

Conditions aux limites et rétroaction dans les systèmes thermodynamiques

Ch. Goupil¹, H. Ouerdane², E. Herbert¹, G. Benenti^{3,4}, Y. D'Angelo^{1,5} & Ph. Lecoeur⁶

¹ Laboratoire Interdisciplinaire des Energies de Demain (LIED) UMR 8236 Université Paris Diderot

² Russian Quantum Center, 100 Novaya Street, Skolkovo, Moscow Region 143025, Russia

³ Center for Nonlinear and Complex Systems, Dipartimento di Scienza e Alta Tecnologia, Università degli Studi dell'Insubria

⁴ Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Sezione di Milano, via Celoria 16, 20133 Milano, Italy

⁵ Laboratory of Mathematics J.A. Dieudonné, CNRS UMR 7351 University of Nice-Sophia Antipolis, Nice

⁶ Institut d'Electronique Fondamentale, Université Paris Sud CNRS, 91405 Orsay, France, CNRS, UMR 8622

christophe.goupil@univ-paris-diderot.fr

Traditionnellement un système thermodynamique est d'un point de vue de la théorie du contrôle une boucle ouverte dans lequel il n'existe pas de rétroaction sur l'entrée. De nombreux travaux ont cherchés à représenter le comportement d'une machine de conversion d'énergie [1] mais une approche compacte des conditions de couplage plus réalistes est toujours une question ouverte, comme en témoigne l'abondante littérature qui lui est consacrée [2]. Nous présentons une approche en boucle fermée, prenant en compte ces rétroactions, à la thermodynamique hors équilibre en considérant une machine thermique générique dissipativement connectée à deux réservoirs de températures. Ce système est usuellement caractérisé par deux paramètres : la puissance de sortie P et l'efficacité de la conversion η auxquels nous ajoutons un troisième paramètre, ω la fréquence de travail. Nous montrons qu'une compréhension détaillée des effets des couplages dissipatifs sur le processus de conversion de l'énergie nécessite la connaissance de deux grandeurs : le facteur de rétroaction β et le gain en système ouvert A_0 dont le produit $A_0\beta$ caractérise les interactions entre efficacité, puissance de sortie et intensité de fonctionnement du système. Nous montrons que les conditions aux limites hybrides imposées par la dissipation peuvent sous certaines conditions de rotation de phase bien connues en théorie du contrôle faire diverger le gain du système thermodynamique bouclé et faire apparaître spontanément des oscillations. Cette métadescription permet d'envisager sous le même formalisme la plupart des systèmes thermodynamique de conversion d'énergie [3].

Références

1. L. Onsager, Phys. Rev. **37**, 405 (1931) ; Phys. Rev. **38**, 2265 (1931).
2. B. Andresen, Angew. Chem. Int. Ed. **50**, 2690 (2011).
3. Ch. Goupil et al. Closed-loop approach to thermodynamics. Phys. Rev. E **94**, 032136 (2016).