

Optimisation dynamique en temps réel d'une centrale solaire thermique

Alix Untrau ^(1*), Sylvain Serra ⁽¹⁾, Sabine Sochard ⁽¹⁾, Frédéric Marias ⁽¹⁾, Jean-Michel Reneaume ⁽¹⁾, Galo Le Roux ⁽²⁾



Introduction / Contexte

La ressource solaire est intermittente et difficile à prévoir avec précision. Or les variations du rayonnement solaire, qu'elles soient journalières ou saisonnières, impactent fortement la production des centrales solaires thermiques. La conduite optimale de telles centrales est donc un challenge.

De par ces caractéristiques, l'optimisation dynamique en temps réel (DRTO : *Dynamic Real-Time Optimization*) semble parfaitement adaptée à l'optimisation du fonctionnement de systèmes solaires.

Une précédente étude menée au LATEP a porté sur l'optimisation dynamique hors ligne d'une centrale solaire thermique [1]. Pour aller plus loin dans le projet de l'équipe visant à optimiser la conception et la conduite de systèmes multi-énergie, ces travaux de thèse portent sur le développement d'une méthodologie de DRTO pour les centrales solaires thermiques. Cette approche vise à améliorer l'efficacité des centrales, mieux couvrir la demande en chaleur et réduire les coûts d'exploitation.

Ce projet est mené en collaboration avec l'équipe du professeur Galo Le Roux à l'Ecole Polytechnique de l'Université de São Paulo, spécialiste de la DRTO en génie des procédés.

L'entreprise NewHeat, qui a conçu et exploite la plus grande centrale solaire thermique avec tracking au monde, est également un partenaire du projet. Cela permettra l'accès à des mesures expérimentales pour valider la méthodologie.



newHeat

[1] Sclan *et al*, Dynamic Optimization of the operation of a solar thermal plant, Solar Energy 198 (2020) 643–657

Présentation de la DRTO

Principe de la DRTO

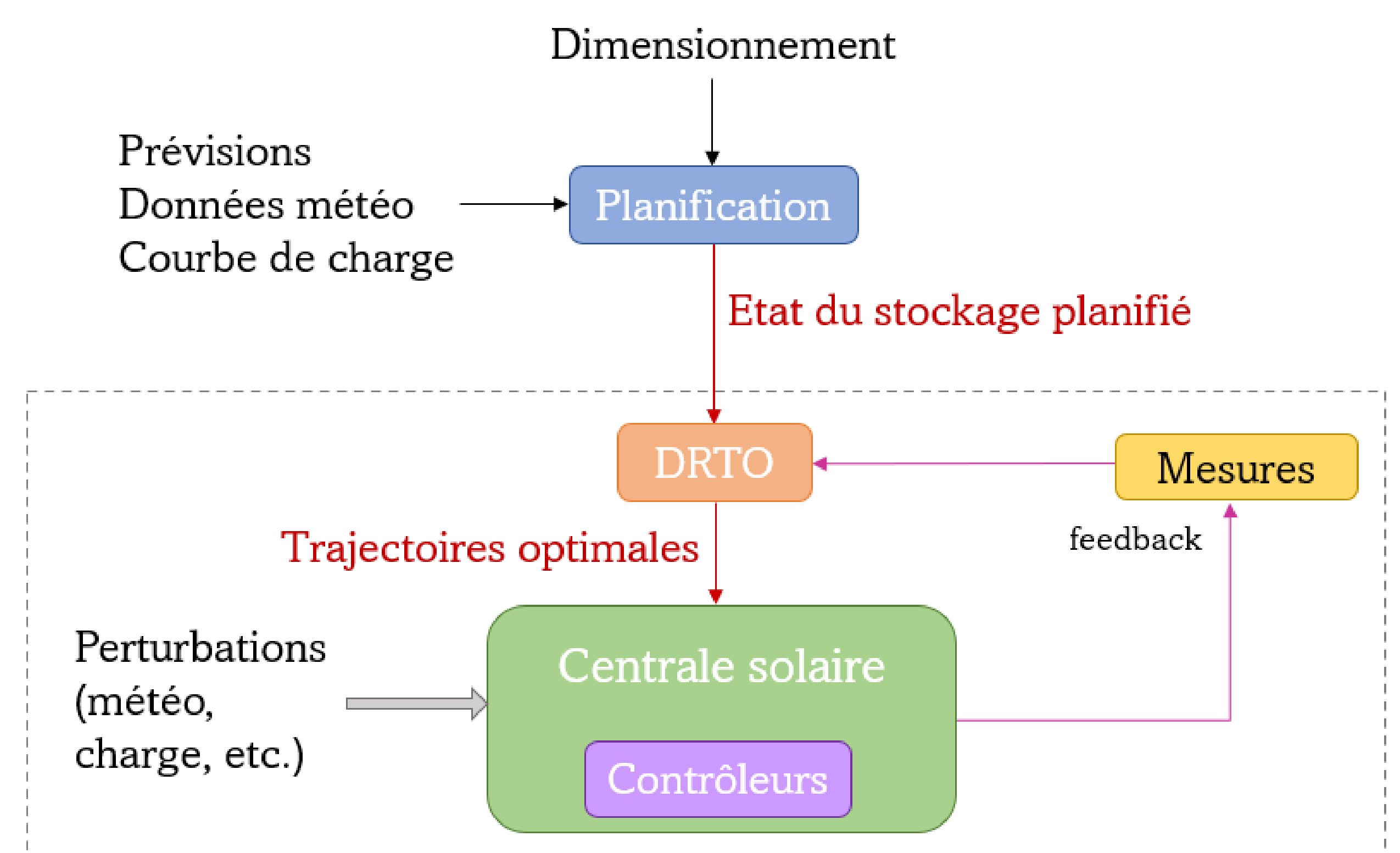
Etapes :

1. Des mesures instantanées sur le système permettent d'accéder à l'état du système et de connaître les perturbations s'y appliquant. Cette étape peut aussi servir à identifier des défauts et/ou ajuster les paramètres des modèles.
2. Les trajectoires optimales des variables de contrôle sont calculées sur la base de ces mesures.
3. Les trajectoires optimales sont envoyées aux contrôleurs du système pour qu'ils les suivent, malgré la présence de perturbations non prévues à l'étape d'optimisation.
4. Un nouveau cycle est déclenché à la fin de l'horizon de temps où lorsque les trajectoires des variables d'état dévient de leurs trajectoires de référence.

Application à une centrale solaire

La gestion du stockage de chaleur sensible doit se faire sur un horizon de temps long et est donc prévue en amont lors d'une étape de planification hors ligne utilisant des perturbations modèles.

Le carré en pointillé gris englobe les différentes composantes de la méthodologie de DRTO.



Caractéristiques de l'énergie solaire

Les systèmes solaires présentent les caractéristiques suivantes :

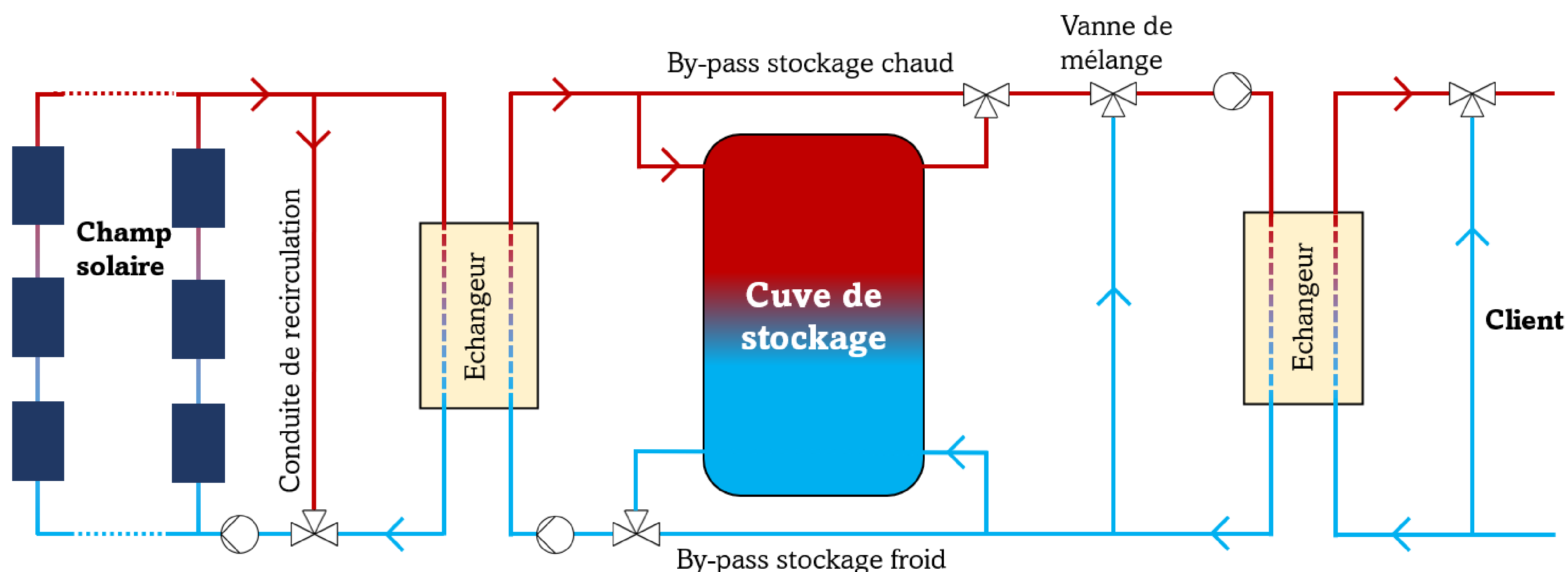
- Pas de régime permanent
- Difficulté d'obtenir un modèle fiable
- Systèmes non linéaires
- Variations de la ressource journalière et saisonnière

La DRTO semble ainsi parfaitement adaptée à ces systèmes.

Modélisation et méthodologie

Système étudié

Le système étudié est la centrale solaire présentée ci-dessous. La précision des modèles utilisés fera l'objet d'une étude détaillée et sera validée avec des données expérimentales.



Fonction objectif

L'objectif est de maximiser les bénéfices. Pour cela, le coût de l'électricité consommée pour le fonctionnement des pompes de la centrale est retiré aux bénéfices liés à la vente de chaleur. La gestion du stockage se fait grâce à la planification en amont : l'énergie stockée prévue hors ligne à la fin de l'horizon de temps est intégrée dans la fonction objectif.

$$\max \int_{t_0}^{t_f} (\dot{Q}_{\text{chaleur vendue}} - \dot{W}_{\text{elec consommée}}) dt - |E_{\text{stockée}}(t_f) - E_{\text{planifiée}}(t_f)|$$

Méthode de résolution

Un modèle de simulation codé sur Matlab représente la centrale réelle. L'optimisation dynamique se fait avec le logiciel Gams. Une discrétisation du système d'équations algèbre-différentiel (méthode de collocation orthogonale) permet sa transformation en un problème NLP.

