

La flexibilité comme alternative au renforcement du réseau

Prof. Fabrizio Sossan

HES-SO Valais

Flexibilité et ressources flexibles

La flexibilité est la capacité d'une ressource à adapter son fonctionnement sur demande afin de bénéficier à l'utilisateur ou opérateur de réseau

Exemples de ressources flexibles dans les réseaux de distribution:

- Batteries
- Demande flexible (pompes à chaleur, chauffe-eau)
- Écrêtage production photovoltaïque (PV)
- Véhicules électriques (VEs)
- On-load tap changer transformers (OLTC)

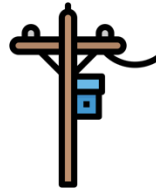


Applications de la flexibilité



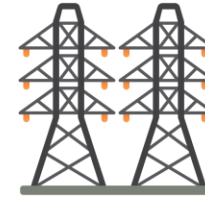
Derrière le compteur

- Autoconsommation PV
- Peak shaving
- Optimisation avec tarifs dynamiques



Réseau de distribution

- Gestion de la congestion
- Contrôle de la tension
- Groupes bilan



Réseau de transport et marchés

- Control de fréquence
- Congestion du réseau de transport
- Contingency et restoration

Plus des services on peut fournir, meilleure est la rentabilité

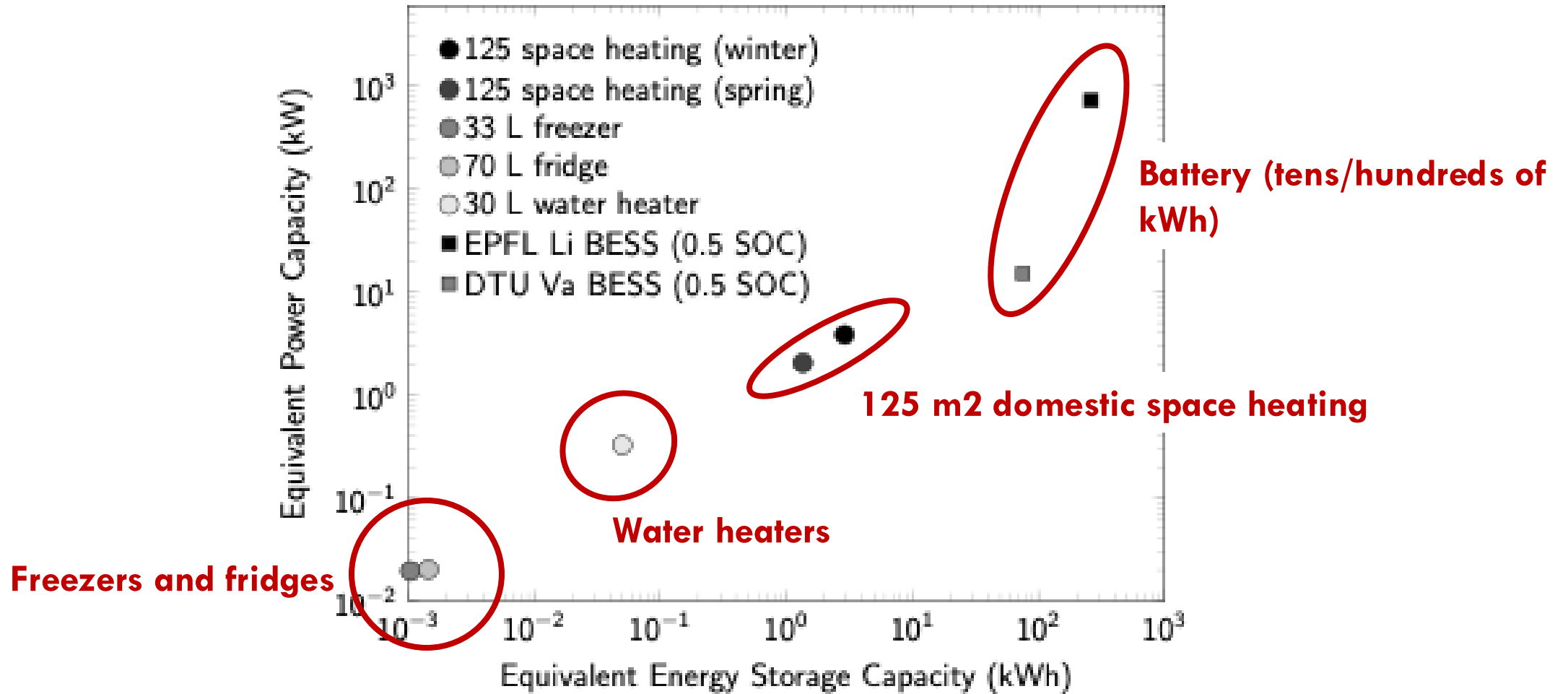


Les ressources flexibles ne sont pas toutes égales

...

- Energie court terme vs. long terme
- Capacité de puissance et ramping rate
- Rendement et coût d'utilisation
- Impact sur le client
- Propriété - peut appartenir à un client (derrière le compteur), au GRD, ou un autre acteur
- Fiabilité de l'action de contrôle
- Puissance modulable, par opposition à on-off

Potentiel de flexibilité: Demand Response vs. batteries



[Sossan, 2017]

Méthodes pour exploiter la flexibilité

Deux classes de problèmes :

Planification. Exemples des questions:



- Est-ce que la flexibilité peut-elle m'aider à décaler le renforcement du réseau ? À quels coûts ?
- De quel type de ressources flexibles ai-je besoin, quels attributs, et dans quels endroits ?

Control. Exemples des questions:

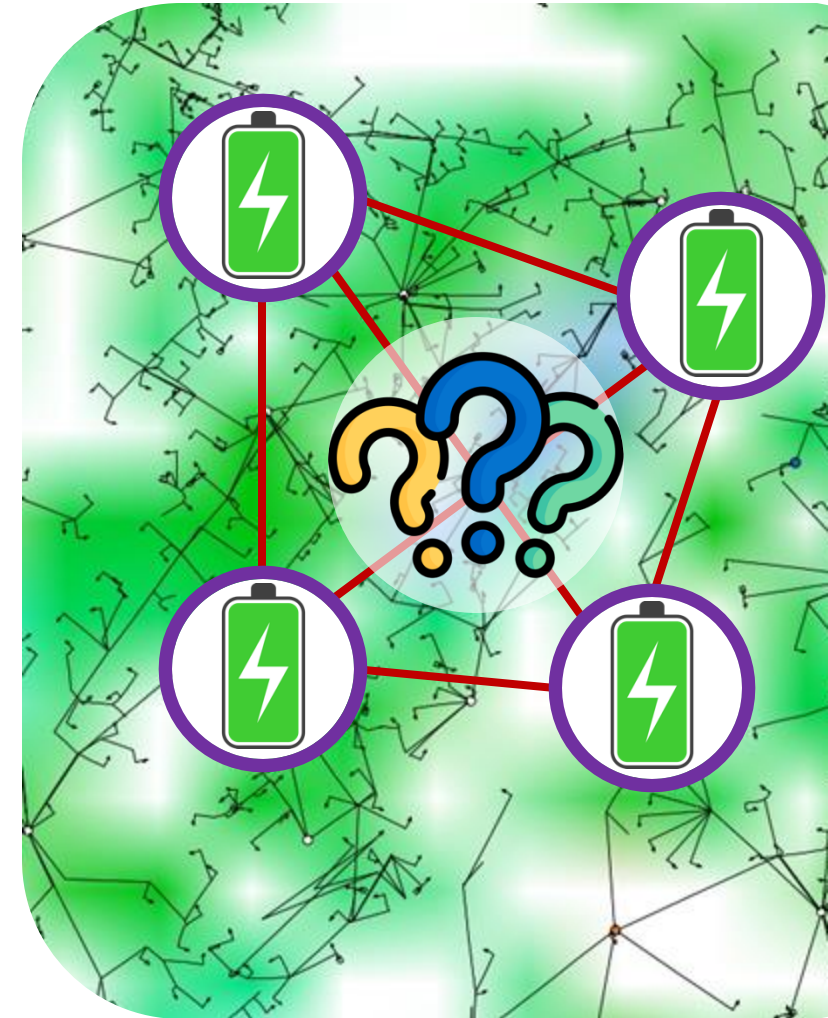


- Quelles technologies de contrôle (algorithmes) dois-je mettre en œuvre ?
- De quel type d'infrastructure de surveillance et de contrôle ai-je besoin ?
- Comment puis-je intégrer cela dans ma salle de contrôle ?

1. Planification optimale de ressources flexibles

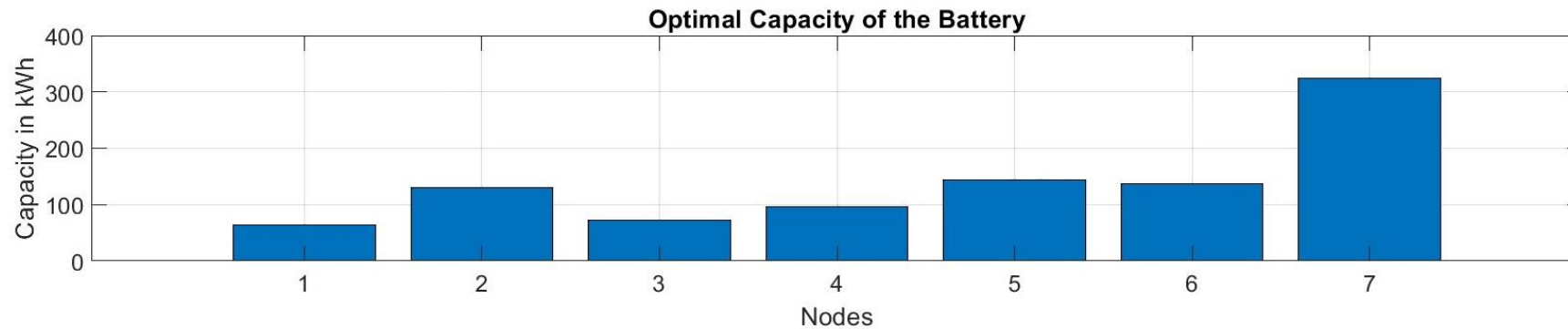
Processus typique :

- Collecter les données réseaux (topologies et paramètres des lignes)
- Identifier les données manquantes et erronées (aussi à l'aide de problèmes de flux de puissance)
- Génération des scénarios d'électrification future (VEs, PV, PAC, p.ex. à partir de le scénario-cadre OFEN pour la planification du réseau d'électricité)
- Formulation de problèmes d'aide à la décision pour une planification technico-économique optimale des ressources flexibles

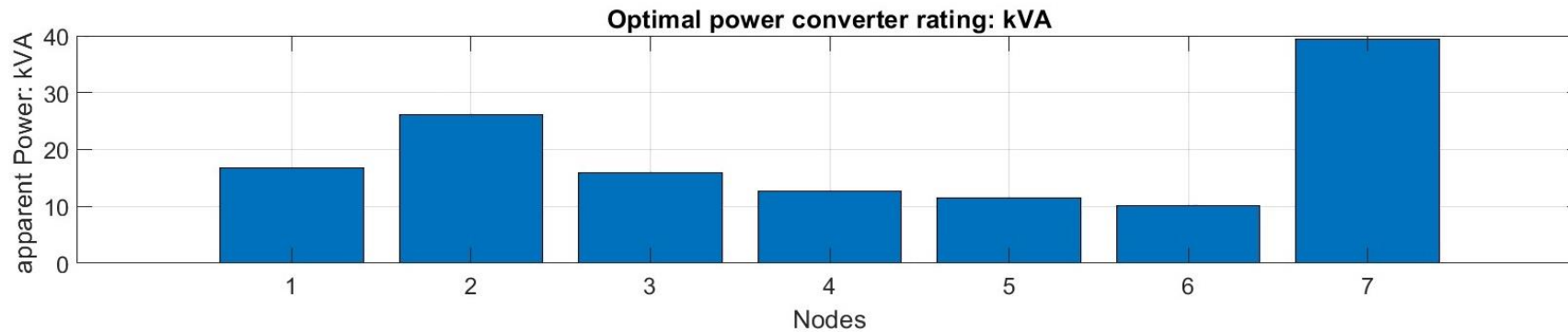


1. Planification des systèmes de batteries

Exemple de résultats [STORE]:



Energy Capacity (kWh)



Power Rating (kVA)

+ Technology Selection



Position dans le réseau

1. Comparer les solutions technologiques concurrentes

Besoins des batteries **sans** et avec **écrêtage** de PV [Gupta, 2023]:

ESS sizes without PV curtailment.

| Cases | PV (MWp) | ESS sizes | |
|------------------------------|-------------|-----------|-------|
| | | MW | MWh |
| A (150% of hosting capacity) | 11.88 | 3.70 | 16.91 |
| B (200% of hosting capacity) | 15.83 | 7.37 | 43.18 |
| C (250% of hosting capacity) | 19.79 | 11.06 | 72.52 |

← Sans écrêtage PV

Avec écrêtage PV →

Total ESS sizes with PV curtailment.

| Cases | PV (MWp) | Total ESS | | PV curtailment | |
|------------------------------|-------------|-----------|-------|----------------|-------|
| | | (MW) | (MWh) | (MWh) | (%) |
| A (150% of hosting capacity) | 11.88 | 2.96 | 4.35 | 32.38 | 7.41 |
| B (200% of hosting capacity) | 15.83 | 3.02 | 5.12 | 120.29 | 20.87 |
| C (250% of hosting capacity) | 19.79 | 3.40 | 5.78 | 221.97 | 30.83 |

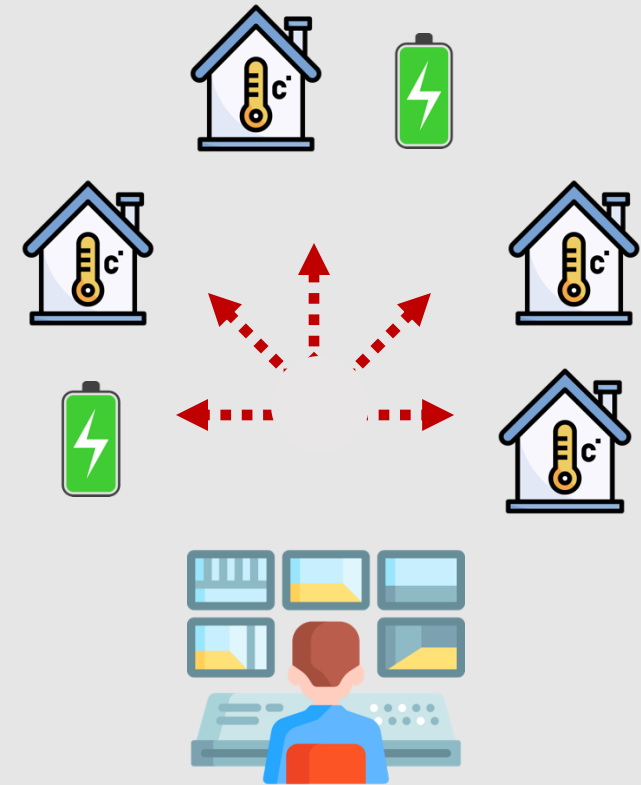
2. Architectures pour contrôler la flexibilité

Contrôle direct

- L'opérateur peut contrôler directement les ressources flexibles
- Communication bidirectionnelle

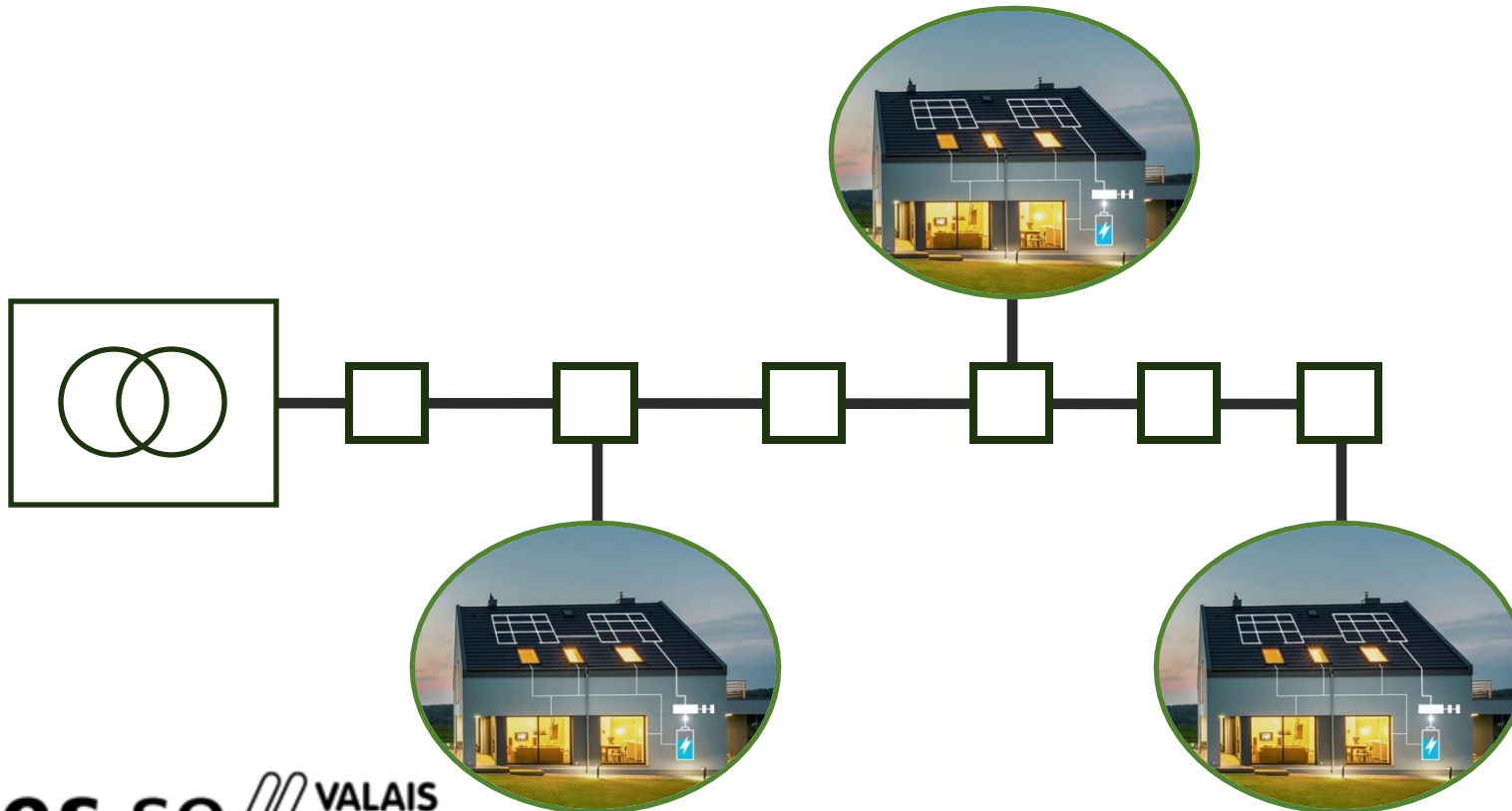
Contrôle indirect

- Signal de commande diffusé à toutes les ressources
- Communication unidirectionnelle



2. Exemple de contrôle

Étude de cas : 3 bâtiments sur une ligne avec 6 nœuds. Bâtiments avec PV et batteries (→ flex). Tarifs dynamiques (p.ex.: tarif heures pleines et heures creuses).



Deux scénarios pour le contrôle :

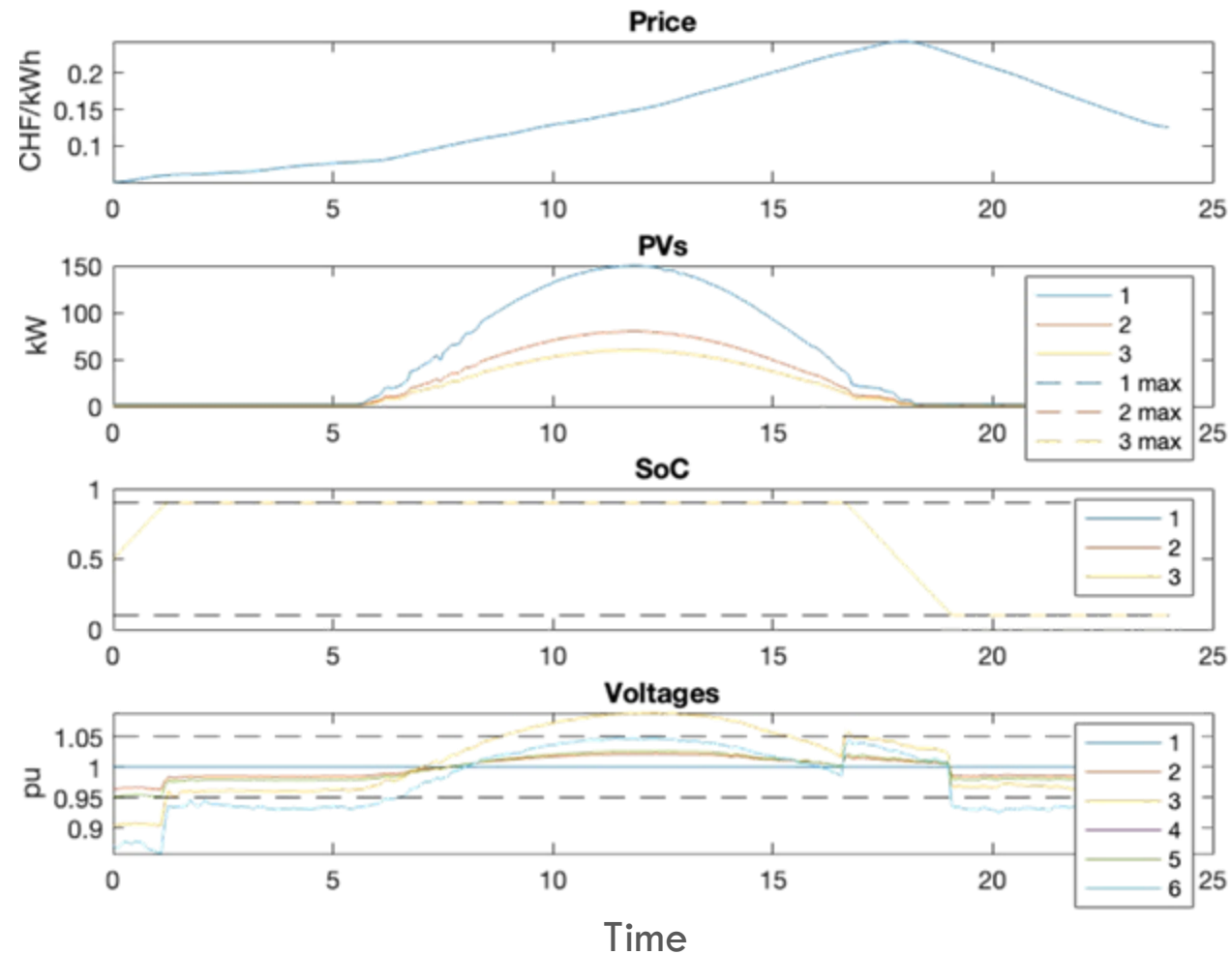
- A. (business as usual) contrôle classique « derrière le compteur »
- B. Le GRD essaie d'orienter la flexibilité pour éviter des problèmes de réseau (p.ex.: en influençant les prix)

2. Exemple de contrôle: Scenario A

Scenario A: business as usual, *Contrôle classique des ressources derrière le compteur*

→ Chaque ressource est contrôlée individuellement pour optimiser les performances du bâtiment.

Problème de contrôle: Optimiser le fonctionnement de la batterie du bâtiment pour minimiser la facture d'électricité en fonction **du prix d'électricité**.



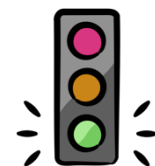
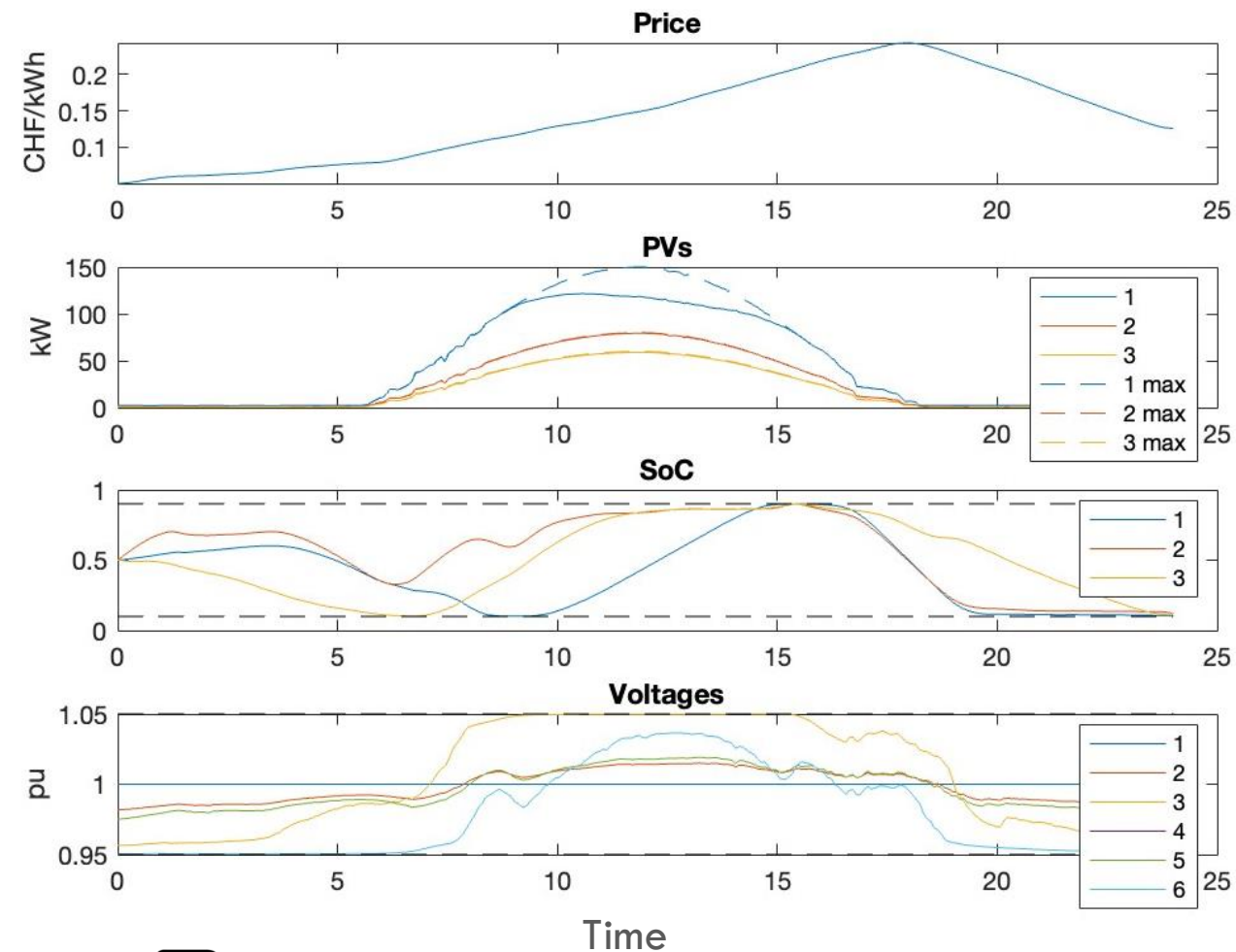
Violation des limites de tension

2. Exemple de contrôle: Scenario B [Gram. 2024]

Scenario B: GRD essaie d'orienter la flexibilité pour éviter les problèmes de réseau

→ Le GRD calcule un nouveau prix de l'électricité pour refléter l'état des contraintes du réseau

Problème de contrôle: Optimiser le fonctionnement de la batterie du bâtiment pour minimiser la facture d'électricité **en fonction du prix actualisé de l'électricité**



Tensions nodales rétablies à des niveaux tolérés

Conclusions

- L'augmentation de production PV et des besoins de recharge des VEs nécessitera (probablement) des adaptations coûteux a les réseaux de distribution
- Le contrôle des ressources flexibles (déjà existant, ou des nouveaux) pourrait être une alternative moins coûteuse à cela
- L'utilisation de ressources flexibles nécessite de développer des méthodologies sur deux axes : planification et contrôle
- Plusieurs options de contrôle disponibles. Nous sommes en train de démontrer le contrôle des ressources flexibles pour éviter le renforcement du réseau en adaptant de manière transparente le prix de l'électricité
- Une adaptation des aspects réglementaires/législatifs est également nécessaire pour inciter le GRD à utiliser la flexibilité

References

- [Sossan, 2017] Sossan, F. (2017). Equivalent electricity storage capacity of domestic thermostatically controlled loads. *Energy*, 122, 767-778.
- [Gupta, 2023] Gupta, R., & Sossan, F. (2023). Optimal sizing and siting of energy storage systems considering curtailable photovoltaic generation in power distribution networks. *Applied Energy*, 339, 120955.
- Innosuisse Flagship STORE, [website](#)
- [Gram. 2024] Grammatikos, P., & Sossan, F. Control by price of distributed energy resources, work-in-progress paper.