

Off-Line and On-Line Optimization Under Uncertainty: A Case Study on Energy Management

De Filippo, Allegra and Lombardi, Michele and Milano,
Michela [1]

Ismail Bagayoko

fevrier 2020

Universite de Quebec a Montreal

Plan

1. La problématique étudiée
 - Optimisation Sous Incertitude
 - Sous-type de problèmes
2. La méthodologie adoptée
 - Étude de cas
 - L'approche de base
 - La méthode BOON
 - La méthode MOON
3. Résultats
4. Conclusion

La problématique étudiée

Optimisation Sous Incertitude

- Problème d'optimisation très difficile
- une connaissance incomplète des données du problème
- Exemple Recherche opérationnelle, ...

Souvent représenté par des *variables aléatoires* dans un système de décision à *plusieurs étapes*

Sous-type de problèmes

Les problèmes avec :

- Composant hors ligne (décision stratégique)
 - résolus via des méthodes de résolution exactes
- Composant en ligne (décision tactique)
 - prendre des décisions au fil du temps
 - les informations sont lentement révélées

La méthodologie adoptée

Étude de cas : Centrale électrique virtuelle

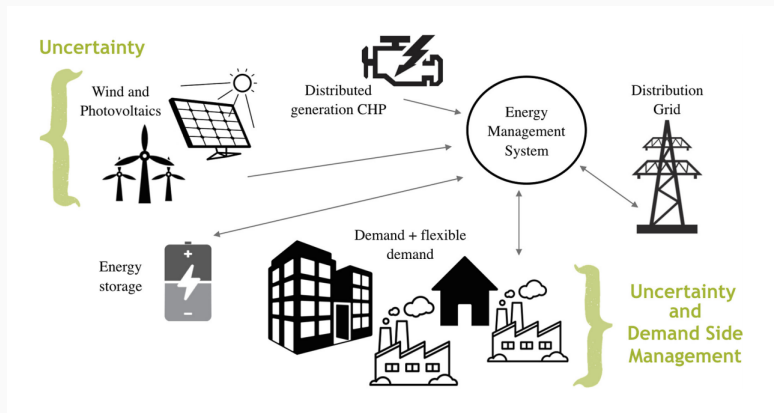
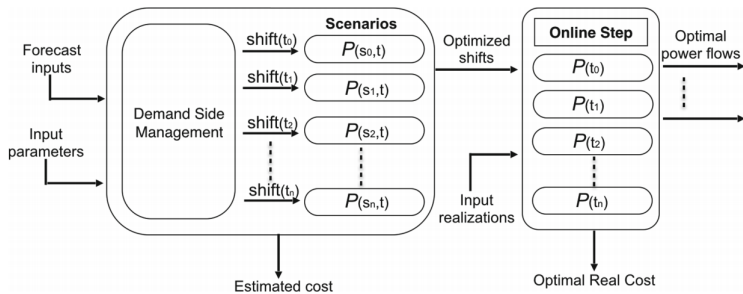


Figure 1: Une centrale électrique virtuelle typique

Étude de cas : Centrale électrique virtuelle

- des charges (demandes) électriques et thermiques élevées (qui peuvent changer)
- des générateurs CHP
- des générateurs d'énergie renouvelable (incontrôlable, stochastiques)
- stockages électriques et thermiques

L'approche de base



L'approche de base - Hors ligne

Le modèle hors ligne

$$\min(z) = \frac{1}{|S|} \sum_{s \in S} \sum_{t \in T} c^s(t)$$

Quantité d'énergie produite par le generateur (avec coût de carburant) $P_{CHP}^{min} \leq P_{CHP}^s(t) \leq P_{CHP}^{max} \quad \forall t \in T$

L'état de la batterie

$$charge^s(t) = charge^s(t-1) - \eta_d P_{St_{in}}^s(t) + \eta_c P_{St_{out}}^s(t) \quad \forall t \in T$$

L'énergie stockée $P_{St}^{min} \leq P_{St_{in}}^s(t) \leq P_{St}^{max} \quad \forall t \in T$

L'énergie utilisée du stockage $P_{St}^{min} \leq P_{St_{out}}^s(t) \leq P_{St}^{max} \quad \forall t \in T$

L'approche de base - Hors ligne

$$\tilde{P}_{Load}(t) = S_{Load}(t) + P_{Load}(t) \quad \forall t \in T$$

Planifier par le composant hors ligne $P_{Load}(t)$

Le changement par rapport à la charge planifiée $S_{Load}(t)$

La consommation reste constante

$$\sum_{t \in T_n} S_{Load}(t) = 0$$

La charge du système

$$\tilde{P}_{Load}^S(t) = P_{CHP}^S(t) + P_{Ren}^S(t) + P_{GridIn}^S(t) - P_{GridOut}^S(t) + P_{StIn}^S(t) - P_{StOut}^S(t)$$

$$c^S(t) = c_{Grid}(t)P_{GridIn}^S(t) + c_{CHP}P_{CHP}^S(t) - c_{Grid}(t)P_{GridOut}^S(t)$$

$$\min(z) = \frac{1}{|S|} \sum_{s \in S} \sum_{t \in T} c^S(t)$$

L'approche de base - En linge

Le modèle en ligne

$$P_{CHP}^{min} \leq P_{CHP}(t) \leq P_{CHP}^{max} \quad \forall t \in T$$

$$charge(t) = charge(t-1) - \eta_d P_{St_{In}}(t) + \eta_c P_{St_{Out}}(t) \quad \forall t \in T$$

$$P_{St}^{min} \leq P_{St_{In}}(t) \leq P_{St}^{max} \quad \forall t \in T$$

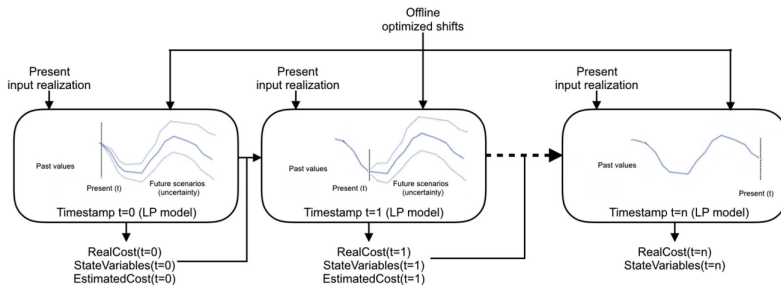
$$P_{St}^{min} \leq P_{St_{Out}}(t) \leq P_{St}^{max} \quad \forall t \in T$$

$$\begin{aligned} \tilde{P}_{Load}(t) = P_{CHP}(t) + P_{Ren}(t) + P_{Grid_{In}}(t) - P_{Grid_{Out}}(t) \\ + P_{St_{In}}(t) - P_{St_{Out}}(t) \quad \forall t \in T \end{aligned}$$

$$z = \sum_{t \in T} c_{Grid}(t) P_{Grid_{In}}(t) + c_{CHP} P_{CHP}(t) - c_{Grid}(t) P_{Grid_{Out}}(t)$$

Deux directions d'améliorations

BOON - Boosted On-line Optimization



BOON - Boosted On-line Optimization

Remplacer l'heuristique en ligne par une méthode d'anticipation simple

$$z = c_{Grid}(t)P_{Grid_{in}}(t) + c_{CHP}P_{CHP}(t) - c_{Grid}(t)P_{Grid_{out}}(t) \\ + \sum_{s \in S} \sum_{i=t+1}^n c_{Grid}(i)P_{Grid_{in}}^s(i) + c_{CHP}P_{CHP}^s(i) - c_{Grid}(i)P_{Grid_{out}}^s(i)$$

MOON - Master Off-line Optimization

L'algorithme hors ligne

- ajout les conditions KKT
- Ajout d'un coup virtuel α_{St} pour le stockage
- α_{St} permet de contrôler le composant en ligne

MOON - Master Off-line Optimization ii

Equations (1)–(8)

$$c_{CHP} - \mu_1^s(t) + \mu_2^s(t) - c_{Grid}(t) = 0 \quad \forall t \in T, \forall s \in S$$

$$\alpha_{St}(t) + \mu_3^s(t) - \mu_4^s(t) - \mu_5^s(t) + \mu_6^s(t) - c_{Grid}(t) = 0 \quad \forall t \in T, \forall s \in S$$

$$\mu_1^s(t)(P_{CHP}^{min} - P_{CHP}^s(t)) = 0 \quad \forall t \in T, \forall s \in S$$

$$\mu_2^s(t)(P_{CHP}^s(t) + P_{CHP}^{max}) = 0 \quad \forall t \in T, \forall s \in S$$

$$\mu_3^s(t)(P_{StOut}^s(t) - P_{StIn}^s(t) + charge^s(t-1)) = 0 \quad \forall t \in T, \forall s \in S$$

$$\mu_4^s(t)(-P_{StOut}^s(t) + P_{StIn}^s(t) - charge^s(t-1)) = 0 \quad \forall t \in T, \forall s \in S$$

$$\mu_5^s(t)(P_{St}^{min} - P_{StOut}^s(t) + P_{StIn}^s(t)) = 0 \quad \forall t \in T, \forall s \in S$$

$$\mu_6^s(t)(P_{StOut}^s(t) - P_{StIn}^s(t) - P_{St}^{max}) = 0 \quad \forall t \in T, \forall s \in S$$

$$\mu_i^s(t) \geq 0 \quad \forall t \in T, \forall s \in S, \text{ for } i = 1, \dots, 6$$

MOON - Master Off-line Optimization

La fonction de coût du composant en ligne.

$$c(t) = c_{Grid}(t)P_{GridIn}(t) + c_{CHP}P_{CHP}(t) \\ - c_{Grid}(t)P_{GridOut}(t) - \alpha_{St}(t)P_{StOut}(t)$$

Résultats

Résultats

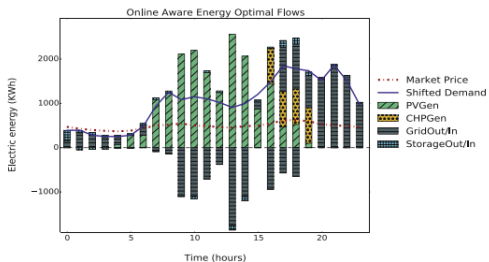
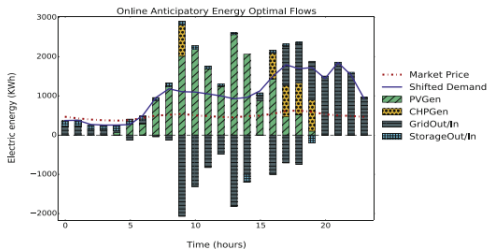
- Résidentielle
 - UC1 l'ensemble de données résidentiel de référence
 - UC2 : UC1 avec une augmentation l'énergie renouvelables
 - UC3 : UC1 où les prix du marché sont différents pour la vente / l'achat d'énergie
- Industrielle
 - ...

Résultats

Valeur de coût optimale pour différents modèles dans différents cas d'utilisation

Model	UC1 μ (K€)	UC2 μ (K€)	UC3 μ (K€)	UC4 μ (K€)	UC5 μ (K€)	UC6 μ (K€)
Oracle	331.362	247.213	393.818	798.388	565.607	856.955
Baseline	404.622	311.145	462.577	923.243	684.197	984.904
Diff. Oracle (%)	22.114	25.914	17.560	15.568	21.933	14.998
BOON	342.061	265.326	404.322	819.249	580.174	874.585
Diff. Oracle (%)	3.259	7.331	2.781	2.786	2.643	2.117
MOON	344.604	263.808	408.721	811.119	573.934	868.764
Diff. Oracle (%)	4.046	6.309	3.887	1.699	1.577	1.498

Résultats - Flux optimisés



Résultats - Temps d'exécution

Model	Residential		Industrial	
	Off-line (day-ahead)	On-line (daily optimiz.)	Off-line (day-ahead)	On-line (daily optimiz.)
Baseline	0.184	0.777	0.346	0.839
BOON	0.184	5.011	0.346	5.429
Diff. Baseline	0.000	+4.233 (545%)	0.000	+4.590 (547%)
MOON	27.885	0.902	58.913	0.983
Diff. Baseline	+27.701 (15k%)	+0.124 (16%)	+58.567 (16k%)	+0.143 (17%)

Conclusion

Conclusion

- Proposition de résolution des problèmes
 - Optimisation sous incertitude (hors ligne / en ligne)
- Établi sur une étude de cas (VPP)
- Deux méthodes avec différents compromis
- Résultats

Questions?



A. De Filippo, M. Lombardi, and M. Milano.

Off-line and on-line optimization under uncertainty: A case study on energy management.

In W.-J. van Hoesve, editor, *Integration of Constraint Programming, Artificial Intelligence, and Operations Research*, pages 100–116, Cham, 2018. Springer International Publishing.