



**HAL**  
open science

## **Un formalisme générique dédié à la planification des systèmes énergétiques : application à la valorisation de la chaleur fatale**

Alexandre Leclerq, Raphaële Thery-Hetreux, Pascal Floquet, Gilles Hetreux

### ► **To cite this version:**

Alexandre Leclerq, Raphaële Thery-Hetreux, Pascal Floquet, Gilles Hetreux. Un formalisme générique dédié à la planification des systèmes énergétiques : application à la valorisation de la chaleur fatale. XVIIe Congrès Français de Génie des Procédés, Oct 2019, Nantes, France. <hal-05026029>

**HAL Id: hal-05026029**

**<https://hal.science/hal-05026029v1>**

Submitted on 8 Apr 2025

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

# UN FORMALISME GÉNÉRIQUE DÉDIÉ À LA PLANIFICATION DES SYSTÈMES ÉNERGETIQUES : APPLICATION À LA VALORISATION DE LA CHALEUR FATALE

Alexandre LECLERQ<sup>1</sup>, Raphaële THERY-HETREUX<sup>1</sup>, Pascal FLOQUET<sup>1</sup> et Gilles HETREUX<sup>1</sup>  
<sup>1</sup> *Laboratoire de Génie Chimique (LGC), Université de Toulouse, CNRS, INPT, UPS, Toulouse, France*

raphaele.thery@ensiacet.fr

## RESUME

Lors du fonctionnement d'un procédé de production ou de transformation, l'énergie thermique produite grâce aux combustibles n'est pas toujours utilisée en totalité. Une partie de la chaleur produite est inévitablement rejetée. C'est en raison de ce caractère inéluctable qu'on parle de « chaleur fatale » [1]. Disponible le plus souvent à des températures assez basses, sa valorisation demeure délicate. Le mode de valorisation le plus courant reste aujourd'hui l'intégration du procédé dans un système plus complexe tel qu'un éco-parc ou un réseau de chaleur urbain et/ou son couplage avec le réseau électrique ([2], [3], [4]), donnant ainsi naissance à une véritable chaîne logistique de la chaleur fatale. Deux verrous majeurs freinent pour l'heure la généralisation de ce type de systèmes intégrés : la conception de la chaîne logistique d'une part, c'est-à-dire la définition des différents maillons depuis le fournisseur de chaleur fatale jusqu'à son utilisateur final (stockage, valorisation, transport ...) et, d'autre part, la planification de ce système qui doit tenir compte du caractère souvent intermittent de la disponibilité de la source, mais aussi de la variabilité de la demande. C'est l'aspect valorisation de la chaleur fatale par la planification de cette chaîne logistique, qui fait l'objet de ce travail.

Cette approche repose sur l'extension du formalisme *ERTN* (*Extended Resource Task Network*) introduit par Agha et al. [5], [6]. La sémantique de ce formalisme générique permet ici de modéliser différents types de chaînes de valorisation et d'instancier un modèle de *Programmation Non Linéaire Mixte* (PNLM). L'extension proposée (nommée *EERTN* pour *Energy Extended Resource Task Network*) permet notamment de rendre compte explicitement de l'influence de la température sur les phénomènes physico-chimiques mis en jeu dans ce type de système (Fig.1). Notre outil propose ainsi une planification du système conduisant à une valorisation de la chaleur fatale précédemment rejetée et une réduction significative de la consommation de combustible primaire du système global : fournisseur de chaleur fatale, utilisateurs finaux (Fig.1).

L'approche est mise en œuvre sur un cas d'étude (Fig. 2) constitué d'une unité industrielle dont les besoins en chaleur sont pourvus par une centrale de production d'utilité vapeur. Près de cette unité industrielle existe un réseau de chaleur urbain. La chaleur fatale est constituée par les fumées issues de la chaudière de la centrale de production d'utilité du site industriel. Cette étude, pour laquelle on supposera que la conception de la chaîne logistique visant à valoriser cette chaleur fatale a déjà été réalisée, consiste à exploiter de manière optimale cette énergie pour subvenir à tout ou partie des besoins du réseau de chaleur urbain, compte tenu du caractère intermittent de la disponibilité de la chaleur, mais aussi de la variabilité de la demande.

## MOTS-CLES : OPTIMISATION ÉNERGETIQUE DES PROCÉDES ET DES SYSTÈMES

*chaleur fatale, planification énergétique, EERTN, réseau de chaleur urbain*

## REFERENCES

[1] ADEME, 2015. La Chaleur fatale industrielle.

[2] Kaşka, Ö., 2014. Energy and exergy analysis of an organic Rankine for power generation from waste heat recovery in steel industry. *Energy Conversion and Management* 77, 108–117.

[3] Nowicki, C., Gosselin, L., 2012. An Overview of Opportunities for Waste Heat Recovery and Thermal Integration in the Primary Aluminum Industry. *JOM* 64, 990–996.

[4] Wahlroos, M., Pärssinen, M., Rinne, S., Syri, S., Manner, J., 2018. Future views on waste heat utilization – Case of data centers in Northern Europe. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 82, 1749–1764. 0

[5] Théry R., Hétreux G., Agha M., 2012, The extended resource task network : a framework for the combined scheduling of batch processes and CHP Plants, *International Journal Of Production Research*, Vol. 50, Issue 3, pp. 623-646

[6] G. Hétreux, F. Fabre, JM LeLann, P. Zaraté, *Dynamic hybrid simulation of batch processes driven by a scheduling module*, *Computer and Chemical Engineering*, Elsevier, Vol. 35, Issue 10, pp 2098-2112, 2011

## Figures

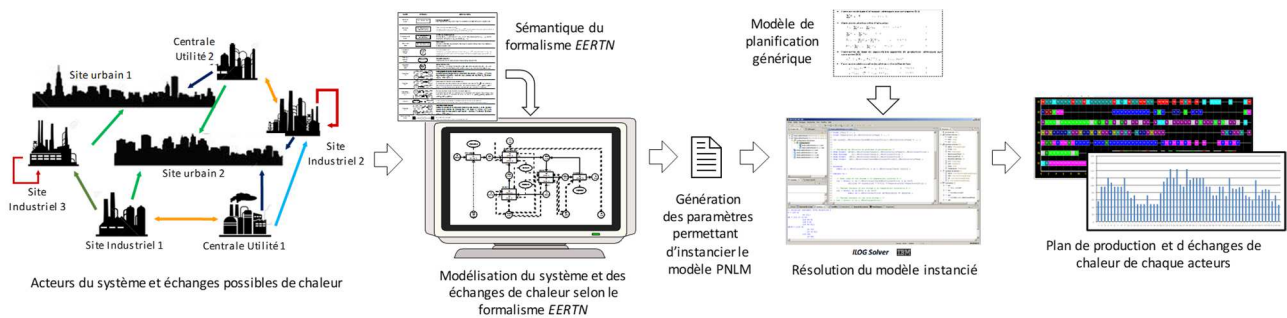


Figure 1 : Principes de modélisation/résolution de l'outil de planification et valorisation de la chaleur fatale

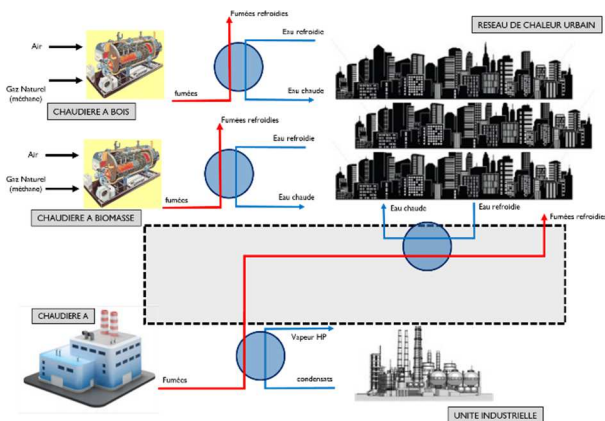


Figure 2 : Cas d'étude : unité industrielle couplé à un réseau de chaleur urbain