



Smart Grid



Présentation de

# Toy Exemple



# Smart Grid : Toy Example



Du data mining à la gestion dynamique du réseau



# Données et statistiques

Des données passées à la consommation future

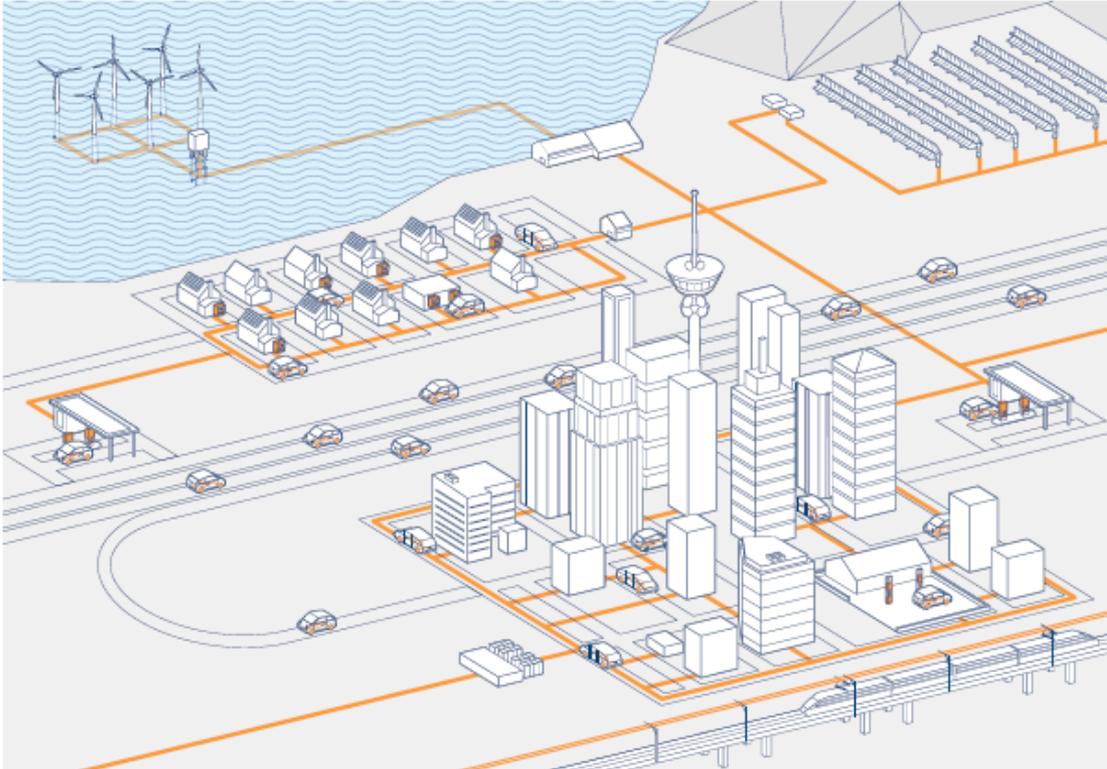
# Consommation et exploitation des données



La **consommation actuelle** est transformée en statistique permettant de prévenir la consommation future.

La consommation est en **temps réel** a contrario de la modification de la production énergétique.

# Caractéristiques du Smart Grid



Le **Smart Grid** possède les caractéristiques suivantes :

- Self-Healing
- Flexibilité
- Prédictive
- Interactivité
- Optimalité
- Sécurité

20% de consommation en moins prévu pour 2020

# Automatisation du réseau

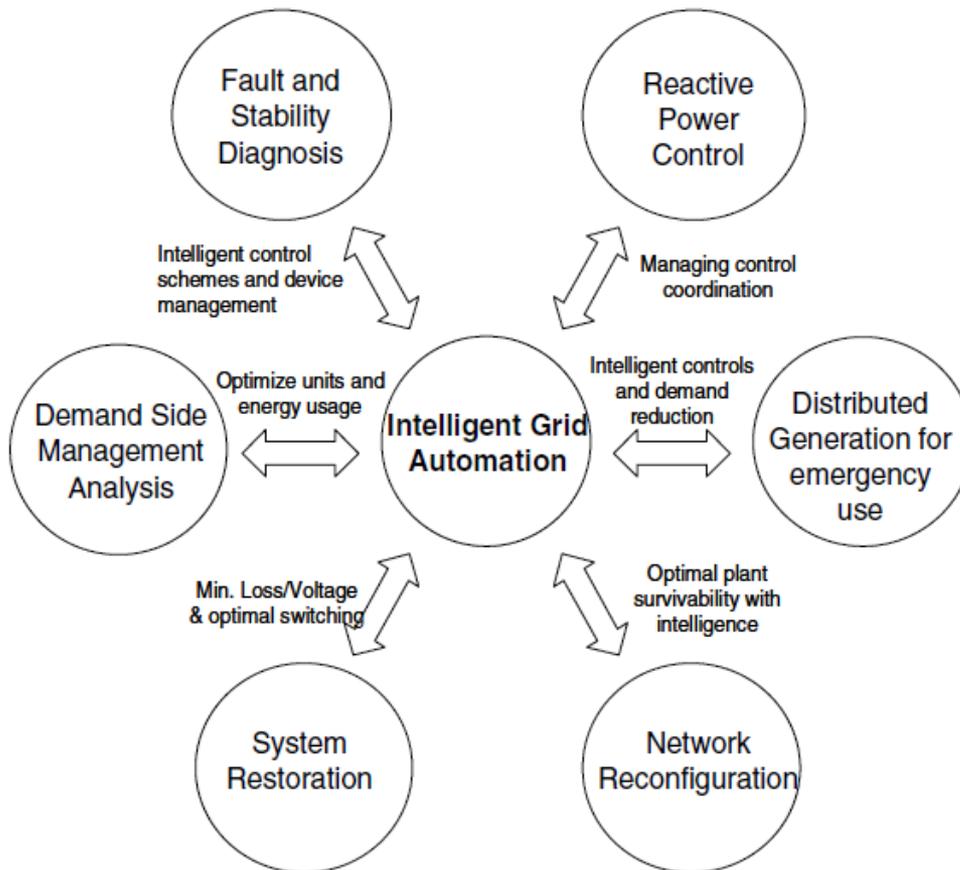


Fig. 1. Smart Grid Intelligent automation functions

Le **data mining** permet au réseau de :

- Détecter les erreurs
- Gérer les modifications du système
- Etudier l'offre et la demande
- Distribuer efficacement l'énergie
- Fournir l'énergie aux consommateurs
- Réduire les pics de consommation
- Etalonner la consommation et la production future

# Compteur intelligent et répartition des ressources



Le **compteur intelligent** est l'intermédiaire entre la distribution locale et le microgrid. Il:

- Collecte les données de l'échelle locale (voir data mining)
- Surveille et contrôle les appareils
- Définit les préférences d'utilisation
- Établit des profils de consommation

## Systeme distribue

Methode de  
communication

Modele  
temporel

Fiabilite

Memoire  
partagee

Diffusion de  
l'information

Synchrone

Discret

Pas de  
duplicata de  
donnees

Pas de pertes

Transmission  
en temps fini

# Synchronisation en temps discret

Un **système synchrone** est composé de phases qui s'exécutent simultanément. Ses caractéristiques sont :

- Pas de leader
- Pas d'erreur de décalage temporel
- Gestion en pseudo-temps réel (par événement discret)
- Echange et communication à toute échelle
- Pas d'inondation de messages dans le système
- Système auto-stabilisant



# Data mining et apprentissage

Le Smart Grid possède une **politique de prévision avec approximation** :

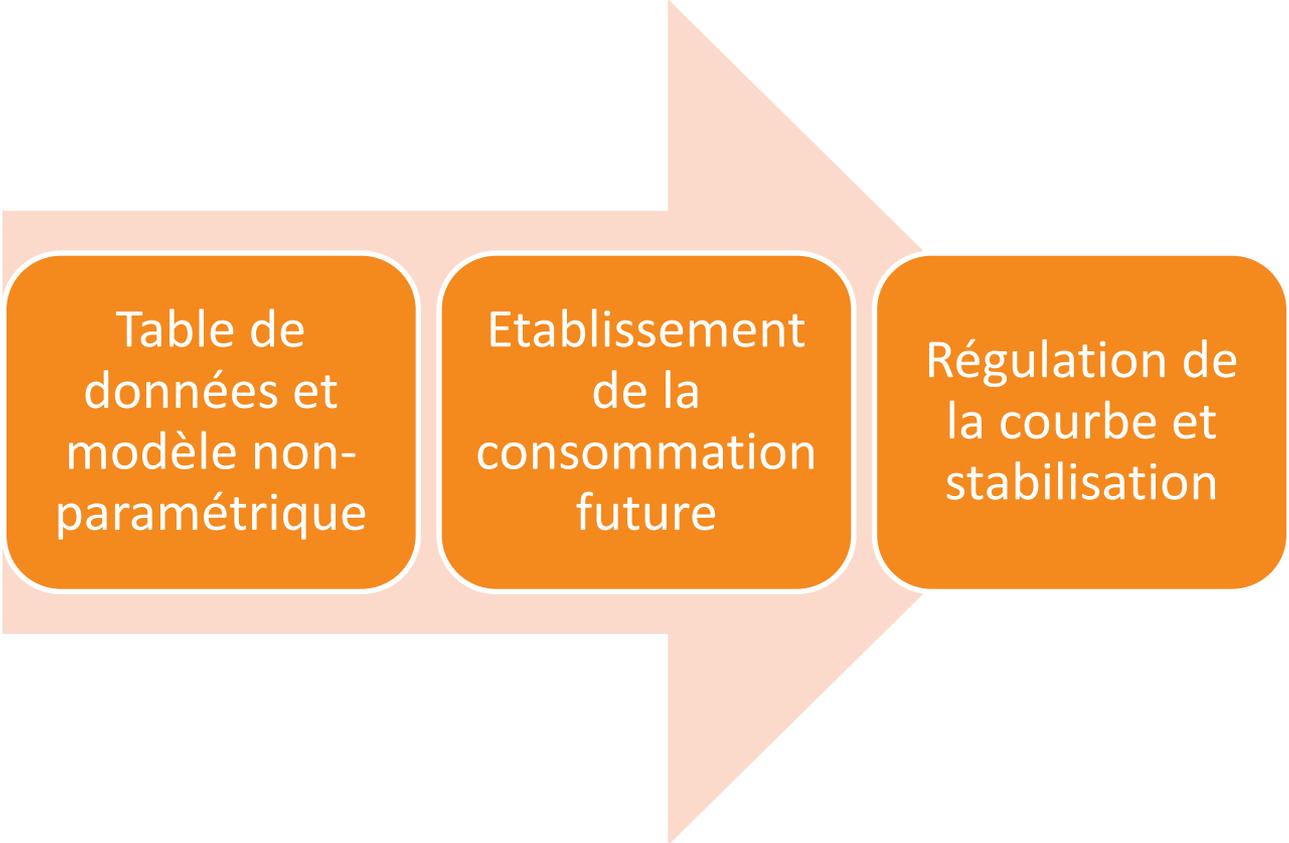


Table de  
données et  
modèle non-  
paramétrique

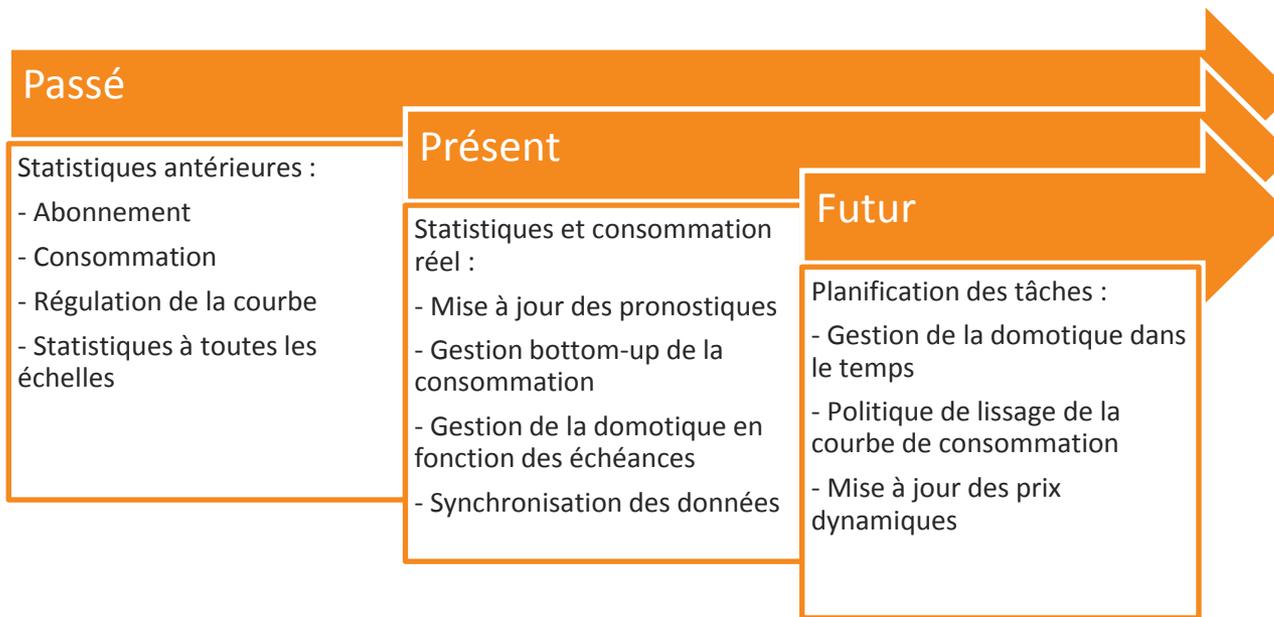
Etablissement  
de la  
consommation  
future

Régulation de  
la courbe et  
stabilisation

1. Le système doit connaître ses consommations futures à partir des statistiques et des pronostiques.
2. Ces données permettent de réguler la courbe.
3. Le système devient se base sur un report des charges via le compteur intelligent
4. Le système possède une interaction continue en bottom-up et top-down

# Apprentissage en temps réel

Le **statistiques** au cœur du système :



1. Il demeure une certaine part d'aléatoire sur la consommation ponctuelle.

2. La domotique possède des données de consommation connus du compteur intelligent (avec variations stochastiques).

3. Gestion des priorités de fonctionnement à l'échelle locale.

4. Le calcul est rapide et pertinent (intervalle de temps de 5 min).

# Apprentissage continue

L'apprentissage aide à la gestion du système :



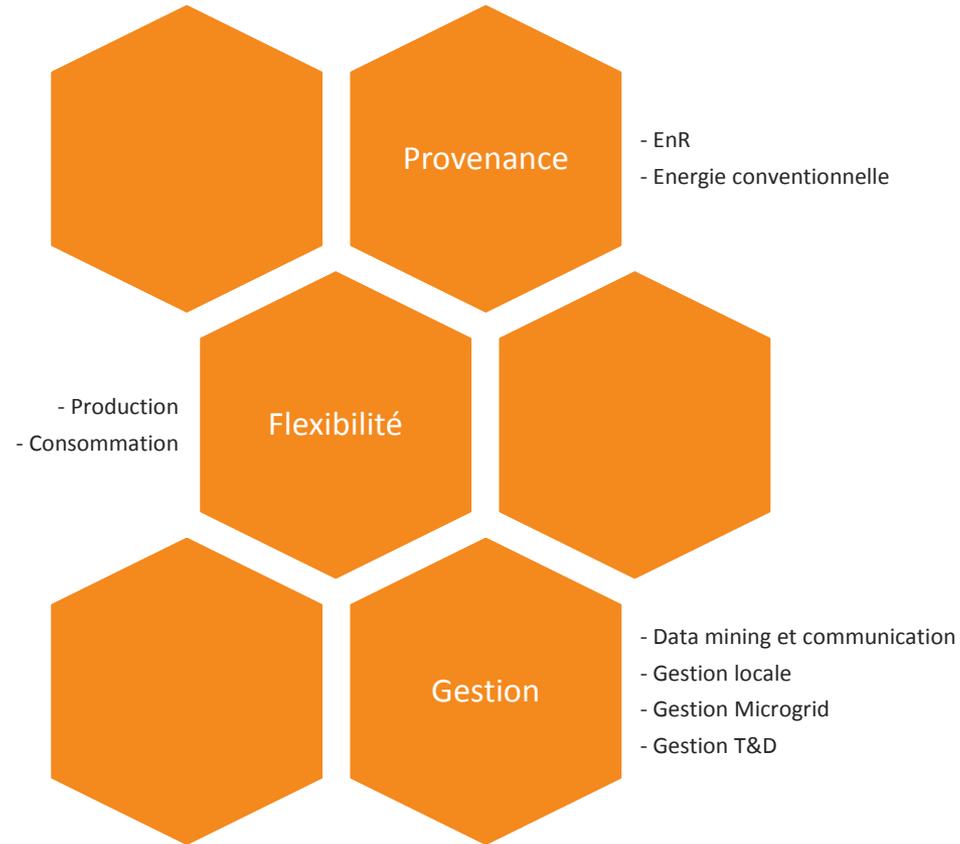
1. Aide à la décision
2. Utilisation des schémas
3. Calculs de cycle de consommation
4. Planification ou remplacement des schémas de consommation future
5. Maximisation des flux
6. Optimisation des performances du système



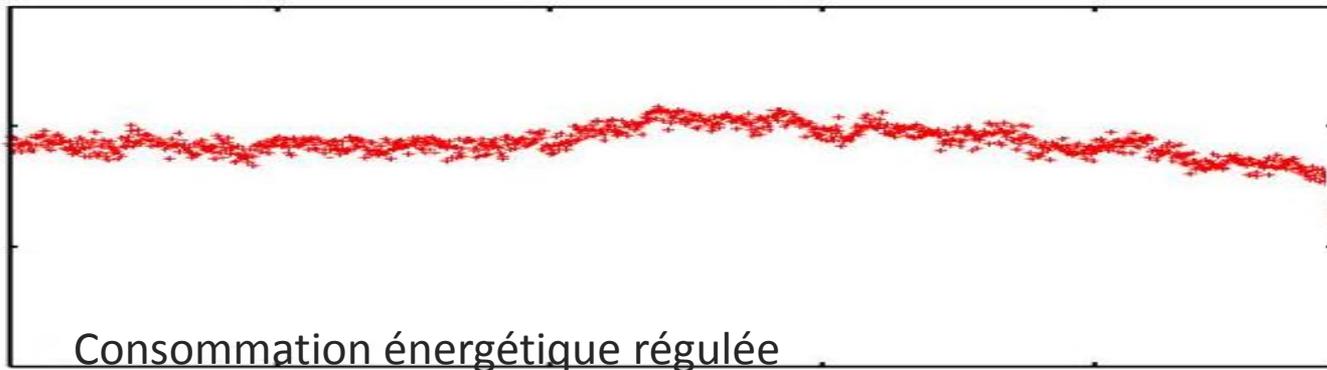
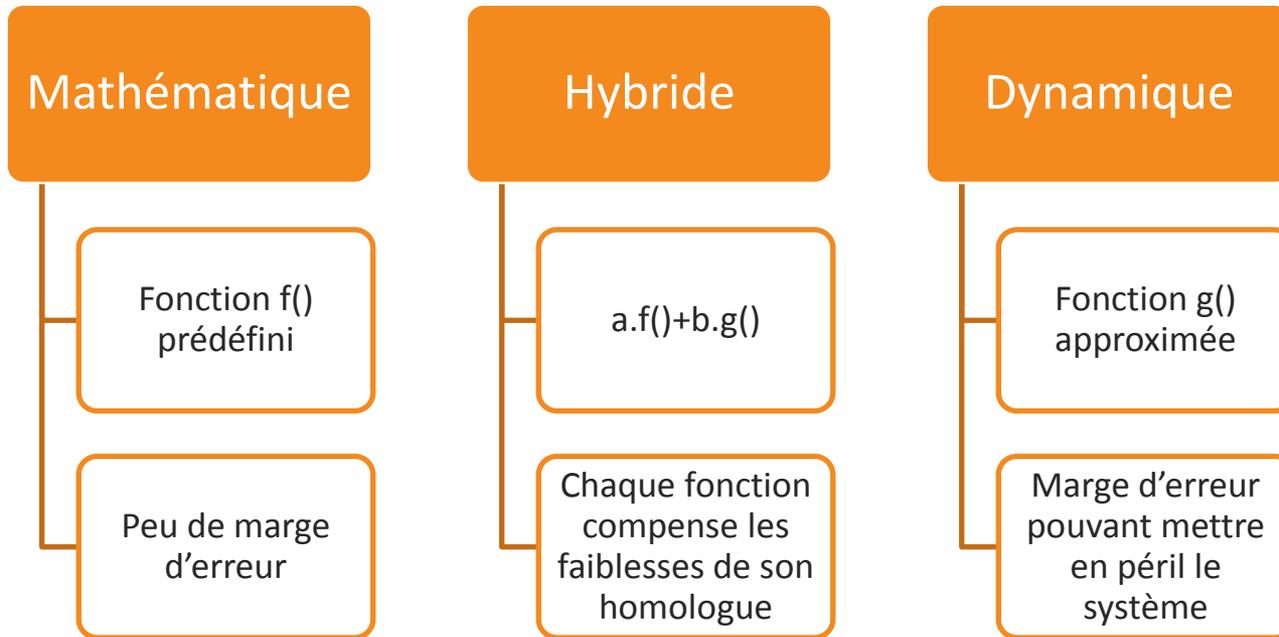
## **Smart example : de** l'exploitation des données vers un réseau dynamique

Data mining, réseau prétopologique et exemple de fonctionnement

# L'énergie du futur



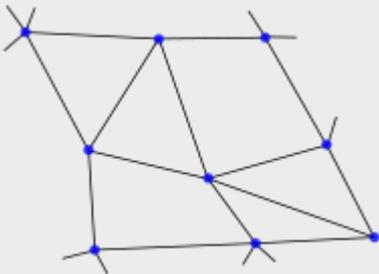
# Régulation de la courbe de consommation



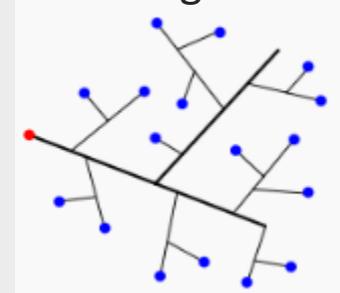
# Le réseau électrique

- » Le réseau est complexe, ses différentes parties possèdent leur propre structure
- » La distance géographique n'est pas proportionnelle au coût de la ligne électrique. Une distance prétopologique sur l'énergie propose une vision plus fine du réseau
- » L'approche prétopologique permet de mettre en relief les défauts et les zones à risque du réseau électrique

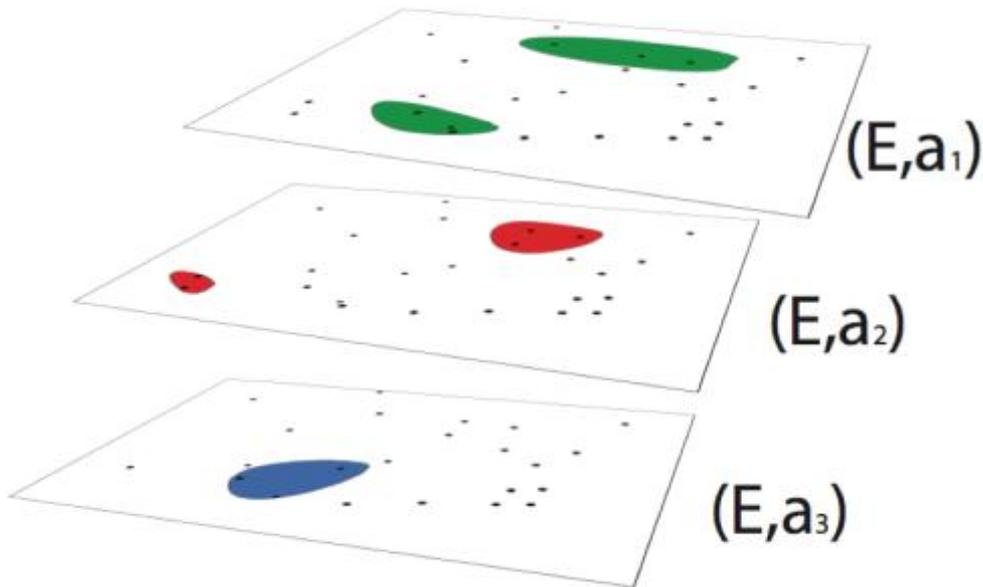
Réseau T&D



Microgrid



# Une vision plus fine du réseau



La **prétopologie** permet de mieux comprendre le fonctionnement et les failles du réseau.

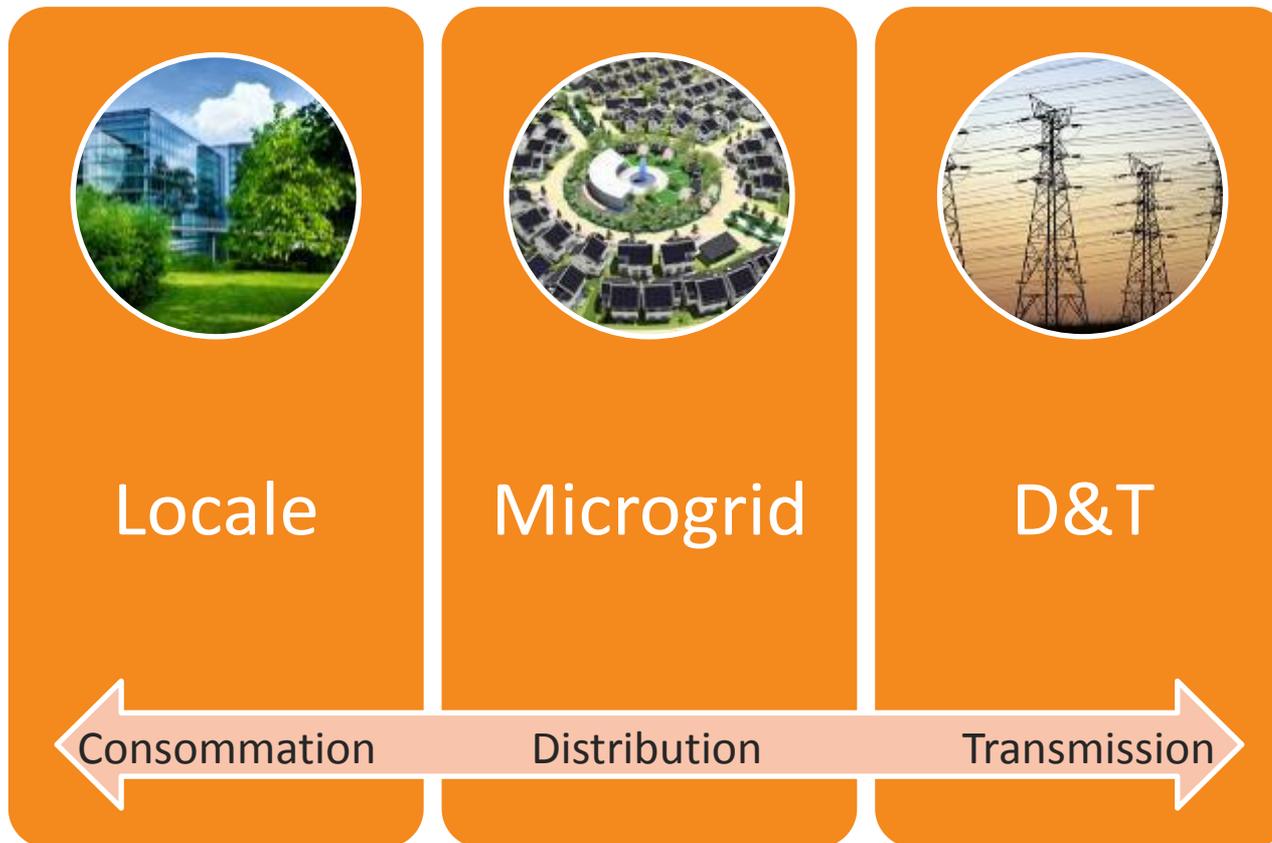
La **distance géodésique** est proportionnelle à de nombreux facteurs (capacités des lignes et des postes).

La **résilience et l'efficacité** du système dépend de ces facteurs.

Si 4% des super-nœuds sont perturbés, alors le système global perd 60% de sa performance.

# Trois niveaux de systèmes de gestion

Le Smart Grid est un **Système Autonome Distribué** :



1. L'information globale est codée sous forme de statistiques et de schémas dynamique.

2. Les statistiques et les probabilités sont essentielles.

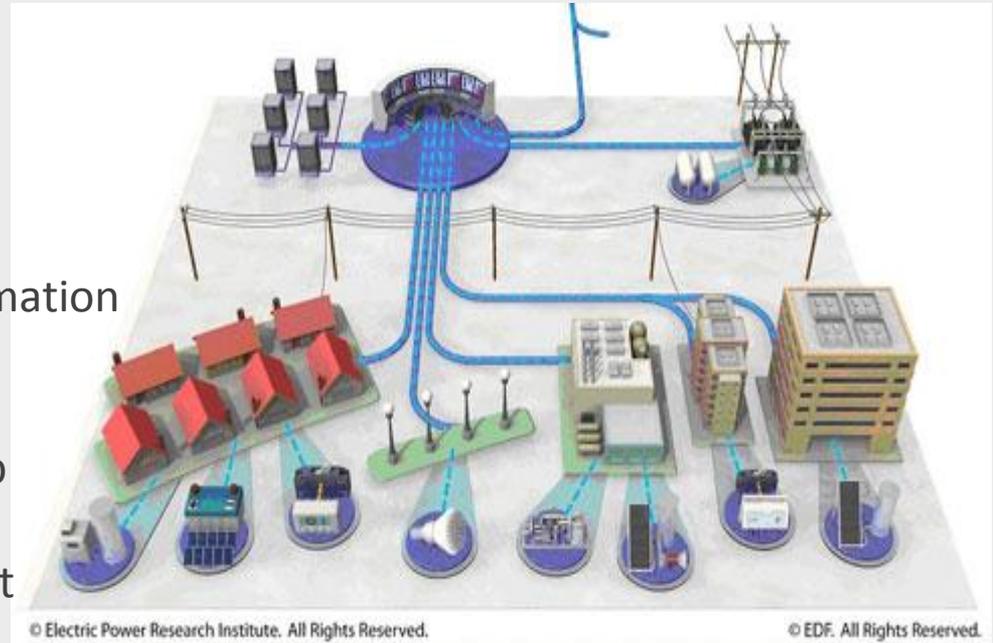
3. Le système effectue une recherche parallèle de possibilités présentes et futures.

4. Le système possède une interaction continue en bottom-up et top-down

# Echelle locale

Le potentiel d'économies d'énergies peut être similaire à l'isolation extérieure.

- » Allocation des ressources : gestion de la consommation et de la production énergétique
- » Etablissement des schémas de consommation futurs
- » Optimisation et transmission bottom-up
- » Gestion des priorités de fonctionnement



Rendement faible des centrales thermiques de proximités (60%) pour une grande quantité de rejet de carbone.

50% de la consommation des zones résidentielles peut être contrôlée sans réduire le confort

# Priorité de fonctionnement

65% de la puissance consommée est utilisée dans les moteurs fonctionnant à plein régime en permanence.  
Cette consommation excessive peut être réduite de 60%.



La **domotique** possède la faculté de communiquer avec le compteur intelligent.

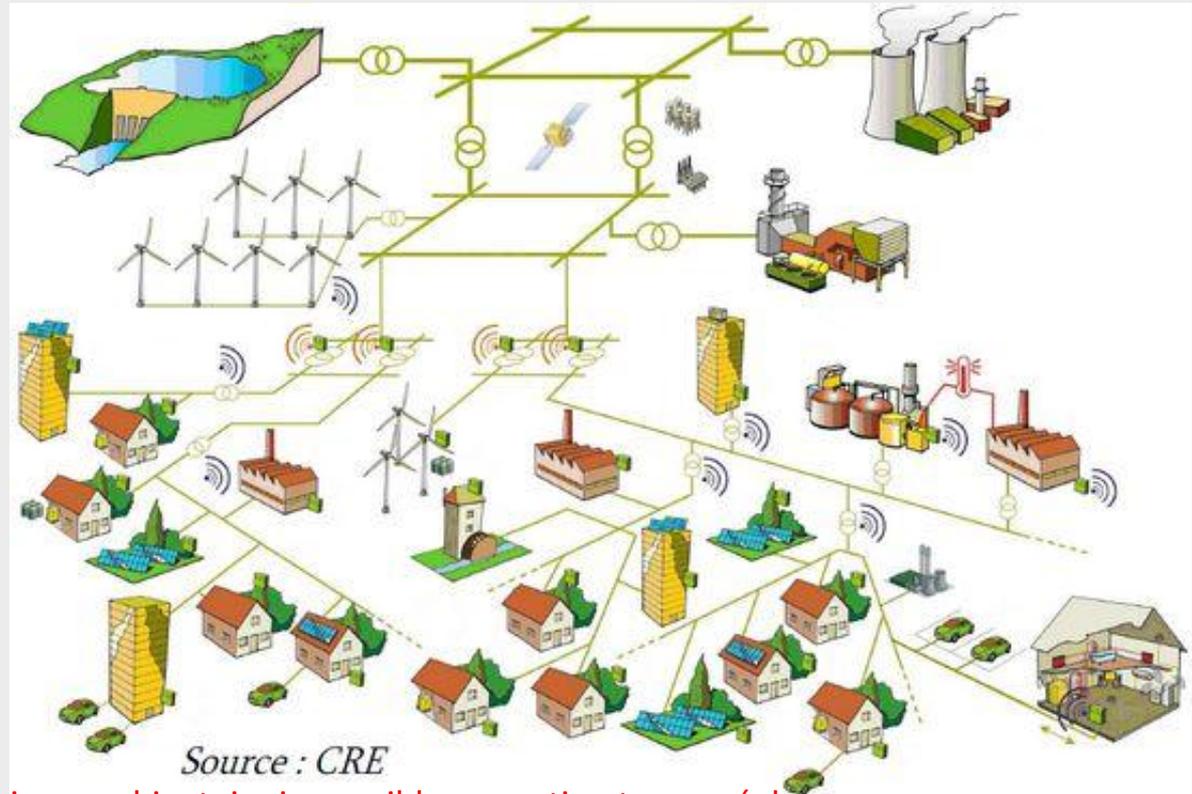
Un **système de priorité** détermine l'importance de l'appareil et de sa mise en route à l'instant présent en fonction de :

- Le niveau de confort
- L'utilité de l'appareil en l'instant présent
- La possibilité de report de charge
- La durée et la consommation de l'appareil
- Les statistiques et pronostiques locaux et avoisinants.

Un appareil en cycle de fonctionnement, sauf cas particulier, sera toujours fournit en énergie.

# Locale et Microgrid

1. Non-linéarité des paramètres du système d'alimentation, en particulier en présence des EnR locales.
2. Incertitude de la demande et de la production.
3. Dynamique du système qui reflètent le marché, la disponibilité des EnR, la reconfiguration du réseau et du report de consommation.
4. Paramètres stochastiques en raison d'événements d'origine humaine ou naturelle et plus des différentes échelles de temps de fonctionnement des appareils.

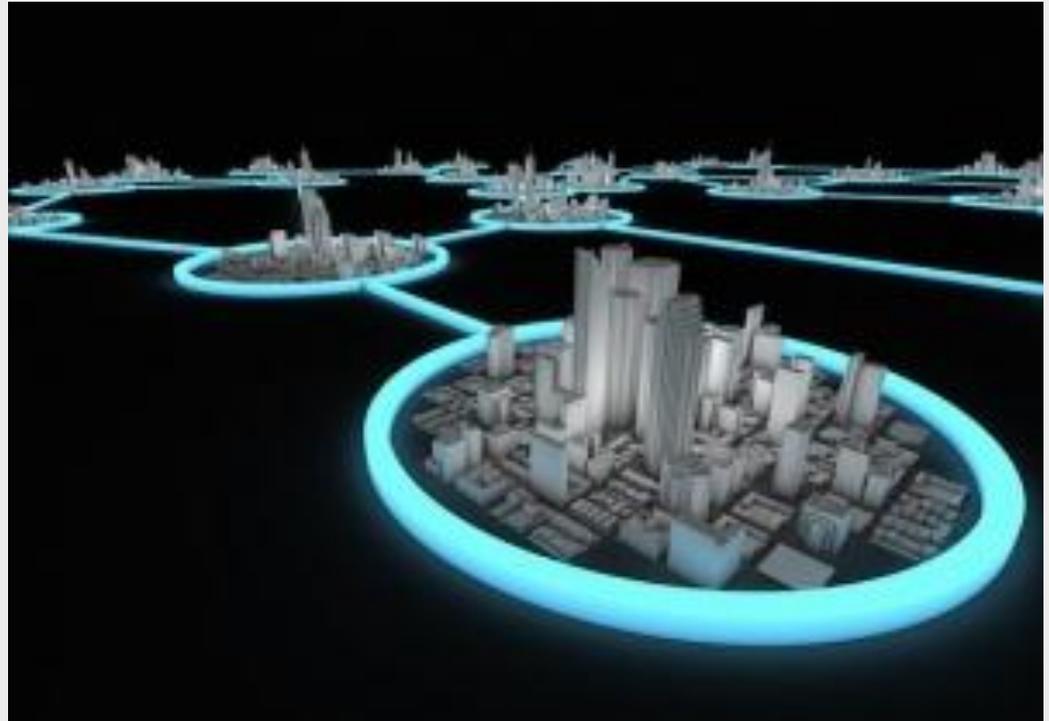


Le caractère bayésien suggère une explosion combinatoire impossible en gestion temps réel.  
Les microgrids sont découpés en sous réseau pour faciliter les calculs (entropie).

# Microgrid : jeux d'enchères

75% de la consommation d'électricité nationale arrivent dans des bâtiments.

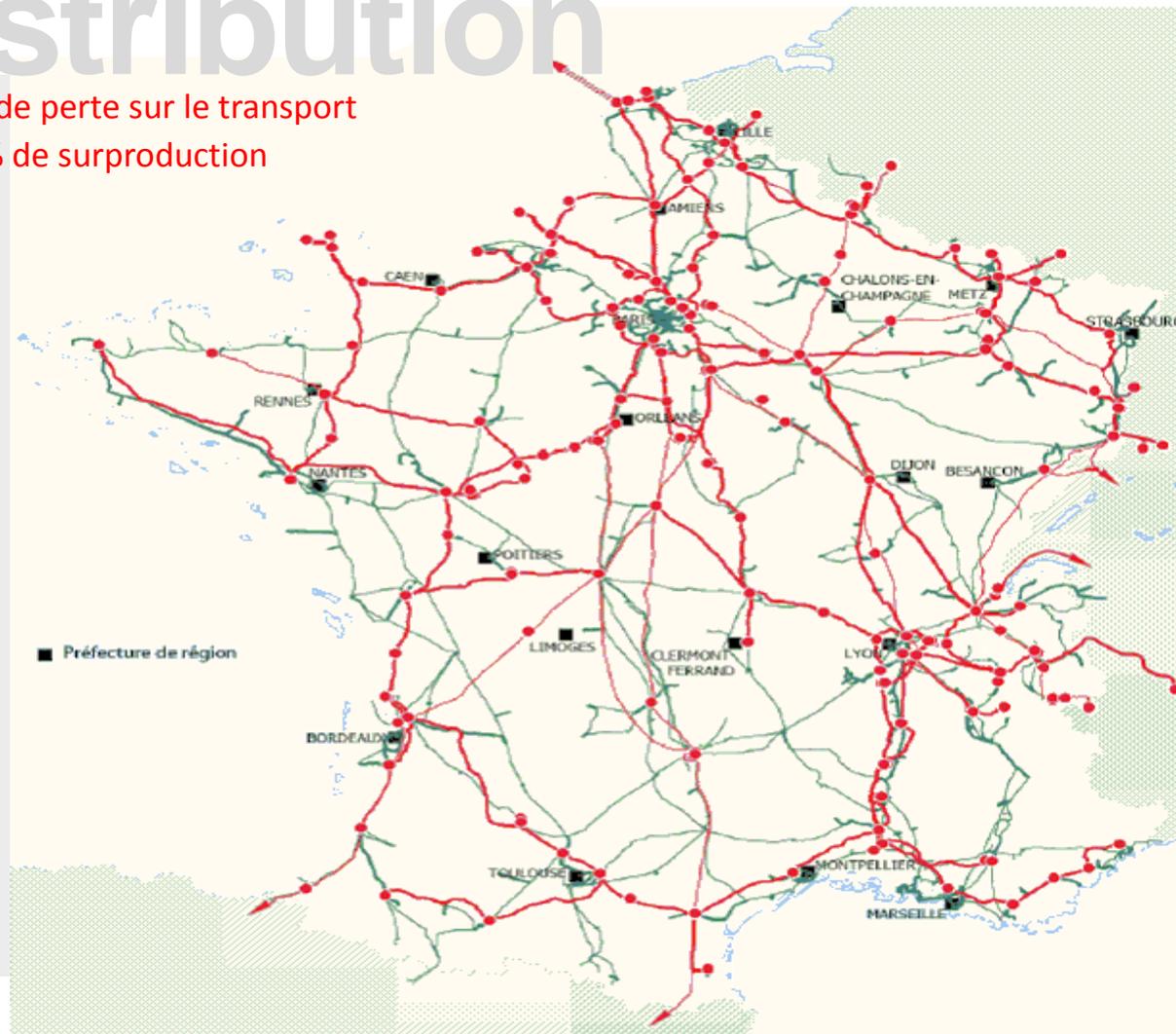
1. Chaque microgrid possède les consommations de l'échelle inférieure avec les différentes priorités.
2. Chaque microgrid participe à un jeu d'enchères avec ses voisins : avec un plafond bas et haut d'énergie disponible pour chaque secteur.
3. Un système bottom-up et top-down permet de répartir au mieux l'énergie dans tout les microgrids.
4. Coopération entre les microgrids pour une meilleure gestion de l'énergie.



Un équilibre de Nash global réduirait la facture du consommateur et du producteur.

# T&D : Distribution

6% de perte sur le transport  
10% de surproduction



1. Les microgrids fournissent les résultats des jeux.
2. Le réseau en amont approuve et attribut les résultats des jeux
3. Le réseau T&D doit au mieux distribué l'énergie tout en garantissant la fiabilité du système

# Congestion et transport d'énergie

La congestion revient à 7-10% de la facture totale annuelle depuis 2002



Il y a **congestion** lorsque les capacités physiques de transit sur certaines lignes sont atteintes. Il n'est donc plus possible d'augmenter les flux.

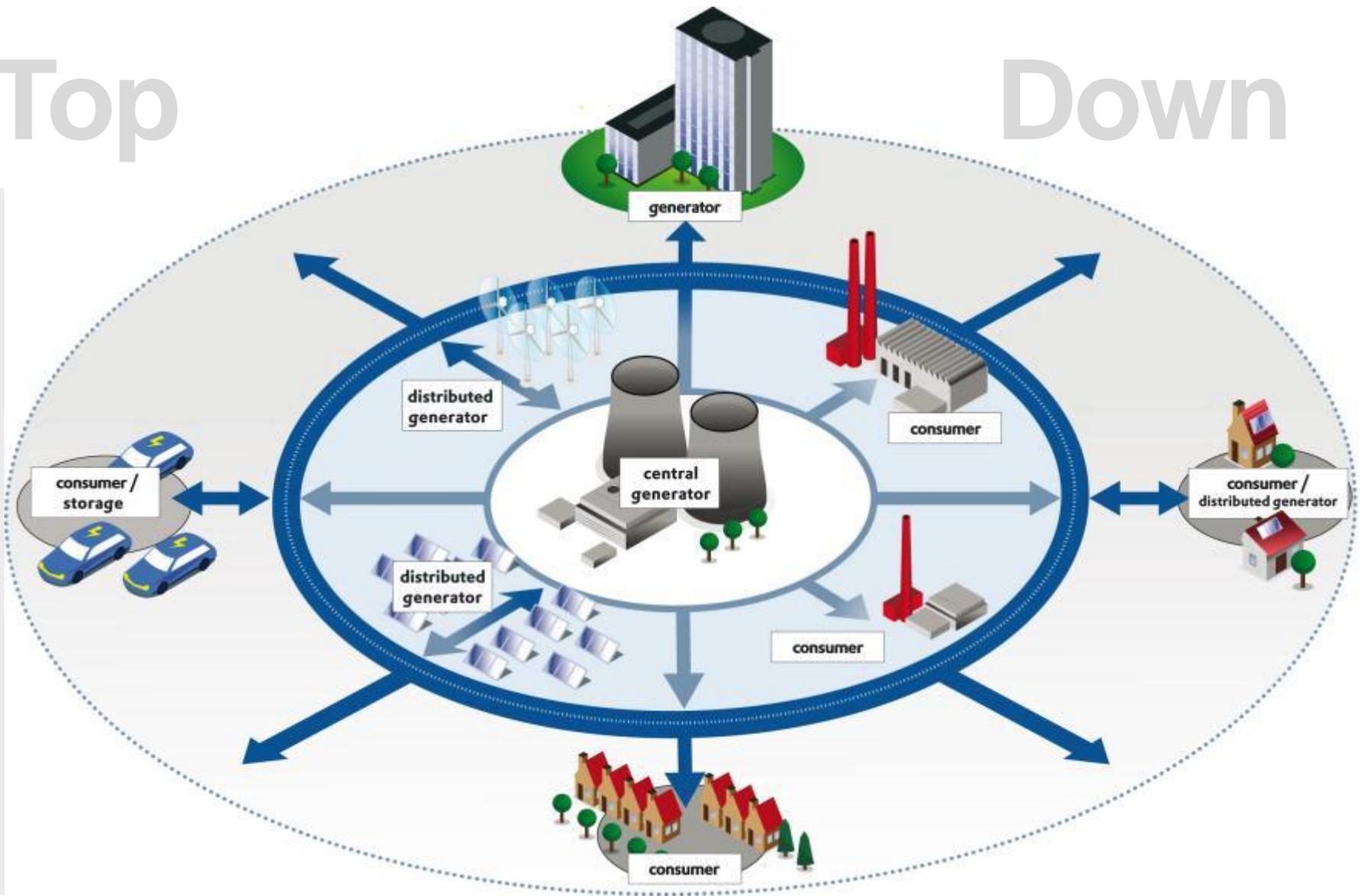
La **congestion** peut être due à des :

- Limites thermiques
- Limites de tenue de tension
- Limites de synchronisation
- Problèmes de flux inter-opérateurs

Un appareil en cycle de fonctionnement, sauf cas particulier, sera toujours fournir en énergie.

# Top

# Down





# Algorithmes et modules complémentaires

Déroulement d'un Smart Grid

## Initialisation



- Mise à jour consommation
- Mise à jour production
- Mise à jour priorité
- Si schéma connu, alors appliqué la meilleure solution

## 1. Problème local



- Résolution par Sac-à-dos
- Chaque appareil à un coût unitaire en fonction de sa consommation et de sa priorité
- On cherche à minimiser le coût unitaire des feuilles du Smart Grid
- Résultat sous forme de vecteur de coût par échelon de priorité

## 2. Microgrid



- Le microgrid collecte et fusionne les vecteurs des données locales
- Il effectue un jeu d'enchère avec les microgrids en clique avec pour seuil la consommation prioritaire et pour plafond la consommation sans priorité
- Il envoie les données à l'étape suivante.

## 3. Distribution



- Le poste effectue une répartition des tâches (tâche = énergie disponible) au moindre coût sur le réseau qui lui est attribué
- Le poste attribue l'énergie en fonction du coût unitaire (donc des priorités).
- On cherche le plus court chemin entre les postes et les microgrids en gardant la règle du N-1
- Si possible, on passe à l'étape suivante.
- Sinon, on attribue l'énergie au mieux (transfert de charge et d'énergie par coopération dans les microgrids connexes au poste)

## 4. Distribution



- Une fois un consensus obtenu, on route l'énergie des centrales vers les postes de distribution
- On cherche à minimiser la surcharge des lignes
- En cas de surcharge, on calcule les nouveaux besoins de production locaux et globaux

## 5. Pronostiques



- Des pronostics sont effectués sur la consommation future
- Les producteurs équilibrent leur production sur les pronostics
- Les producteurs modifient leur production pour éviter les surcharges de ligne
- Contrôle du système à la recherche d'erreurs avant le prochain temps.
- Apprentissage ou mise-à-jour des schémas connus

# Nouvelles énergies

Sans stockage, l'énergie non consommée est perdue

- » Le stockage permet de réduire l'impact de la variabilité de la production de certaines EnR
- » Production locale mineur limitant la fluctuation de la consommation
- » Gestion locale de l'énergie et répartition des surplus dans le voisinage
- » Migration d'une production centralisée vers une production à toute échelle



Les EnR ont souvent une production d'énergie erratique

# Dynamique des prix

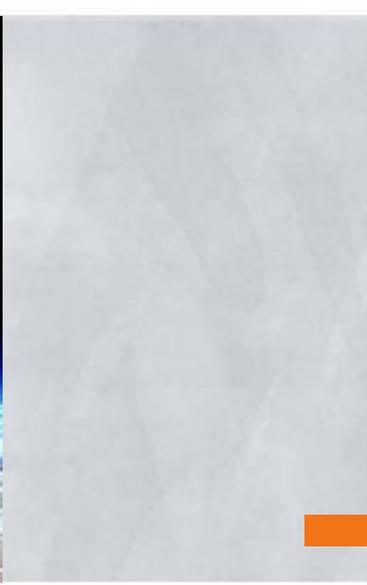
- » La dynamique des prix doit être en corrélation avec le lissage de la courbe de consommation
- » Des prix variables mais régulés par objectif de minimisation des coûts
- » La dynamique des prix est un stimulus de la diminution de la consommation
- » Le consommateur dépense moins et la production n'utilise pas les centrales à énergie fossile





# Des questions ?

Smart Grid : le réseau électrique du futur !



# Smart Grid Example

