

La flexibilité : un ingrédient essentiel à l'intégration des énergies renouvelables

François Bouffard

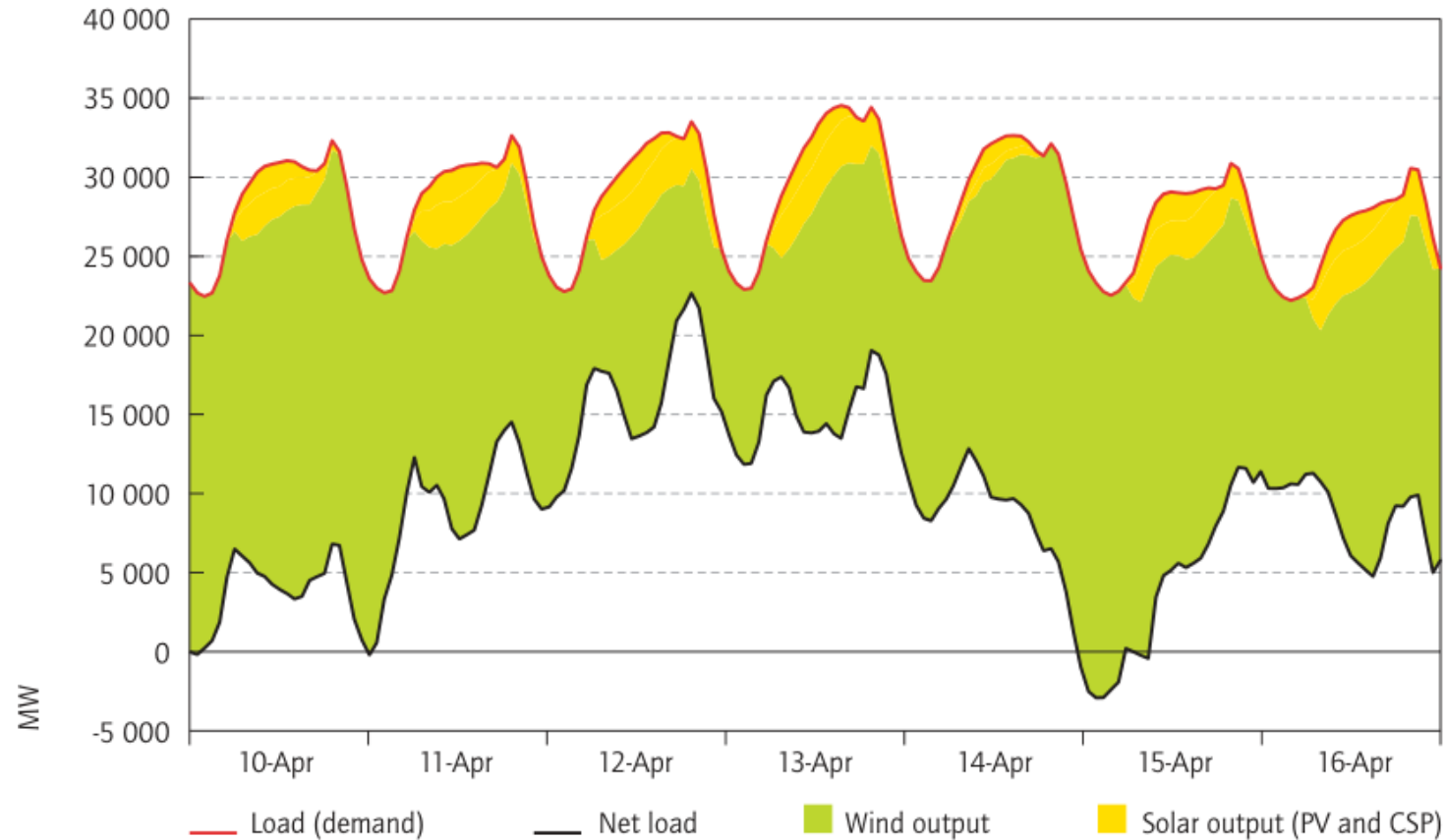
Département de génie électrique et de génie informatique
Trottier Institute for Sustainability in Engineering and Design
Université McGill

Groupe d'études et de recherche en analyse des décisions (GERAD)

Le contexte

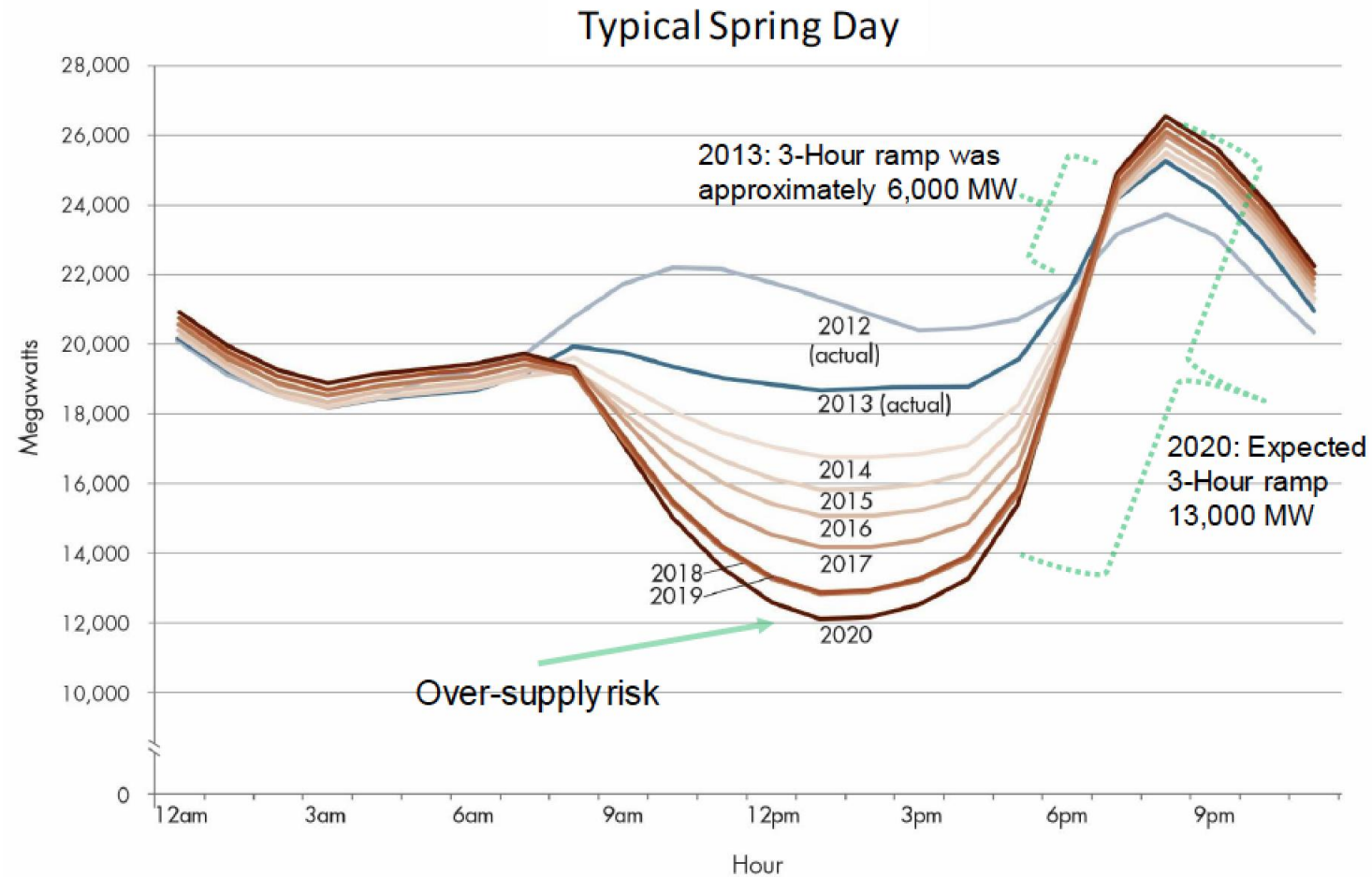
- ▶ La décarbonation de l'industrie électrique passe inévitablement par une transition vers les énergies renouvelables en réseau
- ▶ Du point de vue de l'exploitation et de la planification du réseau, ce sont des sources d'énergie:
 - ▶ Fluctuantes - éolien, solaire
 - ▶ Intermittentes - solaire
 - ▶ Non-répartissables - éolien, solaire, hydraulique au fil de l'eau
- ▶ Incertitude supplémentaire et un changement des schèmes de maintien de l'équilibre production-demande

Le contexte - imprévisibilité accrue des fluctuations dans l'équilibre production-demande



Source: Agence internationale de l'énergie, 2011

Le contexte - sévérité accrue des fluctuations dans l'équilibre production-demande



Source: California ISO, 2013; annotations: NERC, 2016

Comment gérer ces défis - besoin de flexibilité

- ▶ On doit pouvoir prévoir et déployer des ressources adéquates pour parer et répondre aux aléas et variations
- ▶ Sources de flexibilité
 - ▶ Actifs de production répartissables - manœuvrabilité, temps de démarrage
 - ▶ Les réseaux - mutualisation, limites d'exploitation temporisées
 - ▶ Consommateurs
 - ▶ Stockage
 - ▶ Institutions - marchés, outils d'aide à la décision, méthodes de gestion de l'exploitation, intégration systémique
- ▶ Problèmes de planification de la flexibilité - court-, moyen- et long-terme

Trois éléments clés

I. Caractérisation des besoins

- Combien? Où? Quand? Quelle forme?

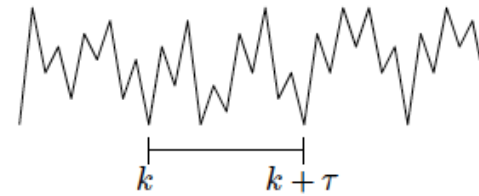
II. Caractérisation des ressources

- Limites en termes d'énergie, puissance et rampe, délais de déploiement, i.e. leurs inflexibilités
- Coût inhérent de la flexibilité - CAPEX et OPEX

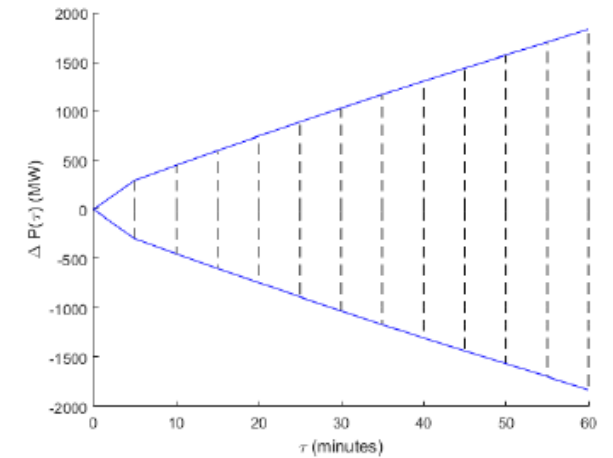
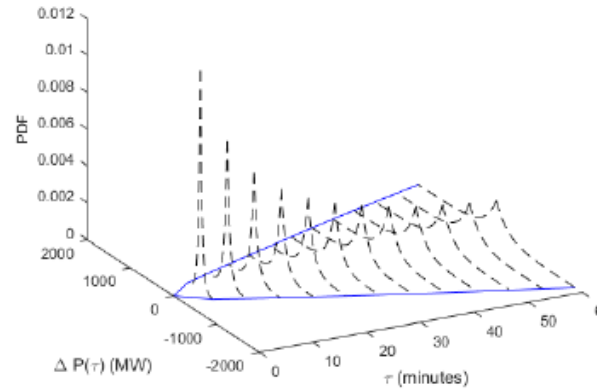
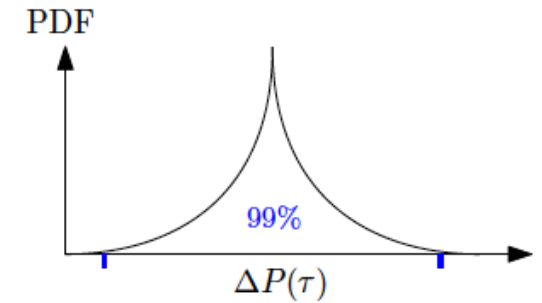
III. Adéquation des ressources aux besoins

- Analyses coûts-bénéfices, conflits entre les besoins immédiats et anticipés
- Considération de la flexibilité de dernier recours - délestage, réduction de production
- Amélioration des résultats des processus de planification

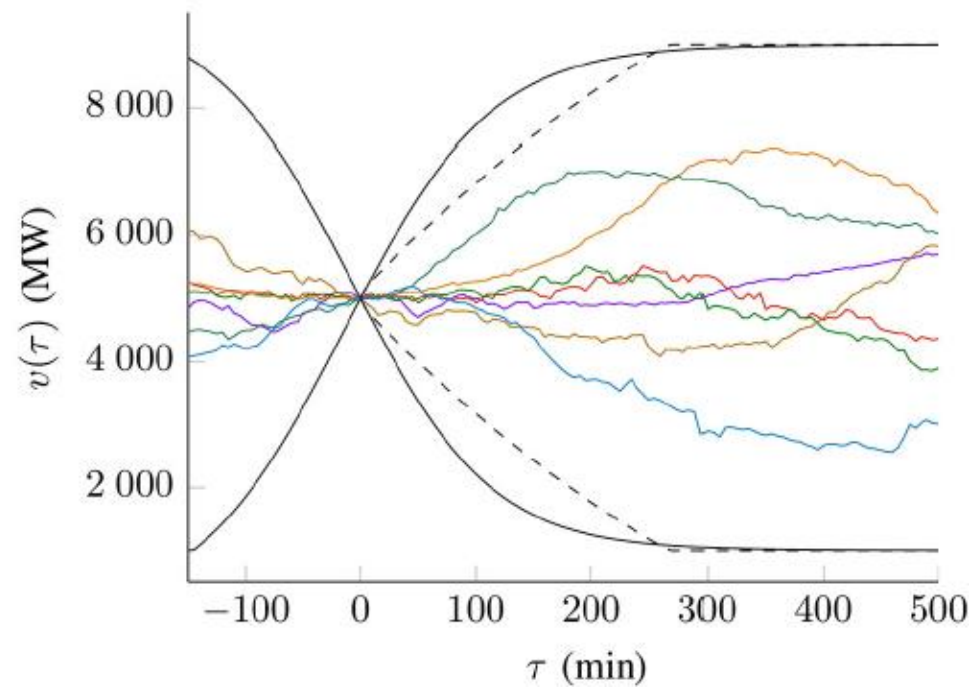
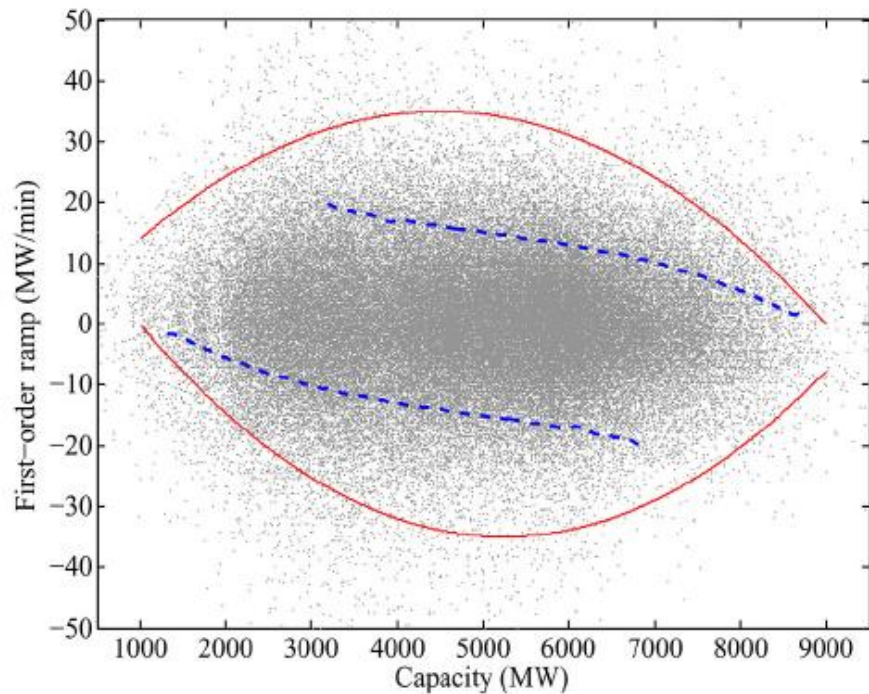
Quantifier les besoins dans le temps - exemple de l'éolien



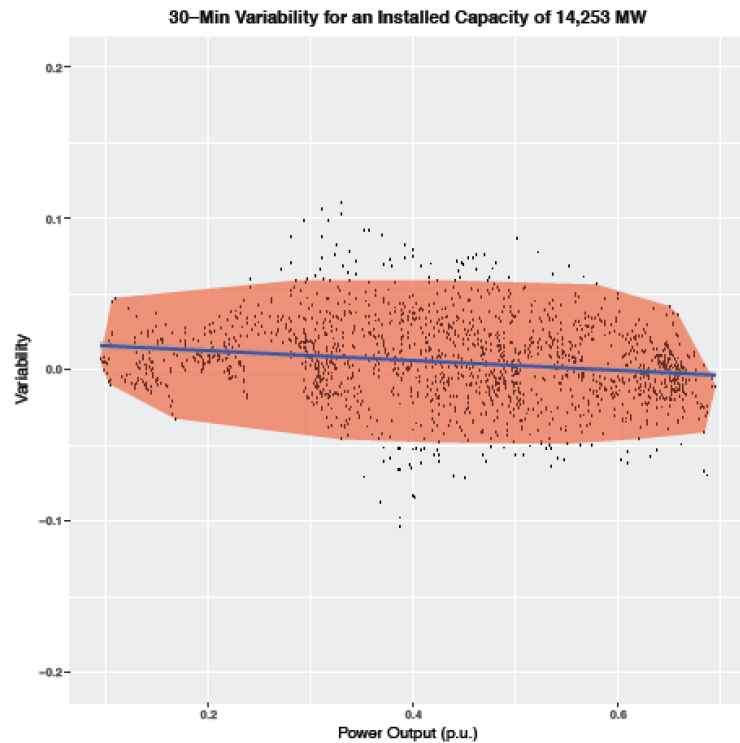
$$\Delta P_k(\tau) = P(\tau + k) - P(k)$$



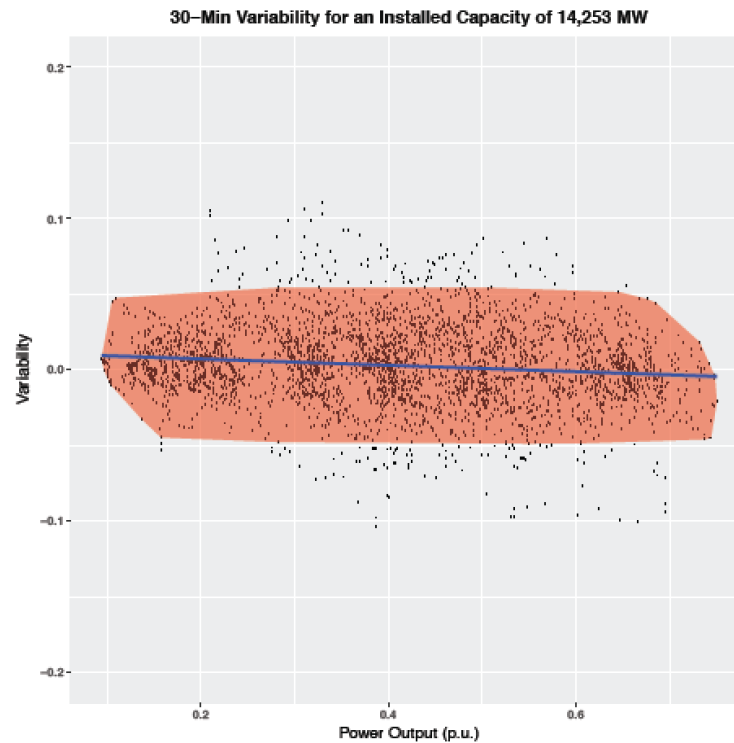
Quantifier les besoins en termes puissance/rampe - exemple de l'éolien



Quantifier les besoins en termes puissance/rampe - exemple de l'éolien



a) Daytime (6AM-6PM)

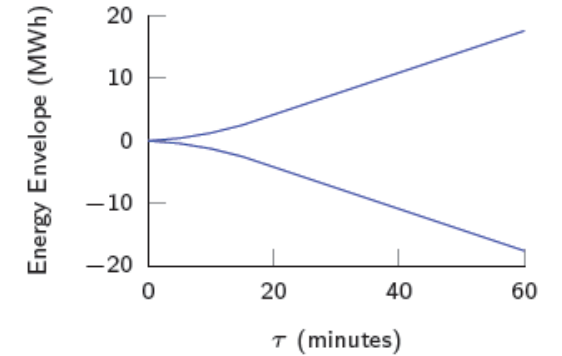
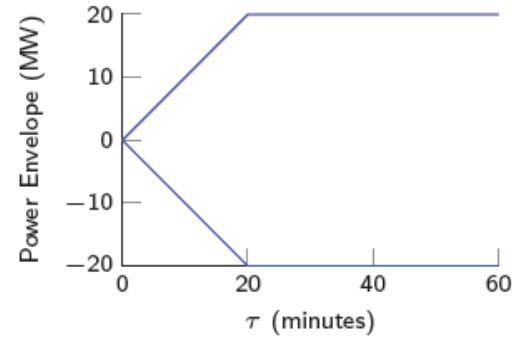


b) Nighttime (6PM-6AM)

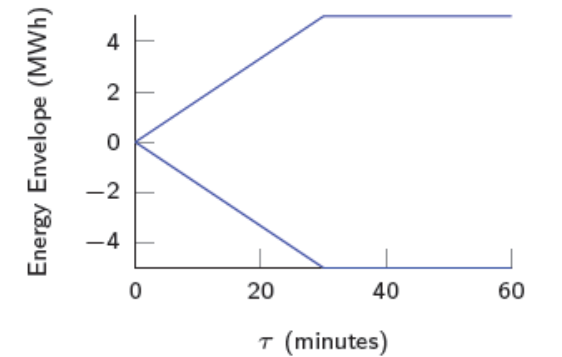
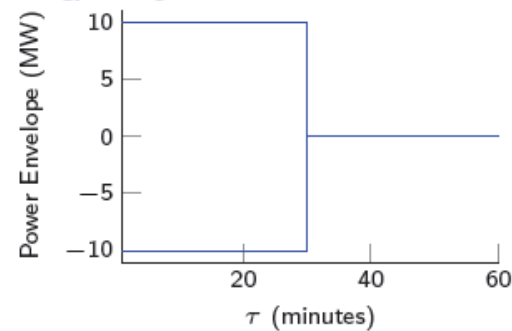
Données: ERCOT, 2016-2017; figures: A. Li, 2018

Caractériser les sources de flexibilité - dans le temps

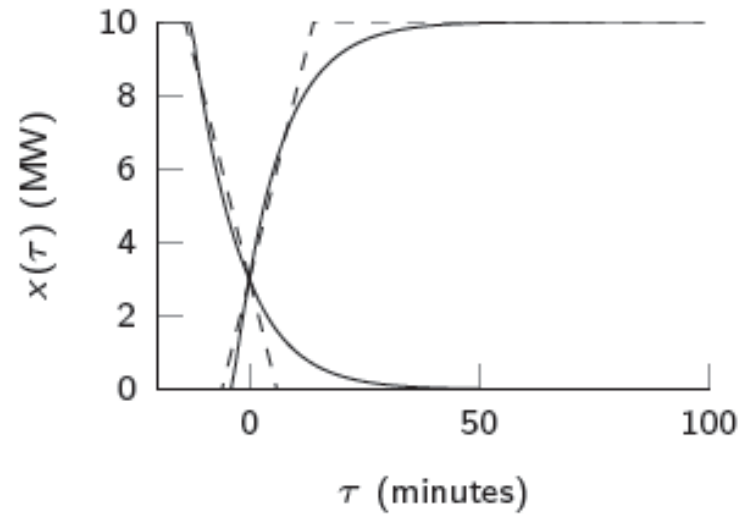
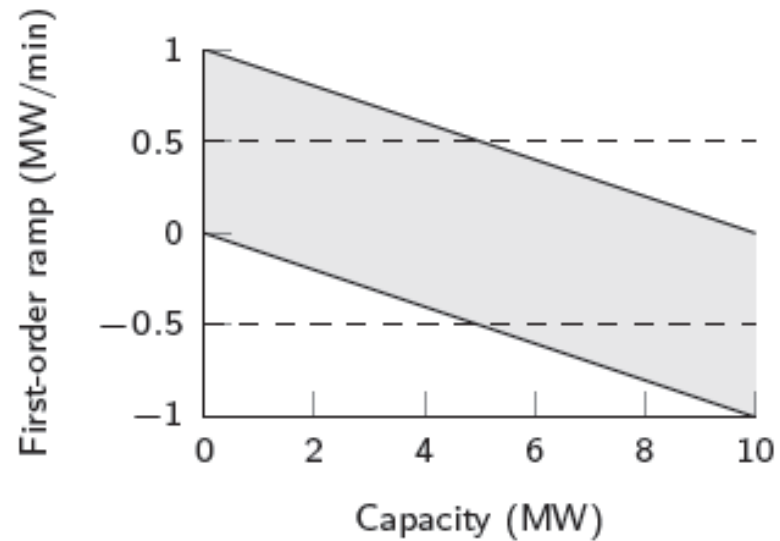
Conventional Resource:



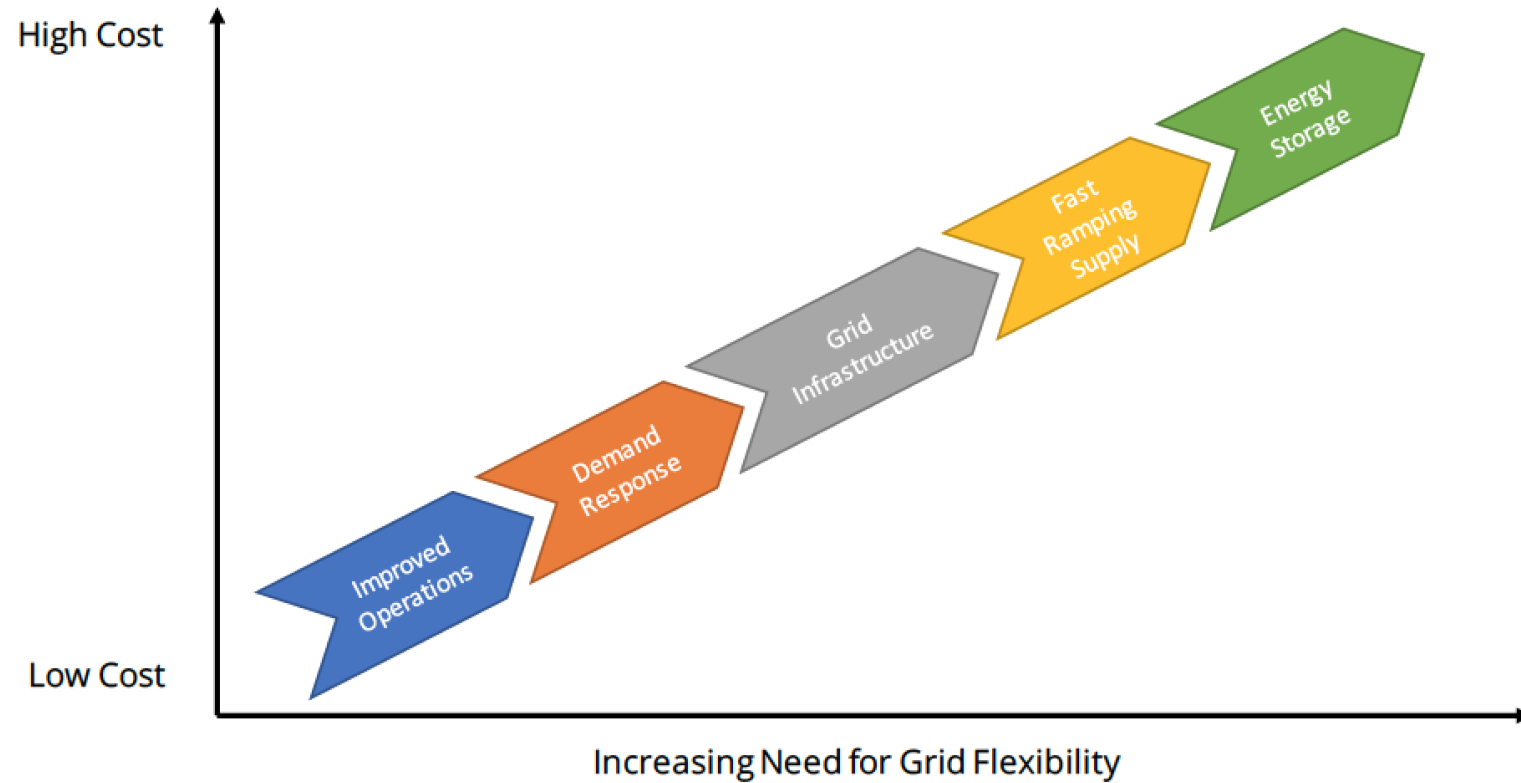
Energy Storage Device:



Caractériser les sources de flexibilité - puissance/rampe



Sources de flexibilité - leurs coûts relatifs

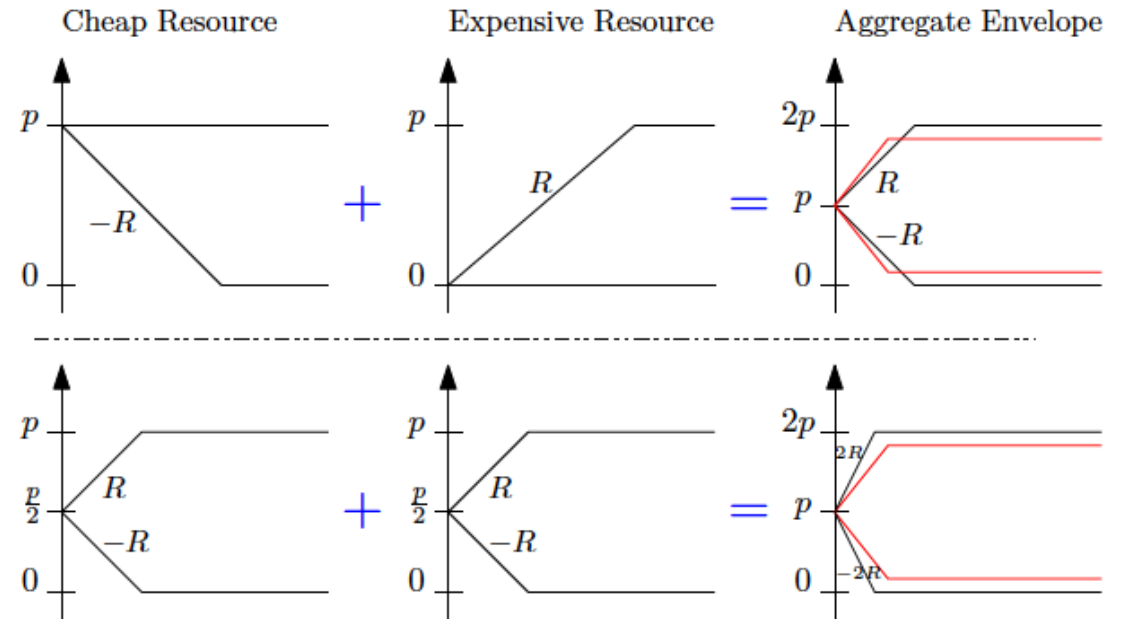


Le stockage, source de flexibilité universelle?

- ▶ Présentement, on assiste à un engouement marqué pour les systèmes de stockage d'énergie
 - ▶ Sources de flexibilité par défaut
 - ▶ Limités aussi par les rampes, puissance maximale, leur *capacité d'emmagasinement* et leur taux d'efficacité
 - ▶ Principes de commande doivent être en mesure d'anticiper l'utilisation future
 - ▶ Modèles d'affaire toujours en chantier
 - ▶ Réglementation - actif réseau ou commercial?
 - ▶ Marchés à créer
 - ▶ Coûts d'achat élevés
 - ▶ Durée de vie limitée - stockage chimique
 - ▶ Besoin d'échafauder différents modes d'exploitation (« *value stacking* »)

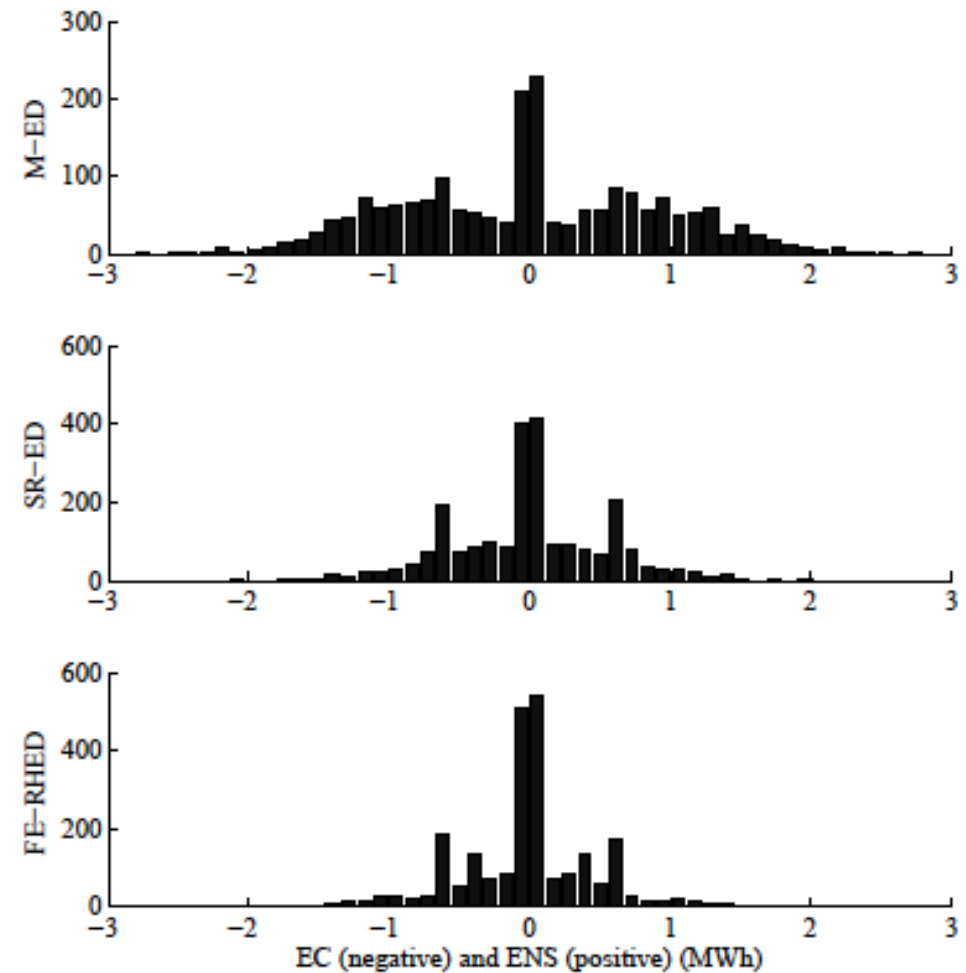
Adéquation des ressources aux besoins

- ▶ Idée de base
 - ▶ Pré-positionner les sources de flexibilité
 - ▶ Collectivement elles doivent être en mesure de répondre aux besoins les plus exigeants
 - ▶ Va au-delà de simples contraintes de réserve



Gains et pertes

- ▶ L'algorithme de répartition fait l'arbitrage des décisions à impact immédiat et futur
 - ▶ L'ampleur de l'utilisation du délestage et de la réduction de production est réduite
 - ▶ Approche de répartition dynamique basée sur l'historique de variabilité
 - ▶ Moins conservatrice, permet d'intégrer plus de ressources variables

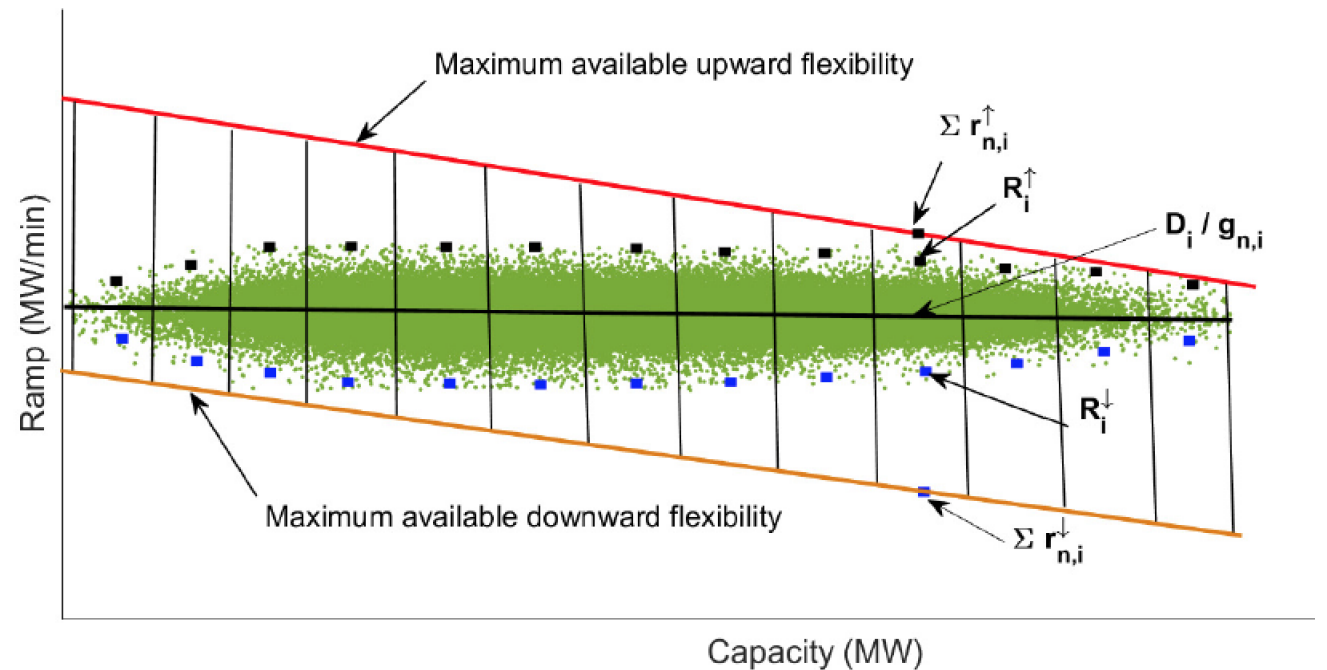


Une juste valeur pour la flexibilité?

- ▶ Les marchés de l'électricité ont déjà des sous-marchés pour les services système (« *ancillary services* »)
- ▶ Généralement, la valeur de ces services est le coût d'opportunité associé au changement de production nécessaire à fourniture du service
- ▶ Même approche pour la flexibilité
 - ▶ Services système en sont un sous-ensemble
- ▶ Émergence de nouveaux produits et approches de résolution des marchés
 - ▶ Produits de rampe - California ISO, Midcontinent ISO
 - ▶ Répartition dynamique - California ISO, New York ISO

Investir dans la flexibilité

- ▶ Quelle est la valeur d'investir dans un actif plus flexible qu'un autre?
- ▶ Doit-on redéfinir les critères d'adéquation de la capacité de production afin d'inclure la dimension de la flexibilité?
 - ▶ Nous croyons que oui!
 - ▶ Problème demandant un effort de calcul substantiel - comment refléter la gestion d'effets très court terme (moins d'une heure) dans un problème d'investissement à long-terme?



Conclusions et perspectives

- ▶ La flexibilité est essentielle à la décarbonation des systèmes électriques
 - ▶ Caractérisation des besoins en flexibilité
 - ▶ Gestion dynamique de la répartition et de la mise en disponibilité des équipements
- ▶ Améliorer la performance du réseau et favoriser l'apport en énergie renouvelable
- ▶ Création de marchés et de chaînes de valeur au-delà des services système traditionnels
- ▶ Adapter les outils et méthodes de conduite de réseau
- ▶ Comprendre comment investir dans la flexibilité en contexte de réseau très faible en carbone