

Modélisation des microréseaux : quelles architectures de code pour quelles fonctions ?

Pierre HAESSIG¹, Elsy EL SAYEGH^{1,2},
Evelise DE GODOY ANTUNES³, Nabil SADOU¹

¹IETR, CentraleSupélec, Rennes, ²EDF R&D, Palaiseau, ³LAPLACE, Toulouse

SGE, Lille, 5 juillet 2023

Plan de la présentation

1. Introduction

2. Architectures pour des variantes du problème de dimensionnement

- Flexibilité du problème d'optimisation et ACV
- Structure de microréseau complexe et gestion d'énergie
- Projet de microréseau avec entrées incertaines
- Projet de microréseau évoluant au fil des années

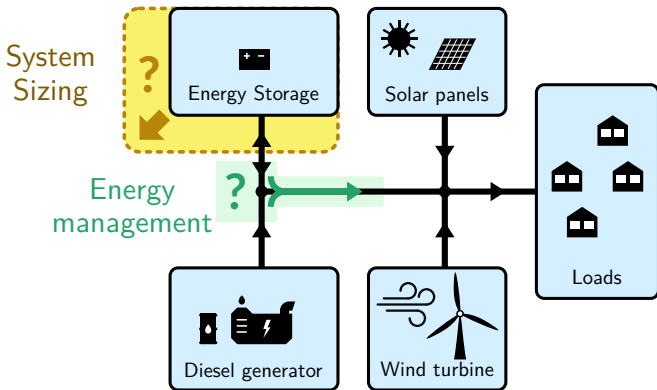
3. Conclusions & Perspectives

Plan de la présentation

1. Introduction
2. Architectures pour des variantes du problème de dimensionnement
3. Conclusions & Perspectives

Dimensionnement de microréseau

Dimensionner un microréseau : un **problème d'optimisation**
(avec une optimisation interne : la gestion des flux d'énergie)

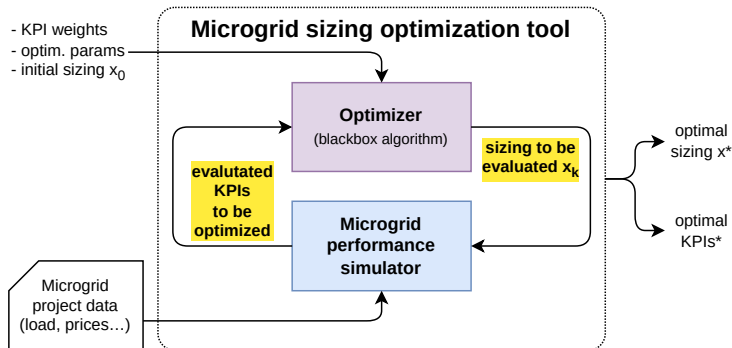


Exemple :

Minimiser coût de l'énergie, sous contrainte de qualité de service

Dimensionnement par optimisation “boite noire”*

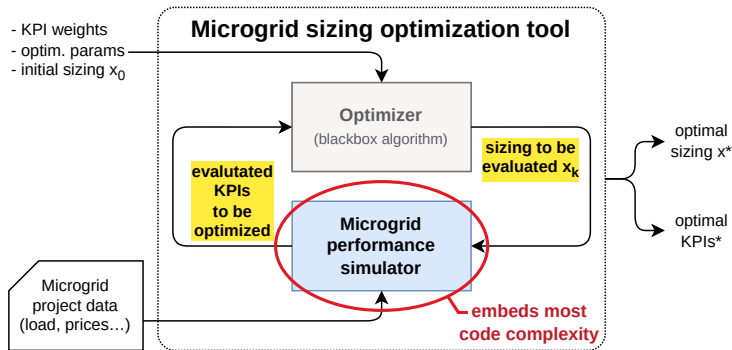
Un algo d'optimisation “inverse” un modèle de simulation :



(*) Alternative : optimisation “Mathematical Programming” (LP, MILP...) basée sur une modélisation **algébrique** du problème

Dimensionnement par optimisation “boite noire”*

Un algo d'optimisation “inverse” un modèle de simulation :

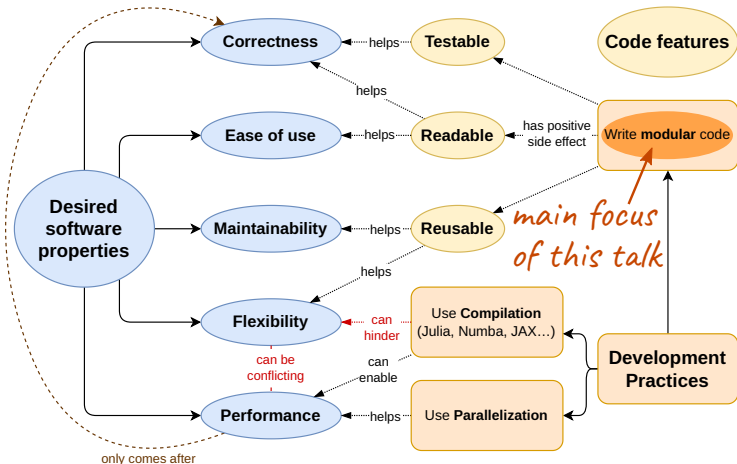


→ Beaucoup de **code informatique** à écrire pour le simulateur (modélisation causale/impérative)

(*) Alternative : optimisation “Mathematical Programming” (LP, MILP...) basée sur une modélisation **algébrique** du problème

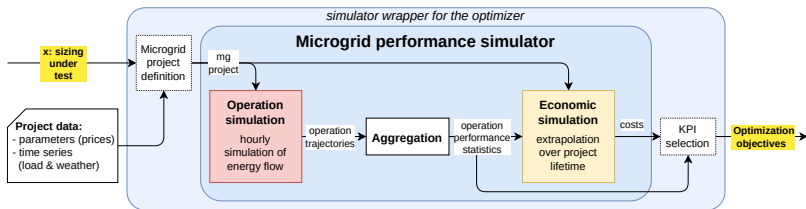
Développement logiciel : besoin de modularité

Développer un simulateur de microréseau, c'est écrire du code :



cf. Wilson *et al.* 2014 et 2017

Architecture “de base” du simulateur



pour répondre au “problème de base” :

- Structure de microréseau simple : 1 nœud, mono-énergie
- Gestion d'énergie simple : basée sur des règles de priorité
- Optimisation technico-économique figée
- Entrées déterministes (consommation, météo, prix...)
- Simulation opérationnelle sur une année représentative
- Dimensionnement fixe pour toute la durée du projet

Problématique

Un problème de conception logicielle

Comment **architecturer** un programme de **simulation énergétique** de microréseau ?

- Focus sur **lien** entre choix d'archi. et enjeux scientifiques :
- objectif de **modularité** (→ qualité, réutilisabilité...)
 - prise en compte des **variantes** du problème de base :
incertitudes, évolutions pluriannuelles et des réinvestissements en cours de projet...

Analyse basée sur expérience en recherche et enseignement → premières versions du code Microgrids.X (outil “HOMER-style”, mais open source, Julia/Python/Matlab)



<https://pierreh.eu/Microgrids-X/>

Plan de la présentation

1. Introduction

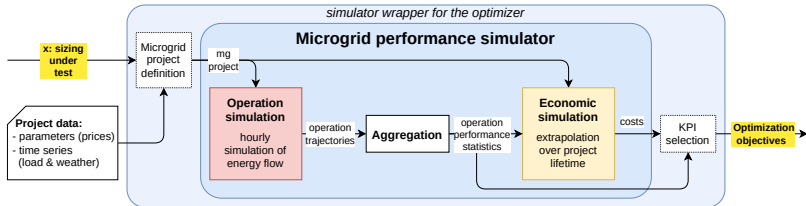
2. Architectures pour des variantes du problème de dimensionnement

- Flexibilité du problème d'optimisation et ACV
- Structure de microréseau complexe et gestion d'énergie
- Projet de microréseau avec entrées incertaines
- Projet de microréseau évoluant au fil des années

3. Conclusions & Perspectives

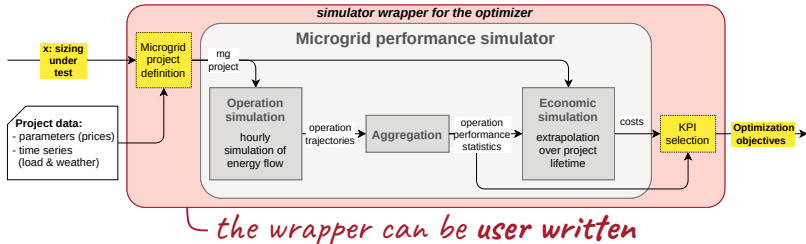
Flexibilité du problème d'optimisation → “wrapper”

Le simulateur n'a pas à “savoir qu'il se fait optimiser” :



Flexibilité du problème d'optimisation → “wrapper”

Le simulateur n'a pas à “savoir qu'il se fait optimiser” :



→ couche d'enrobage (“wrapper”) qui :

- choisi les variables à optimiser
- fabrique le(s) critère(s) $J := f(KPIs)$
- très accessible pour un utilisateur habitué à coder

En perspective : Analyse sur Cycle de Vie (ACV), multi-impact

Structure complexe de microréseau

Deux types de complexité :

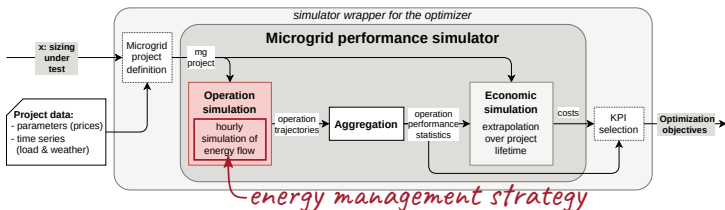
- **Spatiale** : Mono versus multi-noeuds (→ contraintes réseau)
- **Vecteurs** : Mono (électricité) versus multi-énergies (thermique, hydrogène)

Deux conditions à satisfaire pour traiter une structure complexe :

- Structure de données pour la description du microréseau
- Gestion d'énergie adaptée → *point dur*

Modularité de la loi de gestion d'énergie

Actuellement (dans Microgrids.X), la gestion d'énergie (basée sur des règles de priorité) est "codée en dur" dans la simulation opérationnelle :



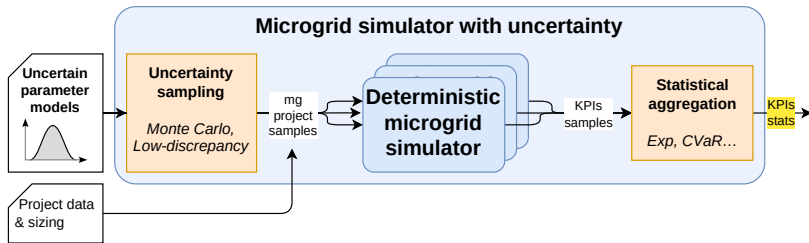
Il faudrait une stratégie paramétrable, mais un microréseau complexe implique :

- gestion d'énergie plus complexe (*évidemment*)
- mais aussi *interface* de la loi de gestion plus complexe (API : entrées et sorties de la fonction)

→ Pas de réponse satisfaisante? Approche Math. Prog.?

Projet de microréseau avec entrées incertaines

Prendre en compte les incertitudes dans un simulateur déterministe se fait *naturellement* avec un “enrobage statistique” :

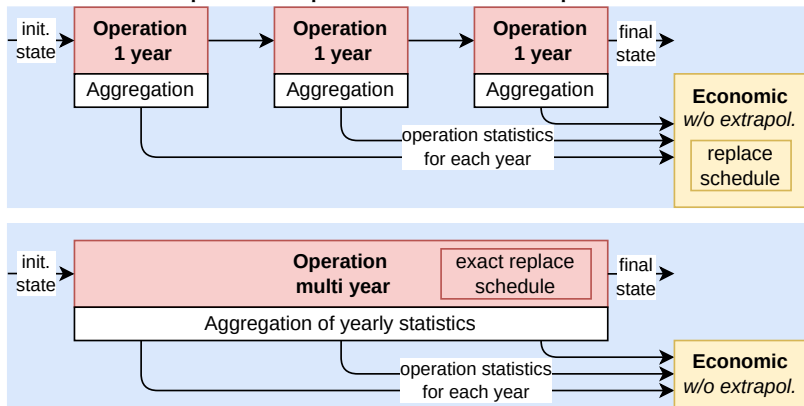


Bien sûr, le temps de calcul est multiplié par le nb de scénarios.
En bonus : possibilité de *paralléliser* les simulations déterministes

Données pluriannuelles

Pourquoi : le contexte du projet peut changer au fil des années (conso, prix...)

Deux variantes possibles pour un simulateur pluriannuel :

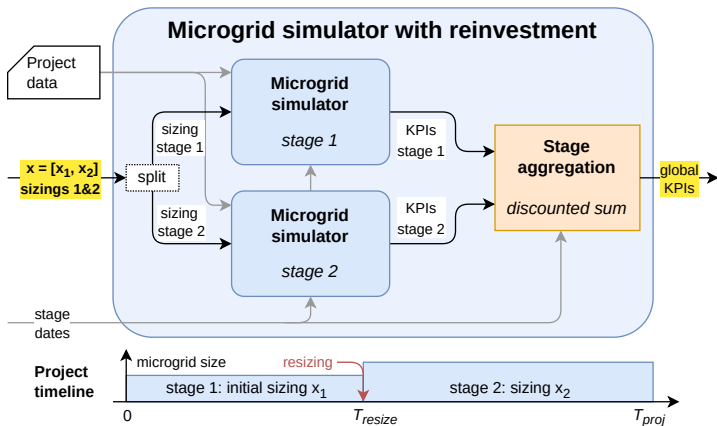


→ plus de réutilisation dans la variante du haut

Redimensionnement en cours de projet

Pourquoi redimensionner : adaptation aux changements (conso, prix...).

→ Proposition : 2 appels au simulateur sans resize.



Plan de la présentation

1. Introduction
2. Architectures pour des variantes du problème de dimensionnement
- 3. Conclusions & Perspectives**

Conclusions

Propositions :

- Simulateur de microréseaux : **architectures modulaires** (dans un contexte d'optimisation boîte noire)
- Microgrids.X : logiciel open source Julia/Matlab/Python pour la modélisation/optimisation des microréseaux

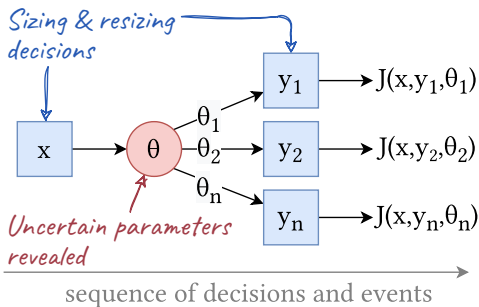
Ces architectures permettent d'étudier les enjeux scientifiques :

- prise en compte des incertitudes
- évolutions pluriannuelles et réinvestissements

Par contre, pas de réponse satisfaisante pour modéliser des microréseaux à la structure complexe (multi-énergies).

Perspectives

Combinaison des architectures proposées (incertitude & réinvestissement) pour le **dimensionnement face à l'incertain** avec approche “Multi-stage Stochastic Programming”.



(cf. thèse d'Elsy El Sayegh → soutenance prévue mars 2024)

Remerciements

La première version Julia de l'outil* a été développée lors du stage d'Evelise de Godoy Antunes.

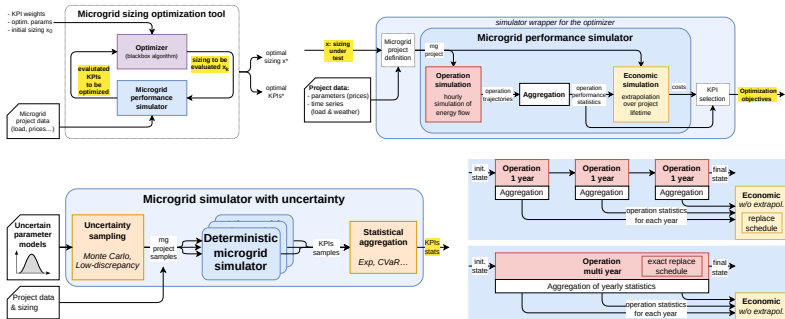
Elle était financée en partie par :

- le Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001
- le Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - Brasil (CNPq)
- le projet “Accélérer le dimensionnement des systèmes énergétiques avec la différentiation automatique” du GdR SEEDS (CNRS, France) en collaboration avec Benoît Delinchant du G2Elab.

<https://github.com/Microgrids-X/Microgrids.jl>

Principales contributions → *des questions?*

Architectures :



Logiciel :



Microgrids.X

<https://pierreh.eu/Microgrids-X/>