

Commande robuste d'un concentrateur solaire cylindro-parabolique

Présenté Par: Seddik ELMAGBED, Abdeldjalil CHEHAM

Encadré par: Azzedine HAMZA, Dr. Charaf Aabelkarim MOSBAH

INTRODUCTION

De nos jours, les énergies renouvelables sont présentées comme une alternative prometteuse aux ressources énergétiques classiques tel que le solaire [1], la géothermie, l'hydraulique et l'éolienne vu qu'elles sont propres et inépuisable. Dans l'optique d'une production d'électricité sans impact environnemental, l'énergie solaire électrique, sous ses deux formes (photovoltaïque et thermique), présente une source incontournable. L'adoption de telle source d'énergie dans les circonstances actuelles est significativement encouragée par des promesses tangibles de réduction fiscale de l'Etat [2]. Néanmoins, le coût élevé et la rentabilité réduite de photovoltaïque, en particulier, demeurent les majeures contraintes à leur adoption [3]. Face de telles circonstances, l'énergie solaire thermique est donc incontournable. La principale motivation qui a fait l'objet de ce projet de fin d'étude consiste en la nécessité d'une technique efficace pour contrôler la température de sortie d'un système de conversion d'énergie dans une centrale thermique. Ce travail constitue une continuité aux différents travaux menés sur les thèmes de contrôle des systèmes d'énergie renouvelable et les concentrateurs solaire en particulier.

DESCRIPTION DU SYSTÈME

Le concentrateur solaire cylindro-parabolique est un processus industriel qui sert à convertir l'énergie-solaire en énergie-thermique en se basant sur le principe de réflexion des rayonnements solaire, un aperçu de ce système est illustré dans la figure.(1). Les miroirs réflecteurs sont choisis paraboliquement courbés afin de focaliser les rayons solaires incidents sur la ligne focale de la parabole, de ce fait, un fluide thermique (typiquement huile synthétique, eau ou sel fondu) coulant à l'intérieur de tube-récepteur sera chauffé. Le fluide chauffé est utilisé par la suite dans un échangeur de chaleur pour produire la vapeur d'eau. La vapeur ainsi produite fait tourner des turbines qui entraînent des alternateurs produisant de l'électricité, ou sert comme une source d'énergie qui actionne un cycle thermique conventionnel.

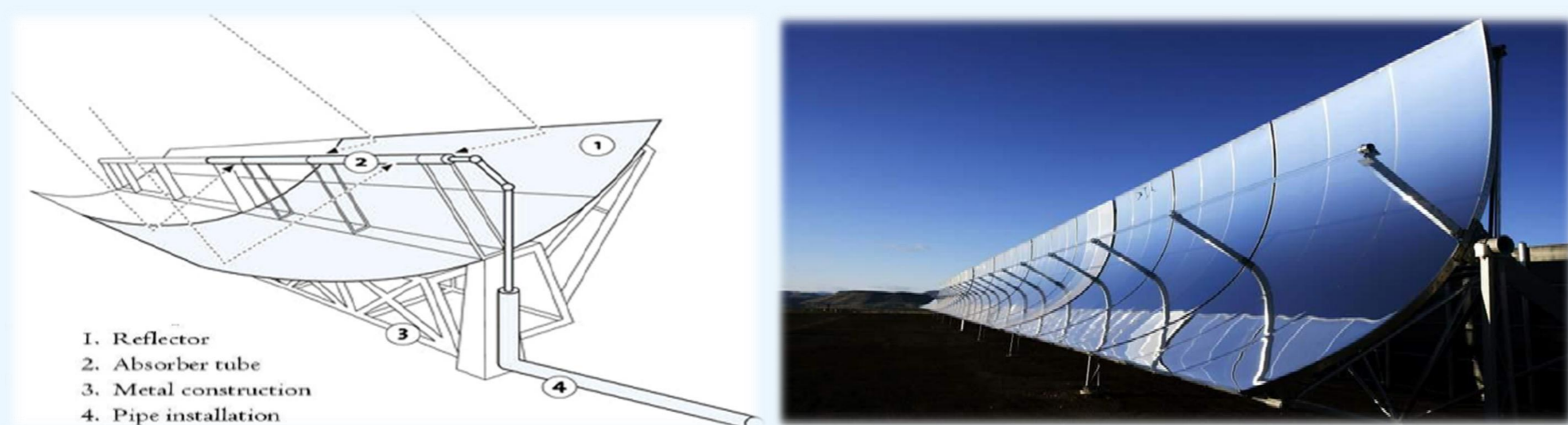


Figure 1. Concentrateur Solaire Cylindro-Parabolique

PROBLÈME DE COMMANDE ET MODÉLISATION

Afin de maximiser l'énergie solaire captée, ce processus est doté d'un système de poursuite solaire à un degré de liberté, pour suivre la trajectoire solaire. En conséquence, le rendement sera maximalisé. Cependant, un fonctionnement optimal ne correspond pas toujours à un rendement maximal, mais à un rendement qui peut être contrôlé selon le besoin énergétique. A cet égard, il y a eu de nombreuses études pour contrôler l'énergie thermique produite. Le principal objectif de ces travaux consiste à forcer la température de sortie du tube-récepteur à suivre une référence désirée. Il est évident que lorsque la vitesse du fluide est basse sa température sera plus grande que celle obtenue à une vitesse relativement élevée, puisqu'il sera plus exposé à la source de chaleur (rayonnement solaire). Autrement dit, la relation entre ces deux grandeurs est inversement proportionnelle. En conséquence, la température de sortie peut être contrôlée en ajustant la vitesse du fluide à l'intérieur du tube-récepteur. Pour cela, une pompe à débit ajustable est insérée à l'entrée du tube-récepteur. Et afin d'atteindre l'objectif ultime, il suffit de contrôler le débit volumétrique de la pompe. La solution offerte par cette méthode est basée sur l'asservissement.

Le modèle qui décrit l'évolution de la température à l'intérieur du tube-récepteur est donné par l'équation aux dérivées partielles (EDP) suivante:

$$\frac{\partial [T(x,t)]}{\partial t} + \underbrace{\left[\frac{q(t)}{s_f} \right]}_{\text{Vitesse} = u(t)} \frac{\partial [T(x,t)]}{\partial x} = \frac{\alpha}{\rho_f c_f s_f} \eta \triangleq s(t)$$

Où:

- η est l'intensité de la radiation solaire.
- $\rho_f c_f s_f$ sont les caractéristiques thermiques du fluide.
- $T(x,t)$ est la température du fluide à l'instant t et la position x.
- A est un paramètre lié à l'efficacité de l'absorption d'énergie par le fluide.

COMMANDE DU CONCENTRATEUR SOLAIRE

Pour remédier au problème susvisé, de nombreuses méthodes ont été proposées. Ces méthodes peuvent être classées, selon leurs principes, en deux catégories [3] : méthode directe et méthode indirecte. Dans ce projet de fin d'étude, nous nous sommes intéressés par les méthode indirecte. Le principe de ces méthodes consiste à simplifier le modèle du système avant la synthèse de la commande, contrairement, aux méthodes directes qui utilisent directement le modèle EDP dans la synthèse de la loi du commande.

Deux approches de commande ont été proposées : la commande par mode de glissement et la commande prédictive. Les résultats de simulation sont illustrées dans les figures suivantes :

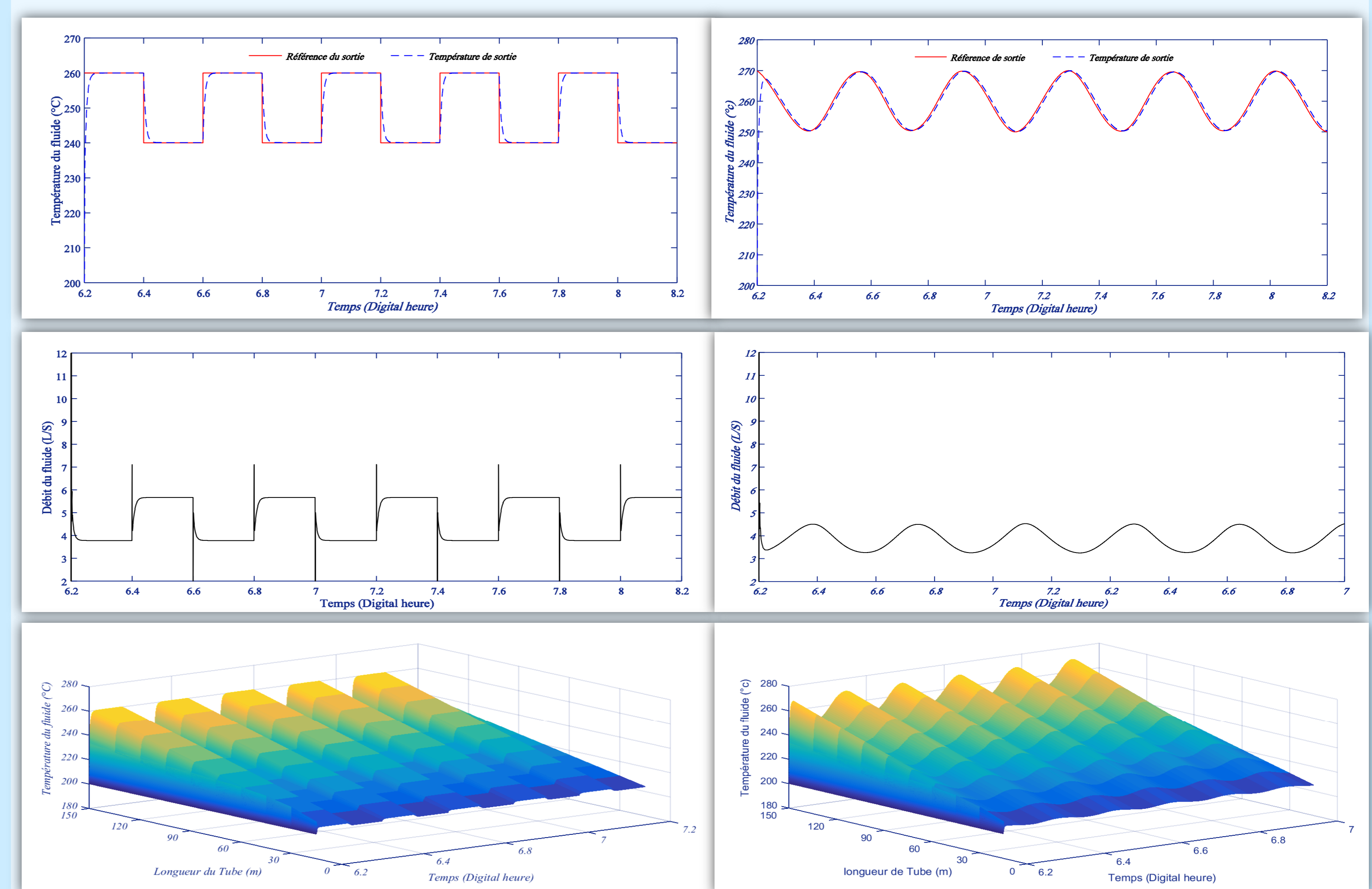


Figure 2. Performances de poursuite pour une référence en carré

Figure 3. Performances de poursuite pour une référence sinusoïdale

CONCLUSION

Ce travail constitue une continuité aux différents travaux menés sur les thèmes de contrôle des systèmes d'énergie renouvelable et les concentrateurs solaire en particulier. Nous avons essayé d'intégrer d'autres visions de commande des systèmes ainsi que d'autres améliorations. A l'issue de ces travaux, les résultats fondamentaux proposés restent perfectibles et ouvrent la voie à de nouveaux axes de recherche.

RÉFÉRENCES

- [1] C.A Mosbah, M Tadjine, A Rebai, M.S Boucherit, Design of a soft sensor for the estimation of oil temperature in Parabolic Solar Collector, Flow Measurement and Instrumentation 53 (2017) 326-334.
- [2] S. Elmetennani, T. M. Laleg-Kirati, Bilinear approximate model-based robust lyapunov control for parabolic distributed collectors, IEEE Transactions on Control Systems Technology.
- [3] C.A Mosbah, M Tadjine, M Chakir, M.S Boucherit, The Zipper : A Lyapunov Control Design for Parabolic Solar Collector, in : Control Applications (CCA), 2016 IEEE Conference on, IEEE, 2016, pp. 279-284.