

Flexibility as a Driver of Decentralization:

A Multi-Regional Optimization Framework for Power Systems

1. Introduction

- Problematique : Lessor des energies renouvelables intermittentes entraine de nouveaux besoins de flexibilite a des echelles de plus en plus decentralisees.
- Contexte : Acteurs comme Enedis, PPE regionales, reconfiguration des reseaux de distribution vs transport.
- Question de recherche : La flexibilite implique-t-elle une decentralisation de la gestion des systemes electriques ?
- Hypothese centrale : La coordination regionale du stockage, de l'activation de la demande et des echanges limite les couts d'ajustement tout en valorisant les ressources locales.
- Contribution : Modele original couplant DR, stockage, interconnexions interregionales ; application a plusieurs scenarios.

2. Etat de l'art et positionnement

- 2.1 Flexibilite et variabilite des EnR : besoins croissants de flexibilite (Maia & Zondervan, Chen et al., Oskoueï).
- 2.2 Role du stockage et du Demand Response : role central de la flexibilite locale, limites des approches isolees.
- 2.3 Approches multi-regionales : peu de travaux integrent simultanement DR, stockage et echanges interregionaux.
- 2.4 Lacune identifiee : necessite d'un niveau intermediaire d'analyse entre le local (microgrids) et le national (ENTSO-E).

3. Cadre conceptuel

- 3.1 Residu de demande comme cur du modele : $RDr(t) = Demand - (Solar + Wind) - DR(t)$.
- 3.2 Typologie des flexibilites considerees : Dispatch pilotable, stockage, DR, echanges interregionaux.
- 3.3 Echelles de coordination : Debat sur la maille pertinente (postes sources, DR Enedis regionales, RT vs RD).

4. Methodologie

- 4.1 Formulation mathématique : Optimisation linéaire : variables, contraintes, fonctions objectif.
- 4.2 Intégration des coûts : Coûts de dispatch, DR, stockage, flux interregionaux, pénalités slack/curtailment.
- 4.3 Configuration des scénarios : Journée d'hiver, etc, année complète, etc.
- 4.4 Données utilisées : Données RTE, Enedis, ODRE ; capacité DR, technologies de stockage, profils de charge.

5. Resultats

- 5.1 Benchmark mono-régional vs multi-régional : Réduction des coûts, recours aux imports, taux de curtailment.
- 5.2 Analyse de la coopération interregionale : Partage des surplus, flux d'énergie et efficacité des échanges.
- 5.3 Priorisation des ressources renouvelables locales : Impact sur le dispatch thermique, taux de stockage.
- 5.4 Sensibilité aux coûts de transport et à la structure DR : Simulation avec variation du coût des flux.

6. Discussion

- 6.1 Implications pour la gouvernance multi-niveaux : Régulations régionales intégrant la flexibilité.
- 6.2 Perspectives pour les opérateurs de réseau : Enedis, RTE, rôle des PPE et DR opérationnelles.
- 6.3 Limites du modèle : Données incertaines, granularité temporelle, hypothèses DR.
- 6.4 Lien avec les dynamiques européennes : Réflexion sur les architectures imbriquées.

7. Conclusion

- Résumé des apports.
- Confirmation de l'hypothèse de départ.
- Voies de recherche futures (ex. : signaux prix, incertitudes, planification investissements).