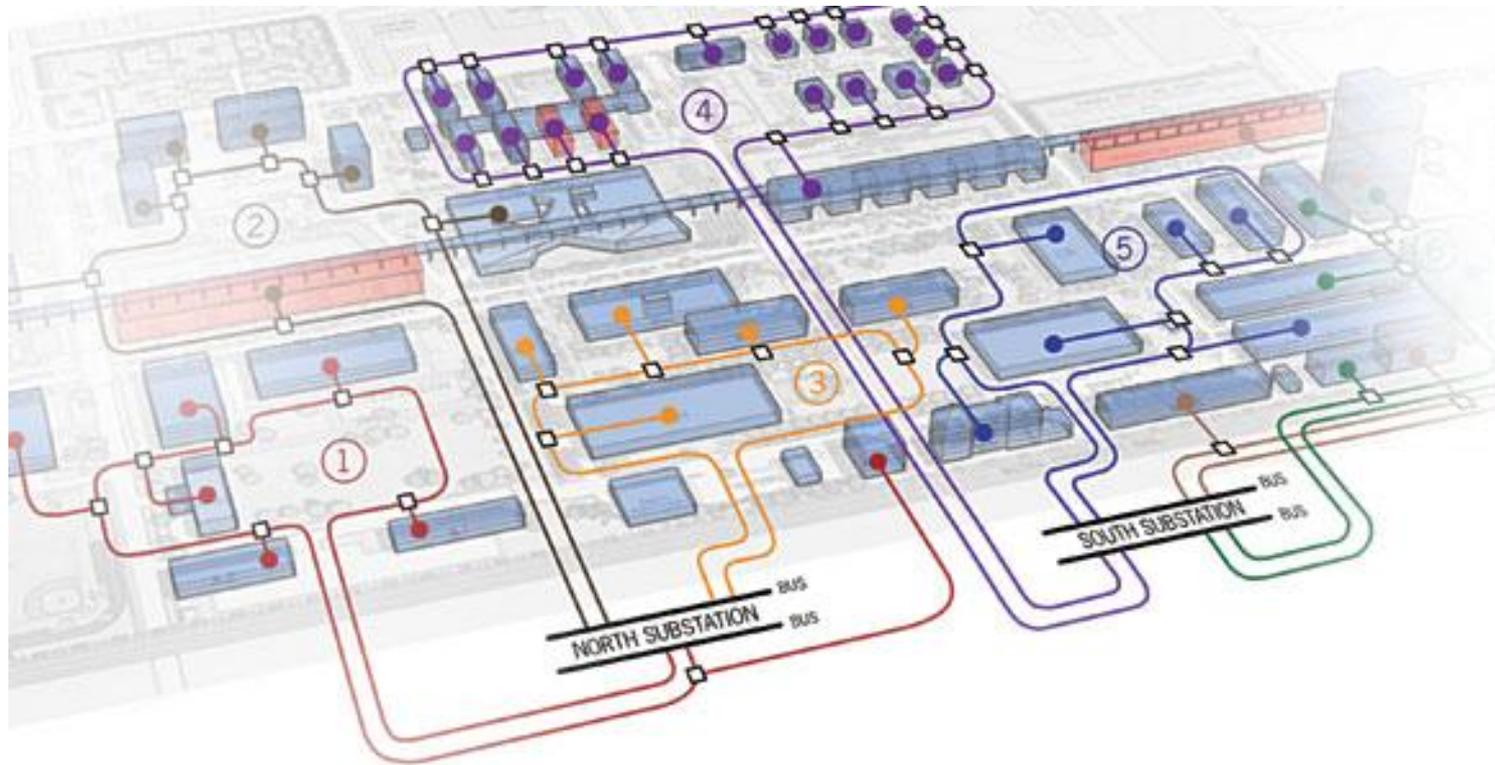


Smart Grid City à Boulder (USA)

- Focus sur les compteurs et la distribution auto.
- Installation de 15 000 compteurs intelligents :
 - Surveillance et relevé à distance
 - Intervention à distance
- Résultats :
 - Pannes détectées plus rapidement
 - Le client n'a (souvent) pas besoin d'appeler
 - Durée des pannes divisée par 4
- Mais des coûts explosés :
 - 15,3 millions \$ prévus à l'origine
 - 44,8 millions \$ à l'heure actuelle

PerfectPower de l'IIT Chicago

- Modernisation du réseau du campus universitaire
- Budget de 15 millions \$



Source : IIT

Quelques exemples de projets

- Déploiement de compteurs intelligents
 - Déploiement terminé en Italie depuis 2006
 - Déploiement en cours aux Etats-Unis
 - En France
 - En cours d'expérimentation
 - Déploiement de 2012 à 2017
- Nombreux appels à projets en France : ADEME, ANR
- Existence de projets européens depuis FP5
 - EU-DEEP
 - FENIX, ADDRESS
 - MICROGRIDS et MORE-MICROGRIDS

Freins

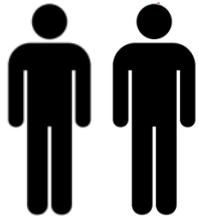


Financement

- Les investissements sont :
 - lourds
 - inégaux entre les acteurs
- Qui prendra le relai des plans de relance ?



Exemple : les compteurs Linky



35 millions
de clients

2012
2017

5 ans
de déploiement



4 milliards €
de coûts

35 000 compteurs / jour à installer !

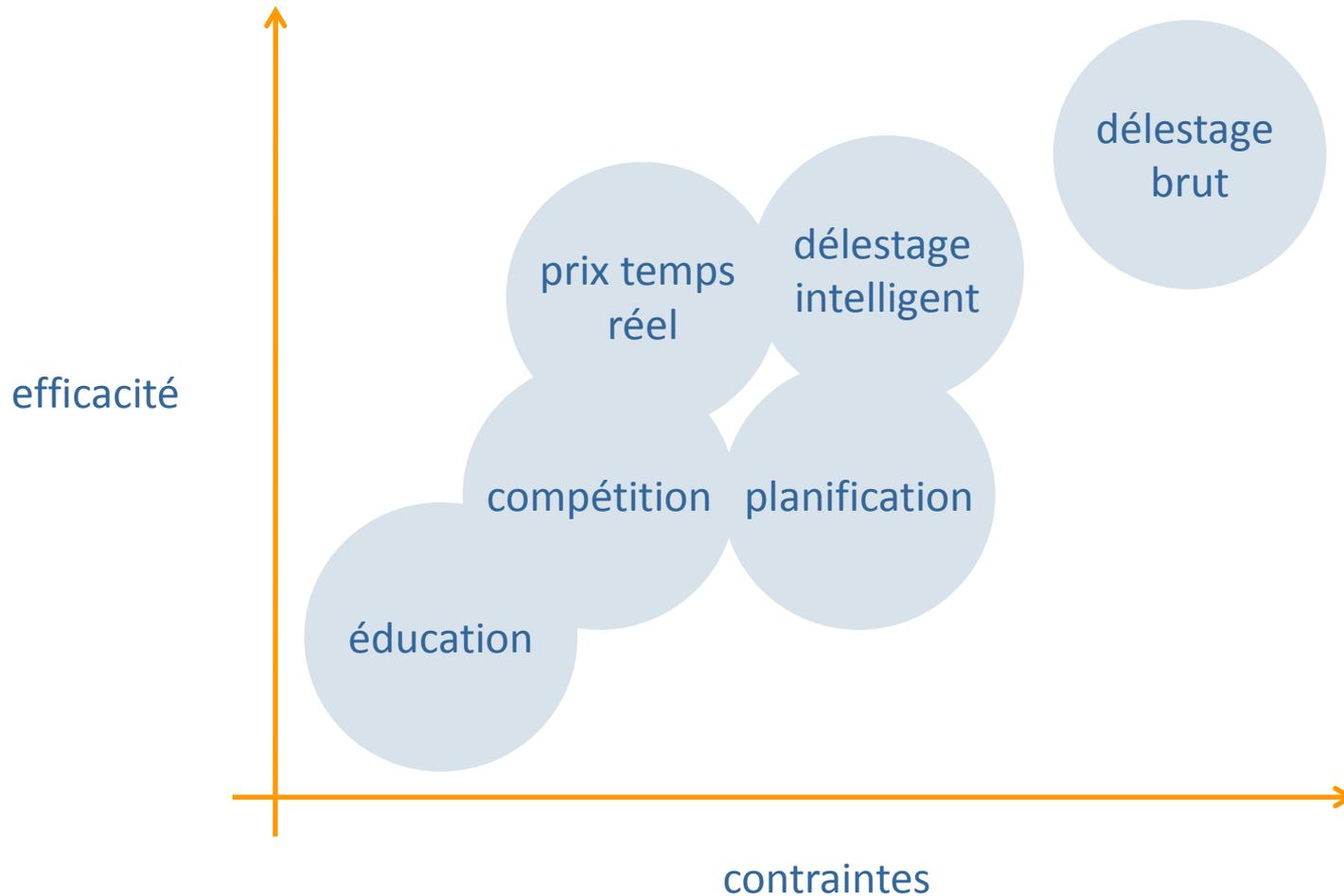
Intérêt des entreprises du secteur

- Des coûts et retours sur investissements variables :
 - suivant les acteurs
 - en durée
 - et en valeur
- Besoin de repenser leur fonctionnement
- Manque de modèles d'affaire clairs
- De nouvelles technologies... et des besoins en :
 - R&D
 - main d'œuvre pour installation
 - formation du personnel

Acceptation des consommateurs

- Le consommateur est-il vraiment intéressé ?
- Un travail d'information / éducation est-il suffisant ?
- Peurs des consommateurs :
 - Le changement !
 - Surcoûts dus aux compteurs / tarification
 - Complexité d'utilisation
 - Confidentialité des données
 - Impact du délestage

Que pourra accepter le client ?



« Philosophie » de l'énergie

- Quelle approche de société ?
- L'énergie comme simple produit
 - La production suit la demande
- L'énergie comme bien commun
 - Limitation de la consommation ... voire rationnement
 - La production s'impose à la demande
- Une troisième voie, le smart grid ?

Plusieurs des avancées technologiques nécessaires

Stockage
d'énergie

Gestion de
l'énergie

Prévision de
production et
de demande

Stabilité des
réseaux avec EnR

Exemple du stockage par batteries

- Installation au Japon :
 - 34 MW batteries NAS
 - 51 MW éoliennes
- Coût estimé :
 - **actuel** : 500 \$/kWh
pour 34 MW : **17 millions \$**
 - **objectif** : 200 \$/kWh
pour 34 MW : **6,8 millions \$**

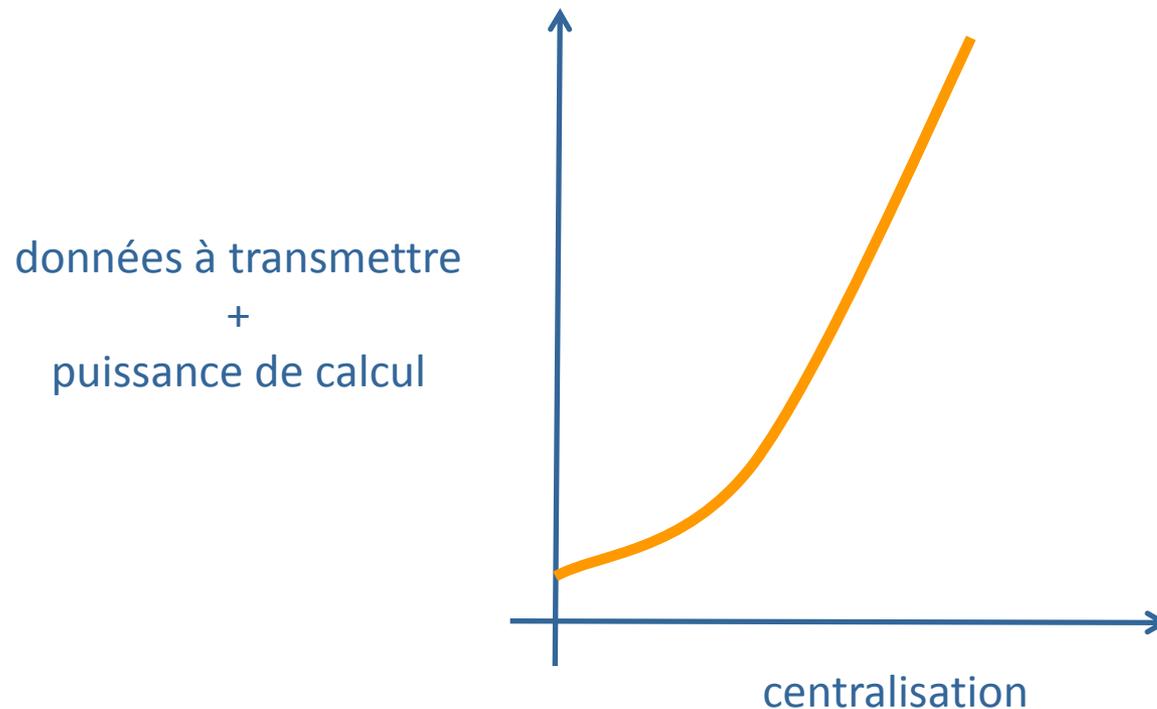


Image : NGK Insulators

Source : EaglePicher Tech.

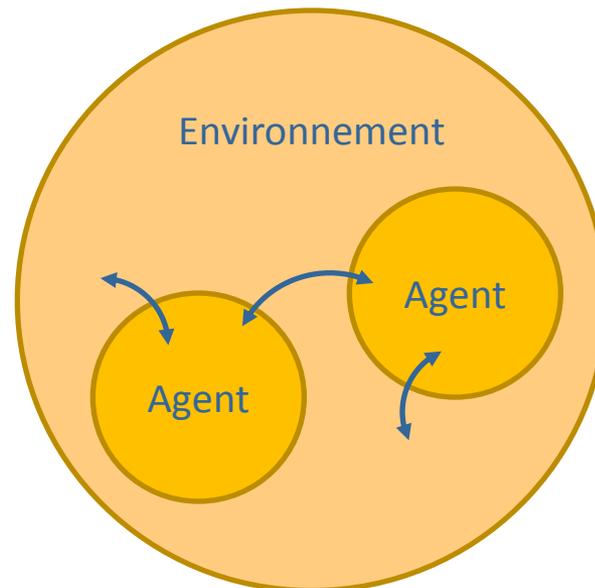
Exemple : la gestion d'énergie distribuée

- 25 millions de ménages x 10 appareils communicants
- Soit 250 millions d'appareils à gérer en France !



Exemple : la gestion d'énergie distribuée

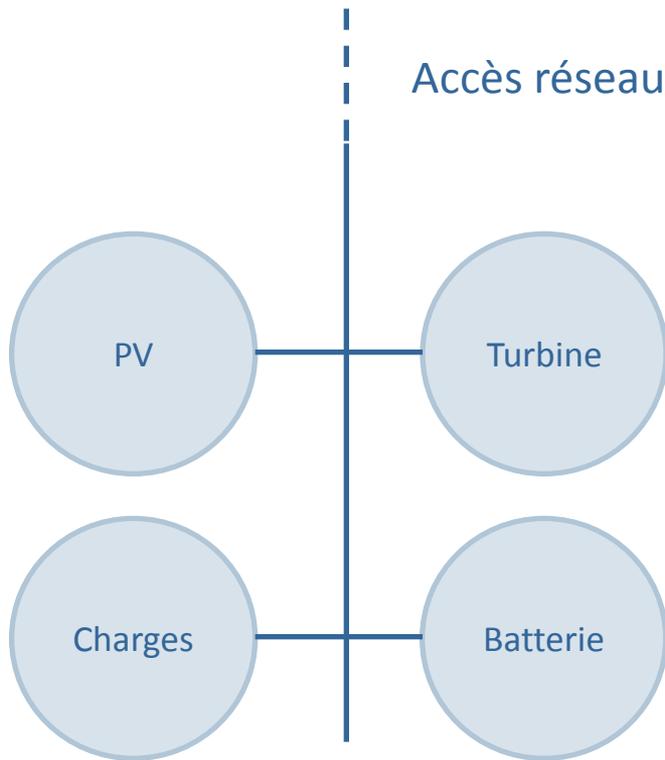
- Gestion par systèmes multi-agents (SMA) :
 - une forme d'**intelligence artificielle distribuée**
 - un ensemble d'**agents** (entités) communicants
 - des agents percevant et agissant dans un **environnement**
 - des agents partiellement autonomes et intelligents



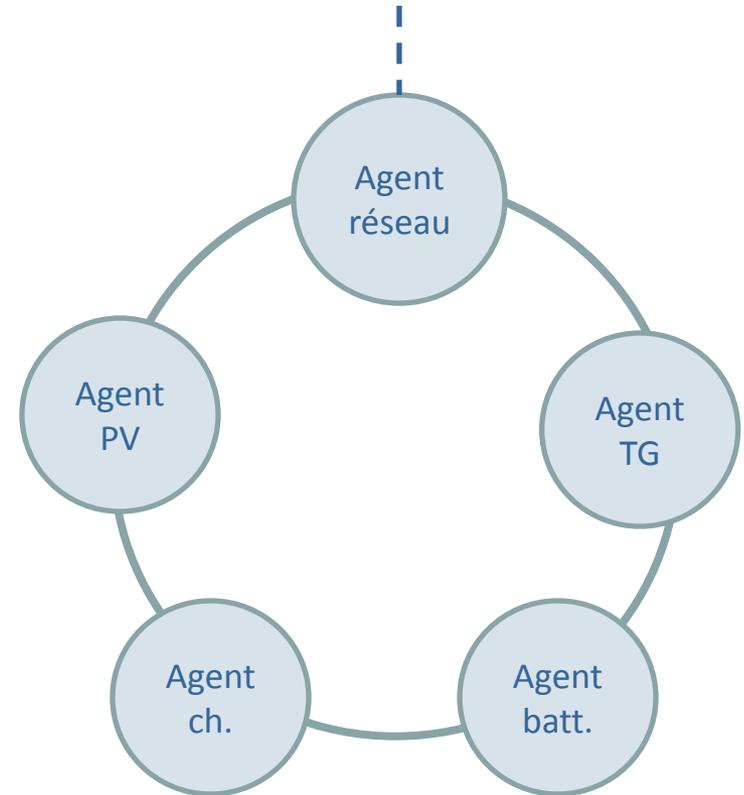
Exemple : la gestion d'énergie distribuée

- Intérêt des SMA pour les smart grids :
 - Adaptivité :
 - plug & play (ajout de charges, ...)
 - tolérance aux fautes (pannes, ...)
 - Distributivité :
 - vue locale de l'environnement (microgrids, ...)
 - répartition des ressources (bande passante, calcul)
 - Pro-activité :
 - suivi d'objectifs (coûts, ...)
 - prise en compte de contraintes (stabilité, ...)

Exemple : la gestion d'énergie distribuée



Réseau physique



Système multi-agent

Standardisation

- Indispensable pour :
 - des appareils interopérables
 - diminuer les coûts
- Travail du NIST américain

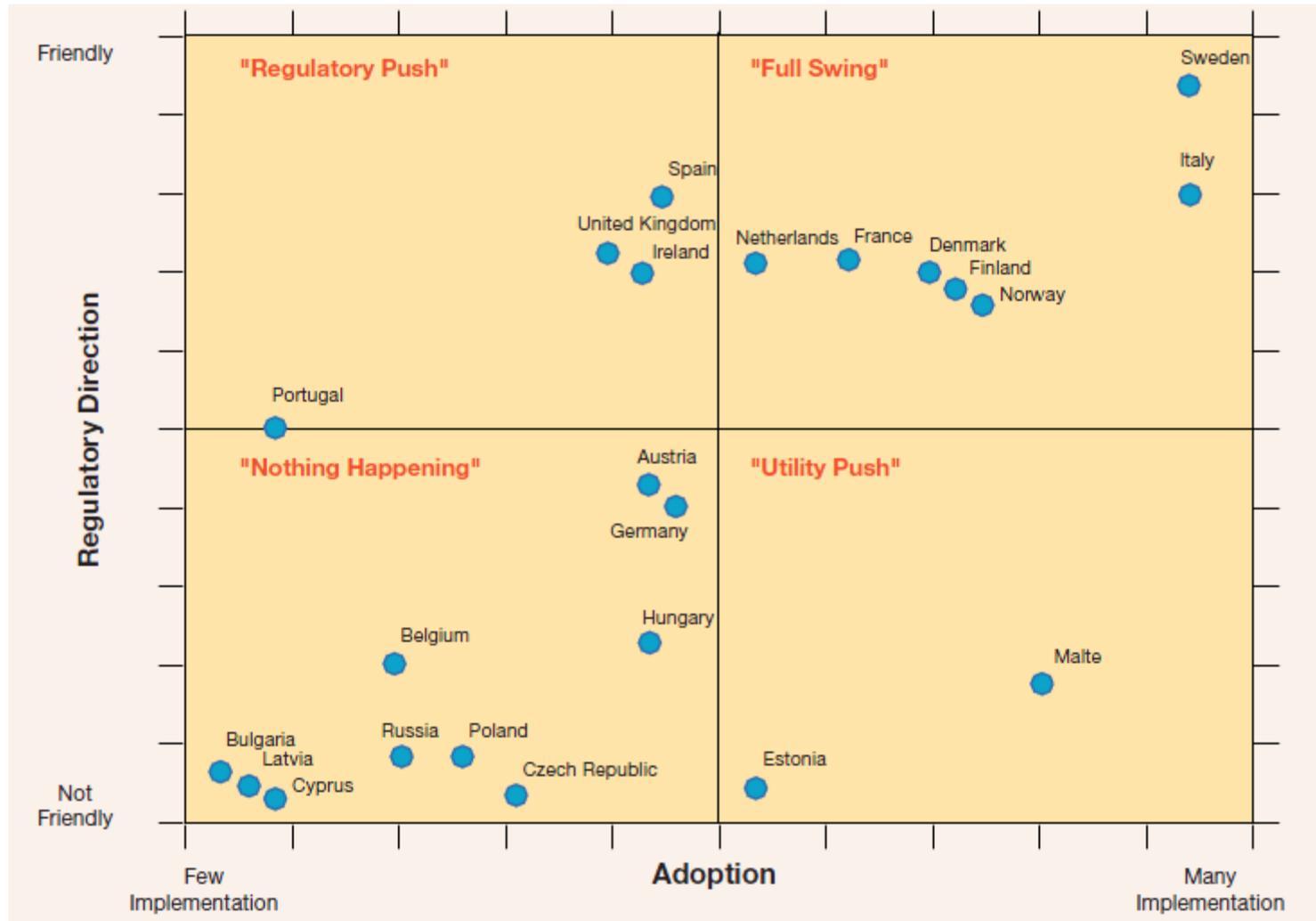


Rôle des autorités et législateurs

- Régulateurs (CRE en France) et gouvernements
- Augmentation du nombre d'acteurs
 - Ouverture du marché
 - Facilité d'entrée et de retrait du marché
 - Régulation technique et économique
- Besoin des entreprises d'une vision à long terme pour investir
 - Quel objectifs d'émissions de CO2 ?
 - Quelles priorités ?
- Choix des modes de facturation autorisés
- Un rôle décisif !

Implémentation des smart meters en Europe

Influence de la régulation



Source : Capgemini

En résumé : les principaux freins

- Financement
- Intérêt des acteurs
- Acceptation du consommateur
- Maturité des technologies
- Standardisation
- Régulation et législation du secteur

Conclusion



Conclusion

- Le smart grid est :
 - Décentralisé
 - Efficace
 - Communicant
 - Résilient
 - Intelligent
 - Interactif
- Il bénéficie aux :
 - Gouvernements et régulateurs
 - Utilities
 - Vendeurs de matériels et services
 - Consommateurs

e⁻
+
1011

Conclusion

- Le smart grid est :
 - La plus grande évolution du réseau électrique depuis sa création
 - L'internet de l'énergie de demain
 - Un passage obligé vers un mix énergétique vert et diversifié
 - Une réponse aux défis de l'énergie et du climat
 - Une formidable opportunité de « croissance verte »

- Faisons le parallèle avec Internet :
 - Auriez-vous ou aviez-vous misé dessus en 1985 ?
 - Et aujourd'hui sur le smart grid ?

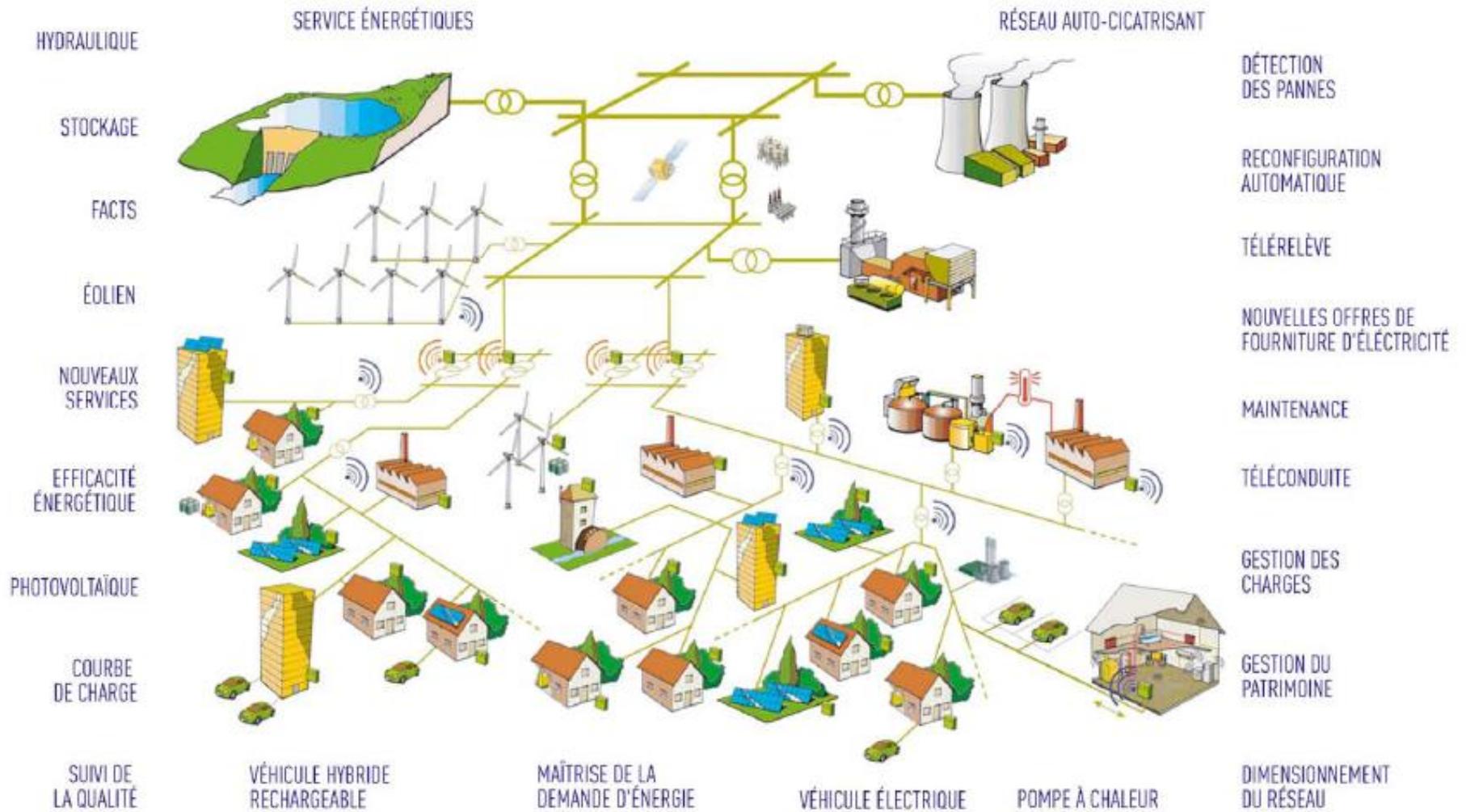


Image : EU-DEEP

Merci de votre attention

Contacts

robin.roche@utbm.fr

abdellatif.miraoui@ucam.ma

Piles à combustible

Principes, modélisation, applications
avec exercices et problèmes corrigés



20 questions sur la pile à combustible : L'hydrogène vecteur énergétique de demain ?



Benjamin Blunier , Abdellatif Miraoui

Benjamin Blunier , Abdellatif Miraoui
Ellipses

