Guillaume Guérard

Intégration et gestion des prix

SMART GRIDS

Mars 2014

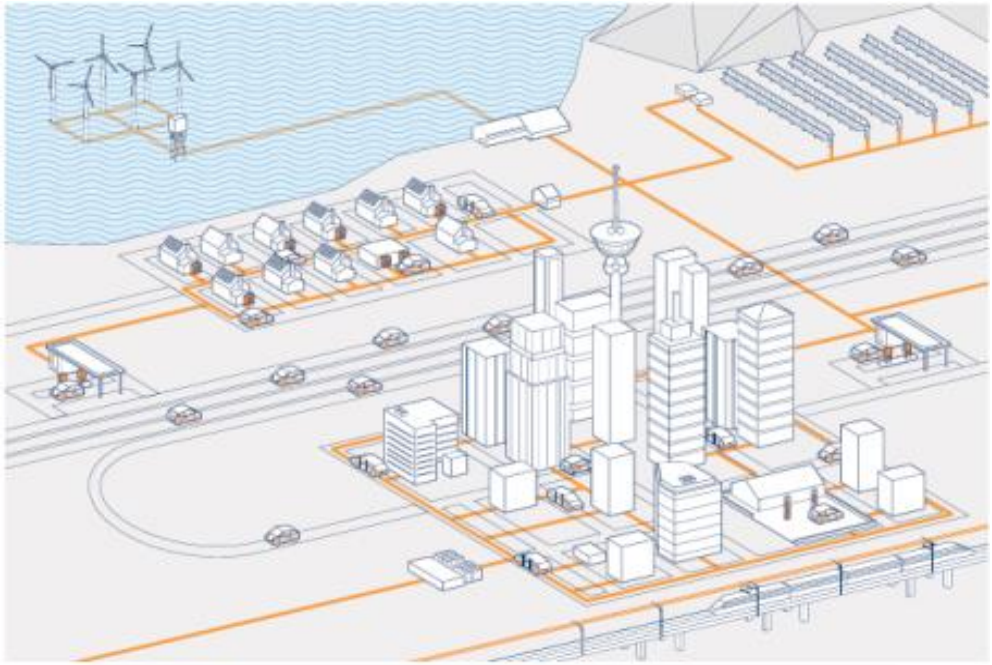
Smart Grid

Approche système complexe pour la modélisation des Smart Grids

Déroulement d’une itération

Objectifs industriels

L'Energy Grid actuel est basé sur la modélisation de Nikola Tesla de 1888.



Insuffisances de l'Energy Grid :

- **Structure** : intégration des EnR, conservation de l'énergie, gestion des appareils digitaux ou analogiques.
- **Consommation** : congestion et pertes sur le réseau T&D, rentabilité des centrales de proximité, latence du réseau.

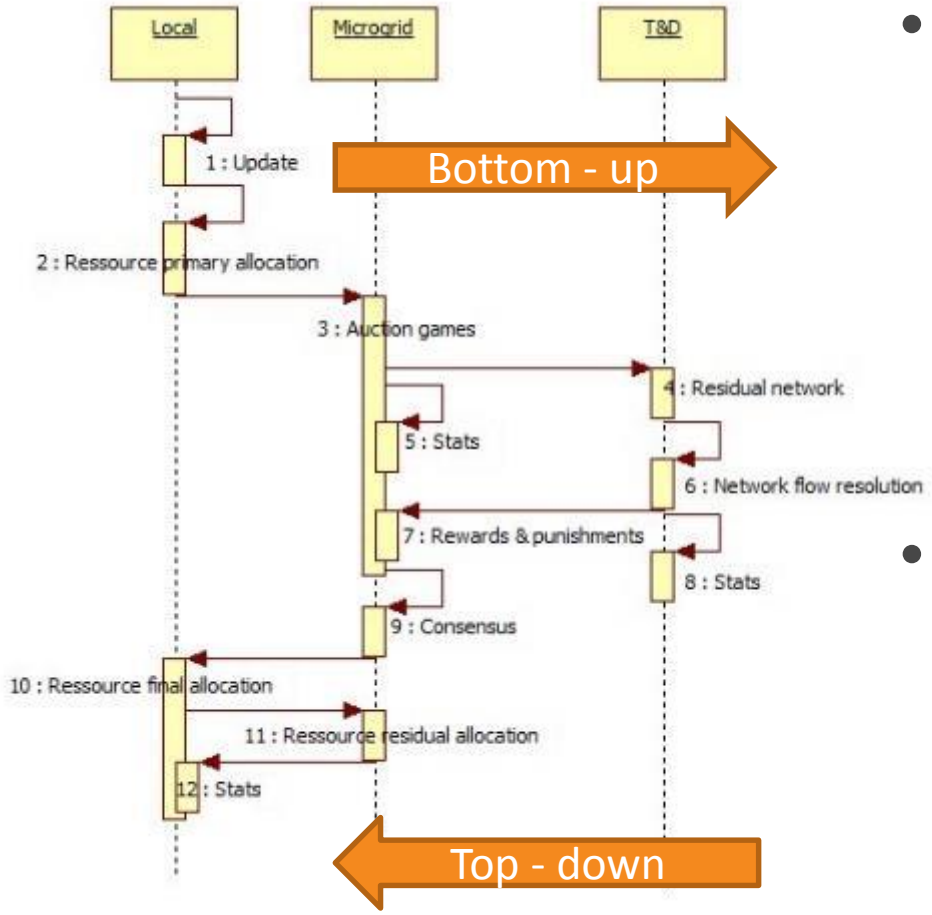
Smart Grid : réseau électrique intégrant le **comportement** et les **actions** des utilisateurs.

Nouveaux rôles et objectifs :

- **Réguler** la courbe de consommation
- **Optimiser** l'offre et la demande
- Garantir une **qualité de service.**

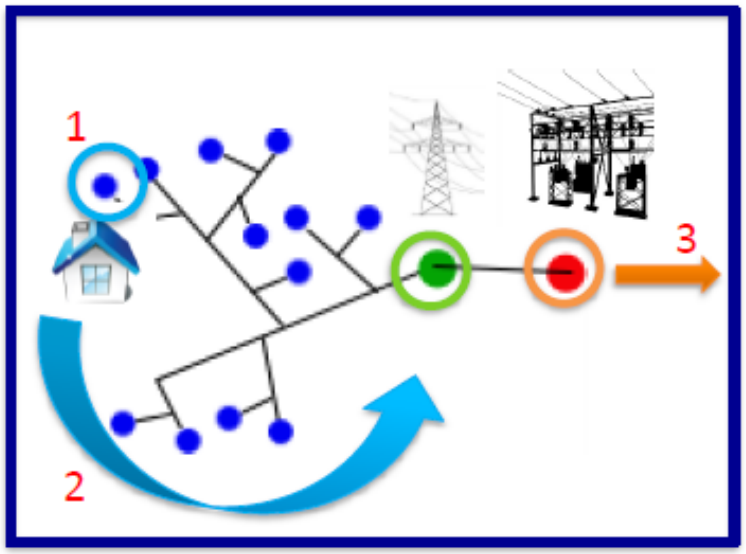
65% de l'énergie est utilisée dans des machines fonctionnant en permanence à plein régime.
Cette consommation peut être réduite de 60%.

Schéma séquentiel d'une itération



- **Action bottom-up**
  - Mise en place d'une solution initiale
  - Si les pronostiques sont justes, la solution finale est déjà obtenue
- **Action top-down**
  - Recherche d'une solution finale
  - Distribution et calcul des pronostiques

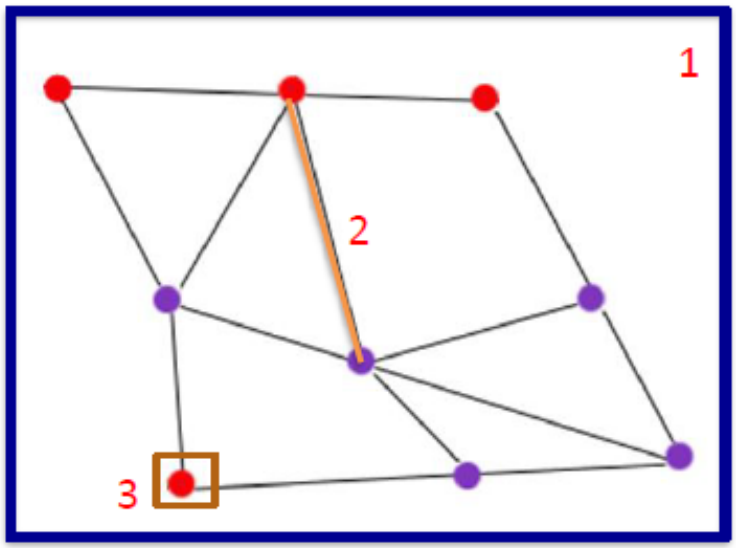
Résolution en aval



1. Pour chaque consommateur :
   - Mise-à-jour (capteurs).
   - Gestion de la domotique (priorité de fonctionnement).
2. ***Jeux d'enchères :*** Chaque sous-station reçoit les vecteurs de consommation des consommateurs sous sa responsabilité.
3. Envoie des données de consommation vers le réseau T&D pour la mise-à-jour des données.

Optimisation globale : pronostiques, gestion des priorités de fonctionnement.

Résolution en amont

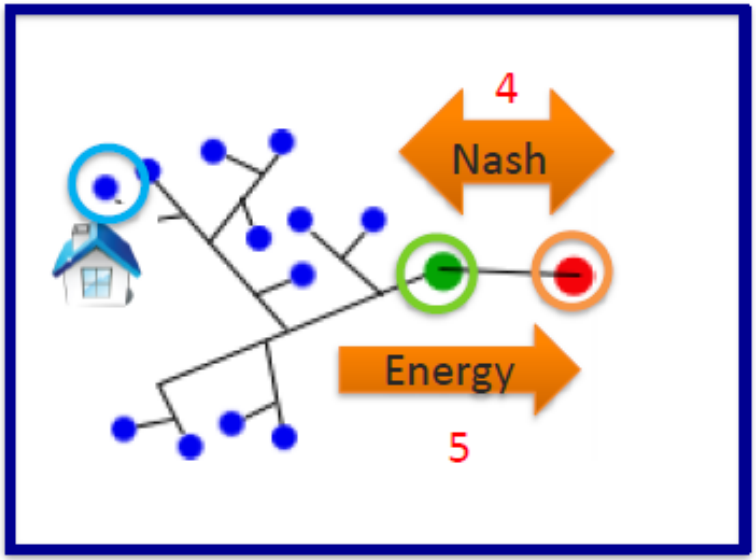


1. Mise-à-jour du réseau :
   - Production.
   - Mise en place du graphe résiduel.
2. Résolution du graphe résiduel et mise-à-jour du routage partiel. Mise-à-jour du routage et calcul du routage optimal.
3. Détection des goulots d'étranglement (production et consommation) et de la congestion.
4. ***Consensus*** **:** équilibre de l'offre et de la demande.

OU Rétroaction pour équilibrage des enchères.

Optimisation globale : Consensus, pronostiques à partir des données de routage.

Distribution de l'énergie



1. Pour chaque consommateur :
   - Mise-à-jour (capteur).
   - Gestion de la domotique (priorité de fonctionnement).
2. ***Jeux d'enchères :*** Chaque sous-station reçoit les vecteurs de consommation des consommateurs sous sa responsabilité.
3. Envoie des données de consommation vers le réseau T&D pour la mise-à-jour des données.
4. ***Consensus :*** équilibre de l'offre et de la demande.

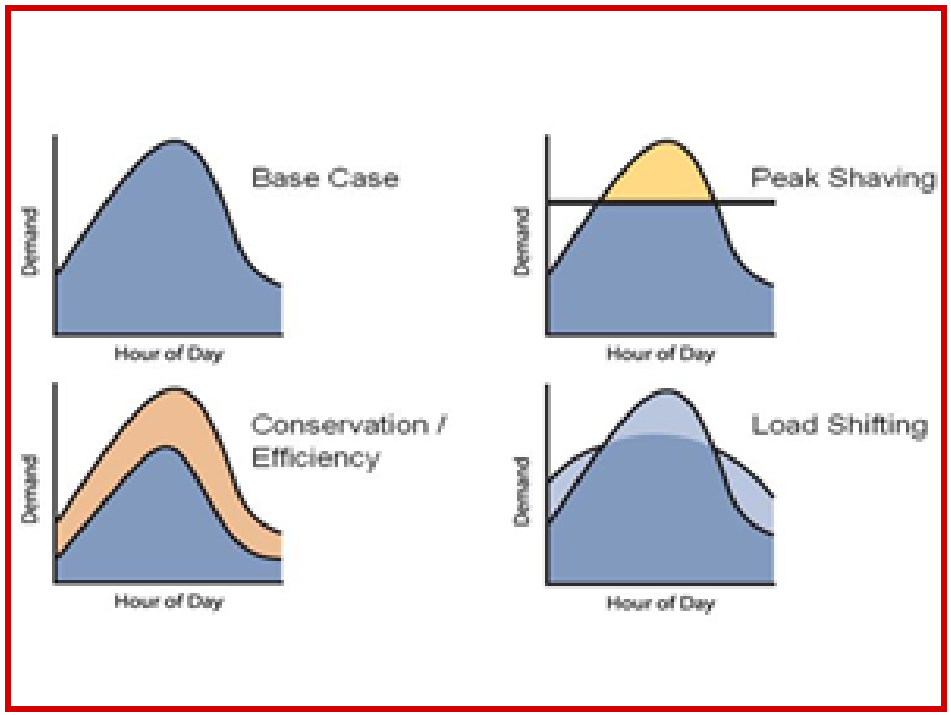
OU Nouveaux jeux d'enchères après équilibrage.

5. La station délivre l'énergie aux consommateurs par résolution de sac-à-dos en bottom-up

Optimisation globale : rétroaction top-down et bottom-up, distribution finale.

Demand-Side Management (DSM)

Régulation de la courbe de charge



La domotique permet de contrôler et de gérer la consommation locale.

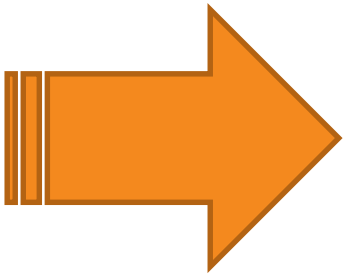
- **Principe**
  - Réguler la courbe de consommation.
  - Déplacer, diminuer, augmenter, couper la consommation.
- **Prix**
  - Participer au DSM permet une réduction temporaire du prix de consommation.

Overview of Demand Response under the Smart Grid and Market Paradigms
Farrokh Rahimi, *and* Ali Ipakchi

Au Niveau local

Données usuelles

Appareil électrique	Puissance en Watts	Période d'utilisation	Fréquence d'utilisation	Consommation annuelle moyenne



Transformation des données pour les algorithmes :

- **Appareil électrique** (Consommateur ou Producteur).
- **Consommation** : Puissance en Watts.
- **Priorité** : Période d'utilisation, Fréquence d'utilisation, Consommation annuelle moyenne, Appareil intelligent (consommation immédiate ou reportée).
- **Valeur** : description dans l'exemple.

Récompense ou pénalité en fonction de l'apport au DSM : modification de la priorité.

Ou à la Résolution final

Le microgrid connait les stratégies des consommateurs et les prix/stratégies des producteurs. Récompenses ou punitions impactent la priorité et les coûts des itérations suivantes.

Recherche de la meilleure configuration :
équilibre de Nash, Pareto etc.

		PRISONER 2: Confess	PRISONER 2: Lie
PRISONER 1	Confess	-8 , -8	0 , -10
	Lie	-10 , 0	-1 , -1

Autonomous Demand-Side Management Based on Game-Theoretic Energy Consumption Schedulingfor the Future Smart Grid
Amir-Hamed Mohsenian-Rad, Vincent W. S. Wong, Juri Jatskevich, Robert Schober, and Alberto Leon-Garcia

Gestion des prix de l'énergie.

- Local
  - *Anonymat de la stratégie choisit.*
  - *Obtention d'un consensus.*
  - *Pas de garantie d'optimum local.*
- Microgrid
  - *Minimum de coût dans le microgrid.*
  - *Garantie d'une distribution au meilleur coût.*

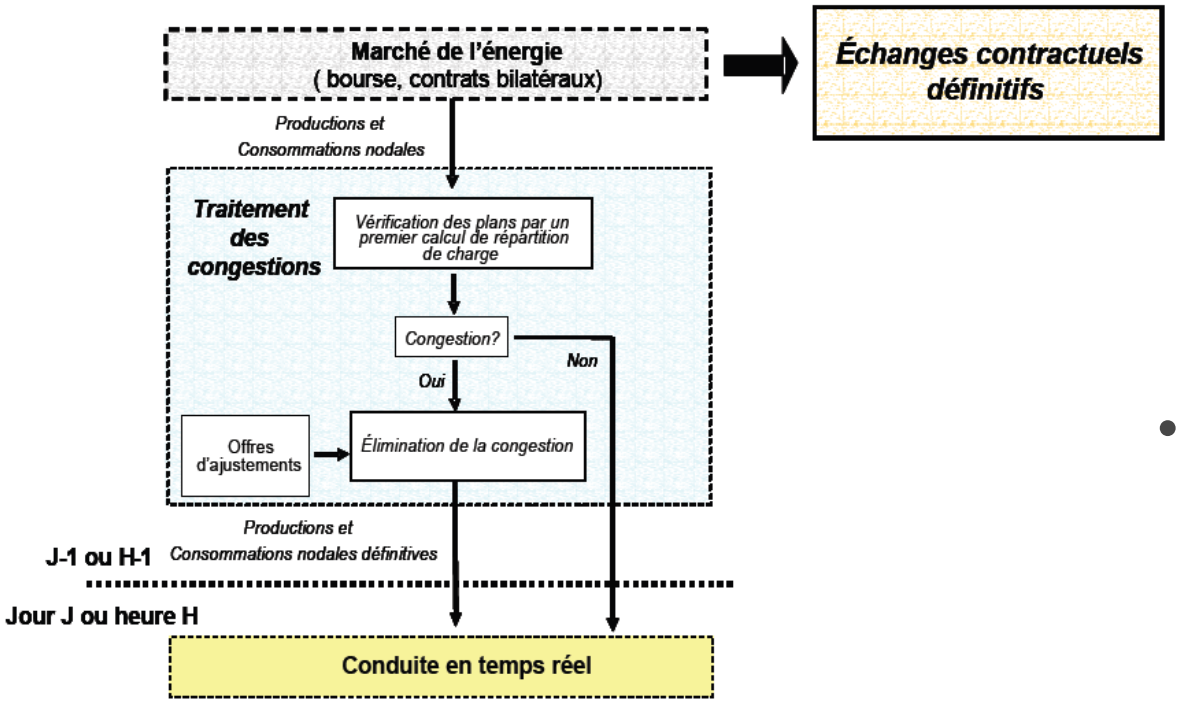
- **Le Smart Meter (Energy Consumption Controler)**
  - Maximisation de l'utilité des EnR et du V2G dans la régulation de l'énergie.
  - Interaction entre le Smart Meter et le fournisseur (microgrid).
  - Stratégie de contrôle de la domotique, impact sur la priorité de fonctionnement.
  - Système de récompenses ou de punitions en fonction de la stratégie.
  - *Calcul décentralisé et processus de décision distribué.*

Le consommateur est libre de participer au DSM, le producteur ne peut pas influencer les consommateurs.

Optimal Real-time Pricing Algorithm Based on Utility Maximization for Smart Grid
Pedram Samadi, Amir-Hamed Mohsenian-Rad, Robert Schober, Vincent W.S. Wong, and Juri Jatskevich

Energy Market

I. Régulation de la courbe de charge



procédure générale du modèle du buy back en J-1

Modèle du Buy-Back pour éviter les congestions

- **Principe**
  - Les producteurs mettent de « l'énergie » sur le marché.
  - Les microgrids achètent l'énergie pour les consommateurs.
- **Prix**
  - Le prix dépend du producteur et des enchères (prix stables, prix dynamiques).

Gestion des prix de l'énergie.

- Prix stable
  - *Prix en fonction de l'horaire (heures creuses, heures pleines).*
  - *Prix en fonction de la taille de consommation (petit, moyen, grand, industrie).*
- Prix dynamique
  - *Le prix est géré en temps réel par l'offre du marché.*
  - *Prix géré par l'agglomérateur, lien entre le consommateur et le producteur.*

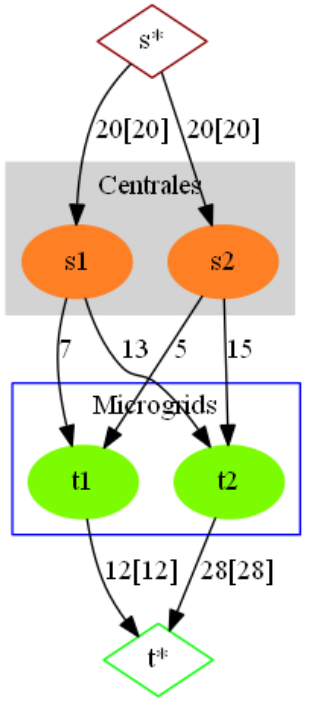
Le producteur est libre de choisir ses prix (obligation de concurrence) en fonction du consommateur.

Allocation de ressource

- Système dynamique
  - *Enchères au niveau microgrid*
  - *Allocation de ressource (flot max au coût min) au niveau T&D.*
  - *Calcul décentralisé et processus de décision distribué.*

- *Microgrid*
  - *Maison3* : $\mathcal{N}(12; 1{,}2/3)$, enchère de 13.
  - *Maison4* : $\mathcal{N}(8; 0{,}8/3)$, enchère de 7,5.
  - *Maison5* : $\mathcal{N}(4; 0{,}4/3)$, enchère de 4,5.

  - ***Total : 25,***
  - ***Prévision : 26,***
  - ***Reçu i-1 : 31.***



Allocation de ressource

- Stratégies
  - ***Auto-organisation*** *: un prix trop haut entraine une augmentation de la production, un prix trop bas entraine une diminution de la production (inversement pour la consommation).*
  - ***Auto-régulation*** *: un régulateur externe stabilise le prix pour éviter les abus.*

- Système
  - ***Trois types d'agents*** *: acheteurs, vendeurs et priseurs.*
  - ***Les priseurs*** *sont les médiateurs entre les deux autres types d'agents.*
  - ***Intégration facile dans la résolution microgrid et T&D.***

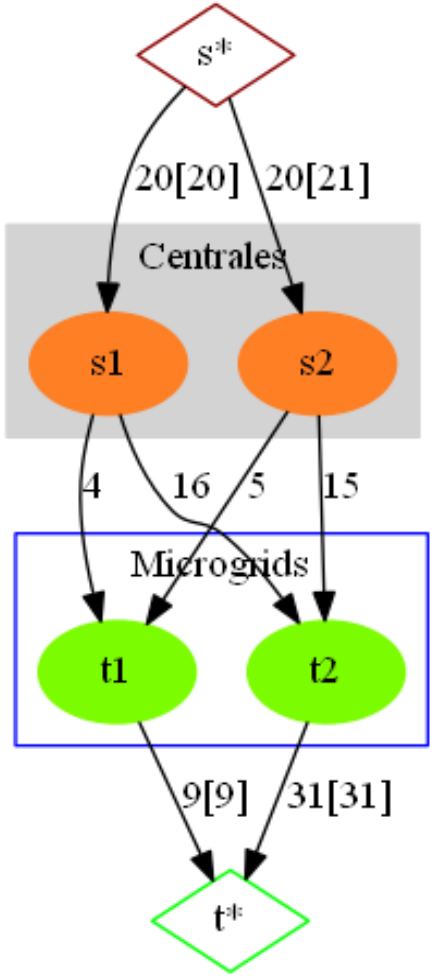
Market-based Resource Allocation in Grids
B. Pourebrahimi, K. Bertels, G. M. Kandru, S. Vassiliadis

Exemple

Ancienne itération

- Exemple :
  - 2 centrales
  - 2 microgrids
  - 5 maisons

- Résultats / pronostiques :
  - *Maison1* : 4/4
  - *Maison2* : 5/7
  - *Maison3* : 17/12
  - *Maison4* : 4/9
  - *Maison5* : 10/6
  - *Centrale1* : 20/20
  - *Centrale2* : 21/20



Mise à jour des consommations

Calcul de la valeur d'un appareil *i* dans une maison :

$$valeur_i=(poids_{max}*priorité_{max})-(poids_i*priorité_i) + poids_i$$

Maison1	Maison2	Maison3	Maison4	Maison5
1/0/81 1/1/80 3/0/83 5/2/75 20/4/20 Prévision : 4 Conso_moy : 5	1/0/16 1/0/16 2/1/15 3/0/18 4/3/7 5/3/5 Prévision: 6 Conso_moy: 7	1/0 1/0 10/0 Prévision: 12	1/0/33 1/1/32 3/0/35 3/2/29 4/1/32 8/4/8 Prévision: 8 Conso_moy: 9	1/0 3/0 Prévision: 6

Type de jeux : utilité maximale

Stratégie local : somme des utilités*consommation/priorité (>1)
Stratégie T&D : somme des (u/priorité-v)*consommation
v(valeur unitaire) : utilité moyen d'une unité de consommation du niveau local

Stratégie (Utilité)	Maison 1 v=34	Maison 2 V=10	Maison 3	Maison 4 V=22,5	Maison 5
0	330/194	77/27	Done	138/47	Done
1	410/240	107/37		298/56,5	
2	620/257,5			341,5/32,5	
3	none	125/-36			
4	720/-322,5			357,5/-131,5	
5	none				
Consommation finale	10	7	12	12	4

Cet exemple ne prend pas en compte la distribution actuelle de l'énergie.

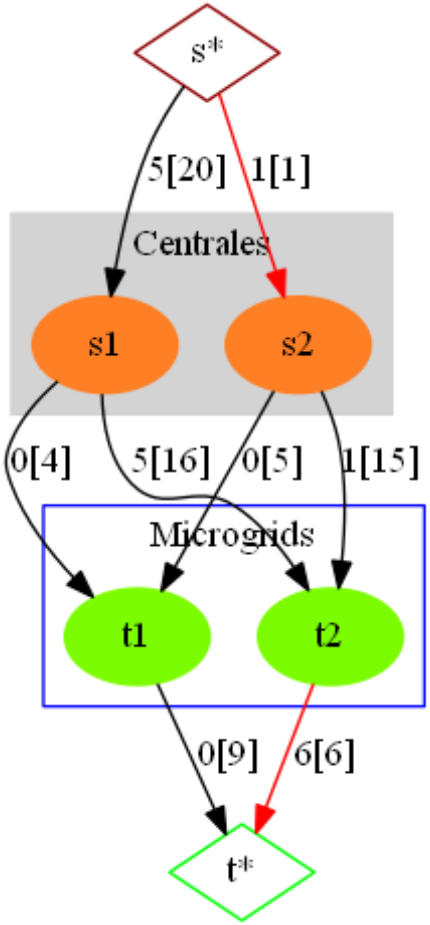
Type de stratégie : Exemples

Stratégie	Priorité	Prix
Utilisation des appareils	Standard	Standard
Peak shaving	Augmentation	Diminution
Conservation	Augmentation	Diminution
Load shifting	Augmentation/DIminution	‘’
Congestion	Augmentation	Standard
Sous-consommation	Diminution	Standard
Sur-consommation	Standard	Augmentation

Les stratégies ne sont pas fixes; des simulations permettront d’étalonner les stratégies de base.

Mise-à-jour du routage

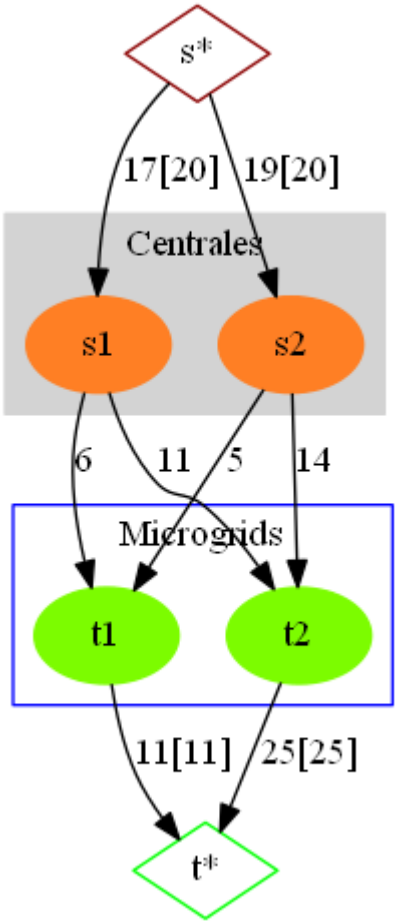
1. Mise-à-jour du réseau :
   - Production
   - Mise en place du graphe résiduel
2. Mise-à-jour du routage.
3. Flot max par Ford-Fulkerson.



Mise-à-jour

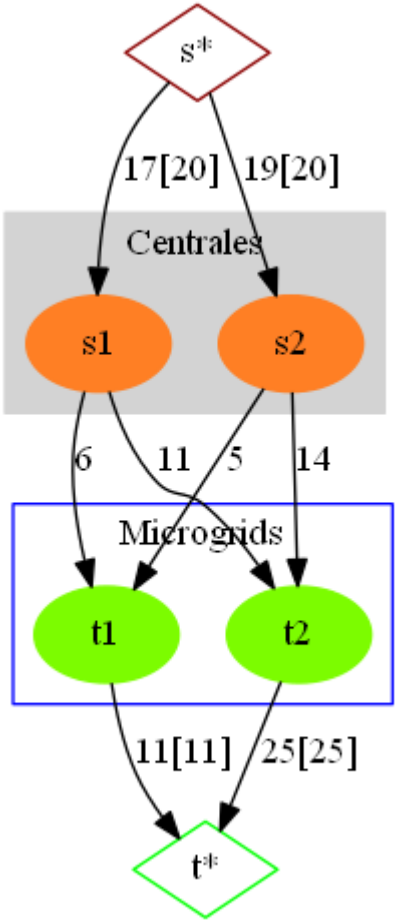
- *Centrale2* : production de **21 à 20**
- *Microgrid2* : consommation de **31 à 25**

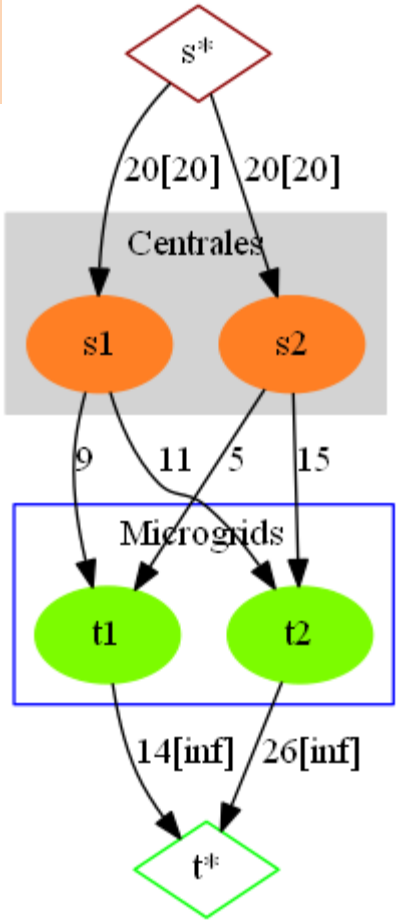
Graphe résiduel et nouveau routage

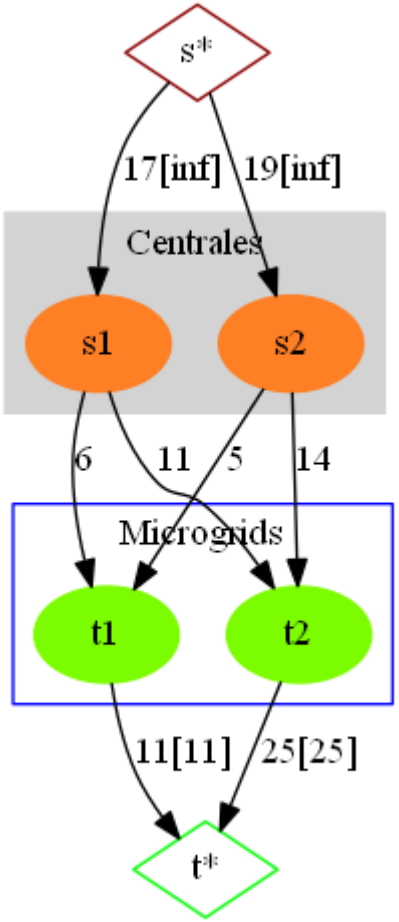


Nouveau routage et rétroaction

4. Détection des goulots d'étranglement (production et consommation) et de la congestion.



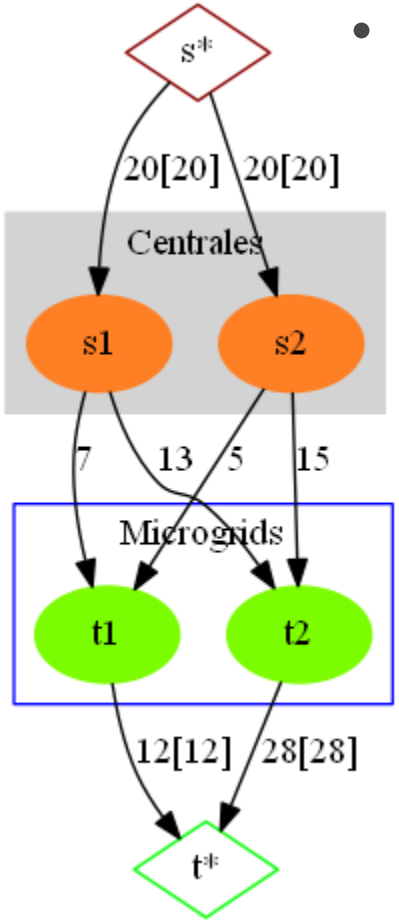




1. Nous récompensons les deux Microgrids.
2. Surproduction sur les deux centrales.

Enchères finales

- Microgrid1
  - *Maison1* : enchère de 4.
  - *Maison2* : enchère de 8.
  - ***Total : 12,***
  - ***Prévision : 10,***
  - ***Reçu i-1 : 9.***



- Microgrid2
  - *Maison3* : enchère de 13.
  - *Maison4* : enchère de 11.
  - *Maison5* : enchère de 4.
  - ***Total : 28,***
  - ***Prévision : 26,***
  - ***Reçu i-1 : 31.***

Consommation finale

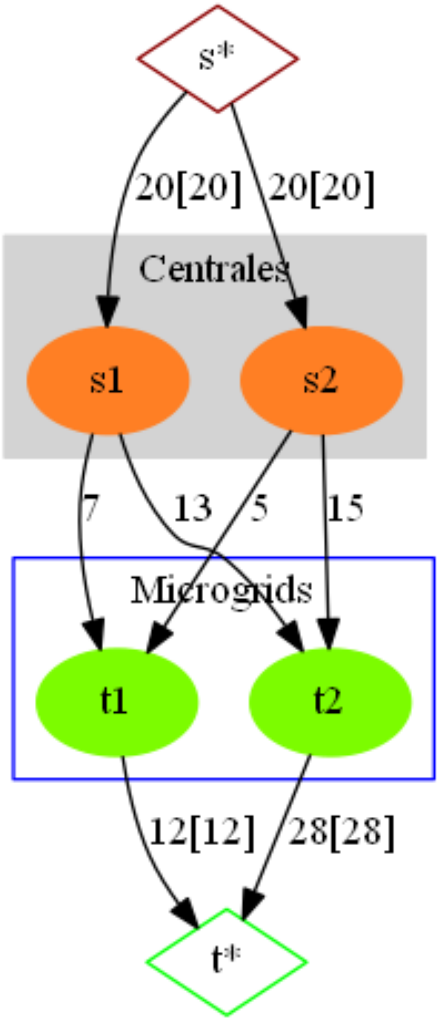
Maison1	Maison2	Maison3	Maison4	Maison5
1/0/81 1/1/80 3/0/83 5/2/75 20/4/20 Reçu : 4 Consommé : 4 Reste : 0	1/0/16 1/0/16 2/1/15 3/0/18 4/3/7 5/3/5 Reçu : 8 Consommé : 7 Reste : 1	1/0 1/0 10/0 Reçu : 13 Consommé : 12 Reste : 1	1/0/33 1/1/32 3/0/35 3/2/29 4/1/32 8/4/8 Reçu : 11 Consommé : 9 Reste : 2	1/0 3/0 Reçu : 4 Consommé : 4 Reste : 0
Microgrid1 reste : 1 Consommé : 1 Reste : 0			*Microgrid2* reste : 3 Consommé : 3 Reste : 0	

Poids/Priorité/Valeur, le résultat du KP local est en rouge, et du KP microgrid en vert.

Résultats de l'itération

- Exemple :
  - 2 centrales
  - 2 microgrids
  - 5 maisons

- Résultats / pronostiques :
  - Maison1 : 4/4+
  - Maison2 : 7/7+
  - Maison3 : 12/12-
  - Maison4 : 12/12
  - Maison5 : 4/4+
  - Centrale1 : 20/20+
  - Centrale 2 : 20/20+



Smart Grid