

# Project

## Experimental study of a CO<sub>2</sub> cascade refrigerating machine

### Location

CETHIL (Centre d'Énergétique et de Thermique de Lyon)  
INSA Lyon  
Bât Sadi Carnot  
9 Rue de la Physique  
69621 Villeurbanne cedex  
France

### Introduction

The refrigeration and air-conditioning sector currently consumes around 17% of global electricity production. The refrigeration industrial sector is currently experiencing a sort of "regulatory revolution" that is significantly boosting its R & D activities. One of the first ways of improving the efficiency of mechanical vapor compression refrigeration machines, especially when they are absorbing heat at low temperatures (such as for food freezing applications), is based on the use of so-called two-stage cycles. Although they are often considered to be more complex to design and handle than the intermediate bottle machines, the cascade machines have some notable advantages (choice of two potentially different refrigerants, two loops can be controlled autonomously).

It is in this very specific sector that CETHIL wishes to carry out its study, and in particular on the use of R744 (CO<sub>2</sub>) as a refrigerant in the two circuits composing the machine. In order to successfully develop innovative machines, CETHIL will focus on the experimental aspects of those systems. An experimental bench of R452A/CO<sub>2</sub> cascade refrigerating machine has been already developed.

### Objectives

This project aims to answer some experimental problems such as: on which component of the system to play and in which way - to optimally manage the different transient phases of the cascade cooling machines based on R744 as a refrigerant. By transient phases, one understands for example the starts, stops, changes of setpoint or defrosting phases by which the machine in question will have to pass during its normal operation. Each of these phases will interconnect stationary operating states, during which the control system will seek to achieve the heat rejection pressure that maximizes the performance coefficient of the entire system.

### Scientific and technological issues

We can now consider several scientific and technological obstacles that this project will tackle:

- Proposal of an efficient and robust method of starting the cascade;
- Test a control strategy based on the control of a single expander and a single rotation speed for the two compressors.
- Performances evaluation (COP, cooling power, ...).

**Supervisors:** Ass. Prof. Benoit Michel and Prof. Rémi Revellin

**Candidate profile:** Master 1 or 2 with strong knowledge in thermodynamics, heat transfer, fluid mechanics, heat exchangers

**Contact:** [benoit.michel@insa-lyon.fr](mailto:benoit.michel@insa-lyon.fr)

# Projet

## Etude expérimentale d'une machine frigorifique à cascades fonctionnant au CO<sub>2</sub>

### Lieu

CETHIL (Centre d'Energétique et de Thermique de Lyon)  
INSA Lyon  
Bât Sadi Carnot  
9 Rue de la Physique  
69621 Villeurbanne cedex  
France

### Introduction

Le secteur de la réfrigération et du conditionnement d'air consomme actuellement environ 17% de la production mondiale d'électricité. Le secteur industriel de la réfrigération vit actuellement une sorte de « révolution réglementaire » qui dynamise significativement ses activités de R&D. L'une des premières voies d'amélioration des rendements des machines frigorifiques à compression mécanique de vapeur, surtout lorsque ces dernières absorbent de la chaleur à basses températures (comme pour des applications de congélations des aliments par exemple), est basée sur l'utilisation de cycles dits biétagés. Bien qu'elles soient souvent considérées comme plus complexes à concevoir et à manipuler que les machines à bouteille intermédiaire, les machines cascades disposent de certains avantages notables (choix de deux fluides frigorigènes potentiellement différents, deux boucles pouvant être contrôlées de manière autonome).

C'est sur ce secteur bien spécifique que le CETHIL souhaite porter son étude, et en particulier sur l'utilisation du R744 (CO<sub>2</sub>) comme fluide frigorigène dans le circuit basse température de la machine. Afin de mener à bien le développement de machines innovantes, le CETHIL va miser sur leur étude expérimentale. En ce sens, une machine cascade R452A/CO<sub>2</sub> a déjà été développée et instrumentée.

### Objectifs visés

Ce projet vise à répondre à des problématiques expérimentales telles que : sur quel composant du système jouer et de quelle manière – permettant de gérer de manière optimale les différentes phases transitoires des machines frigorifiques cascades basées sur du R744 comme fluide frigorigène. Par phases transitoires, on entend par exemple les démarrages, arrêts, changements de consigne ou phases de dégivrage par lesquelles la machine en question devra passer au cours de son fonctionnement normal. Chacune de ces phases reliera entre elles des états stationnaires de fonctionnement, pendant lesquels le système de régulation cherchera à atteindre la pression de rejet de la chaleur qui maximise le coefficient de performance de l'ensemble du système.

### Verrous scientifiques et technologiques

Nous pouvons dès maintenant envisager plusieurs verrous scientifiques et technologiques auxquels ce projet va s'attaquer :

- Proposition d'une méthode efficace et robuste de démarrage de la cascade;
- Mise en pratique d'une stratégie de régulation basée sur le contrôle d'un seul détendeur et d'une seule vitesse de rotation pour les deux compresseurs.
- Evaluation des performances de la machine (COP, puissance frigorifique, ...).

Encadrants : Ass. Prof. Benoit Michel et Prof. Rémi Revellin

Profil du candidat : de niveau Master 1 ou 2 avec de solides connaissances en thermodynamique, transfert de chaleur, mécanique des fluides, échangeurs thermiques

Contact : [benoit.michel@insa-lyon.fr](mailto:benoit.michel@insa-lyon.fr)