



**Projet de rapport final**

**Action "Thermoptim" dans le cadre d'UNIT  
réalisée par le Groupe des Ecoles des Mines**

**Convention n° 2009-3**

**mai 2011**

**Porteur du projet : R. Gicquel  
Mines ParisTech**

## 1. Introduction

La Convention n° 2009-3 signée le 24 septembre 2010 correspond à la sixième phase du projet Thermoptim au sein d'UNIT. Le présent rapport final, établi en mai 2011, rend compte de l'avancement du programme de travail correspondant à cette convention.

## 2. Avancement des activités prévues dans le cadre de la sixième phase

### 2.1. Rappel des activités prévues

Comme indiqué dans l'annexe technique de la Convention n° 2009-3, les travaux prévus comprennent :

- la poursuite du développement du portail Thermoptim-UNIT en définissant et publiant des scénarios d'usage de ses ressources ;
- l'élaboration et la publication de fils d'Ariane pédagogiques destinés à faciliter la compréhension qualitative et phénoménologique des concepts-clés de la discipline ;
- l'organisation d'un stage de formation à Thermoptim et à l'utilisation pédagogique de ses ressources

### 2.2. Scénarios d'usage des ressources du portail Thermoptim-UNIT

Un important travail a été réalisé pour rédiger un Guide d'usages pédagogiques des ressources du portail Thermoptim-UNIT. Il a bénéficié des remarques des enseignants à qui il a été diffusé, et notamment de celles des experts du Comité technique de la convention.

Ce guide de cent trente de pages a pour objectif d'expliquer comment ces ressources peuvent être utilisées dans l'enseignement. Il est divisé en cinq grandes parties.

La première présente la problématique pédagogique et les ressources développées.

Les trois suivantes fournissent des illustrations concrètes d'activités pédagogiques les utilisant, appliquées aux centrales à vapeur, aux turbines à gaz et aux machines de réfrigération, en suivant les trois grandes étapes suivantes.

- l'acquisition des concepts et des outils, consacrée aux rappels de thermodynamique, à l'étude des cycles de base, à la découverte des technologies mises en œuvre et à l'apprentissage des outils logiciels ;
- la consolidation des notions vues lors de la première étape, avec quelques compléments théoriques comme par exemple sur les échangeurs et l'exergie, l'étude des variantes des cycles de base, des cycles combinés et de la cogénération ;
- les approfondissements et la mise en application personnelle, donnant lieu à l'étude de cycles novateurs et/ou plus complexes que les précédents ainsi qu'à des réflexions sur les perspectives technologiques, à l'occasion de mini-projets menés seuls ou en groupes.

La cinquième propose une présentation allégée des notions de thermodynamique permettant de comprendre le fonctionnement des cycles thermodynamiques élémentaire destinée à des apprenants en formation professionnelle dont les connaissances initiales en thermodynamique sont succinctes. Elle présente la particularité de ne pas faire appel à la notion d'entropie, souvent difficile à bien comprendre pour les débutants, et constitue un sous-ensemble d'une note de présentation plus complète<sup>1</sup>.

Le guide est accessible à partir de l'adresse suivante dans sa version en ligne :

<http://www.thermoptim.org/sections/enseignement/pedagogie/guide-d-usage/guide-d-usages>

et de celle-ci dans sa version pdf :

[http://www.thermoptim.org/ThoptExterne/tmp/guide\\_usages\\_Thermoptim.pdf](http://www.thermoptim.org/ThoptExterne/tmp/guide_usages_Thermoptim.pdf)

Parallèlement à sa mise en ligne, ce guide a été directement diffusé à une cinquantaine d'enseignants utilisateurs de ces ressources.

### **2.3. Elaboration et publication de fils d'Ariane pédagogiques**

La notion de fil d'Ariane est issue de la mythologie grecque. Ariane, fille du roi de Crète Minos, aida Thésée à s'échapper du célèbre Labyrinthe où était enfermé le Minotaure, en lui donnant un fil qu'il dévida derrière lui pour en parcourir les couloirs sans revenir sur ses pas, et trouver ainsi l'unique sortie.

Dans notre contexte, le labyrinthe est bien entendu un domaine de la thermodynamique appliquée dans lequel les élèves ont du mal à se situer et à s'orienter, et le fil d'Ariane est une présentation progressive destinée à leur en faciliter la compréhension phénoménologique, sur les plans à la fois qualitatif et quantitatif.

Les fils d'Ariane commencent par une carte de connaissances présentant les principaux sujets qui y sont abordés, et se poursuivent par un enchaînement d'explications, des plus simples aux plus avancées, avec illustration par des exemples concrets. Ils s'adressent en premier lieu aux enseignants, à qui ils peuvent servir de guide pour la préparation de leurs enseignements, mais aussi directement à des élèves suffisamment autonomes pour travailler par eux-mêmes.

Bien que pour partie redondants avec d'autres pages du portail, notamment les fiches thématiques, ils en sont complémentaires car leur ambition est d'aborder de manière à peu près complète un aspect du domaine traité, en parcourant les différents jalons pédagogiques nécessaires à sa compréhension, tout en représentant un volume de travail raisonnable en pratique.

---

<sup>1</sup> <http://www.thermoptim.org/sections/enseignement/pedagogie/presentation-pedagogique>

Par exemple, le fil d'Ariane sur les échangeurs de chaleur monophasiques<sup>2</sup> traite in extenso un exemple d'échangeur simple, depuis son équilibrage enthalpique jusqu'à son dimensionnement géométrique et son utilisation en régime non-nominal, mais en se limitant aux seules notions nécessaires à la compréhension de cet exemple.

Même si elle n'a pas été initialement conçue sur le modèle d'une fiche d'Ariane, la page sur les Notions fondamentales et l'approche qualitative des principes<sup>3</sup> s'en inspire beaucoup. C'est pourquoi elle est aussi publiée en tête de cette rubrique.

Un autre fil d'Ariane pédagogique, centré sur l'étude des compresseurs volumétriques<sup>4</sup> a été préparé.

## **2.4. Stage de formation à Thermoptim et à l'utilisation pédagogique de ses ressources**

Un stage de formation à Thermoptim et à l'utilisation pédagogique de ses ressources a été organisé le 5 juillet 2010 à Sophia Antipolis, juste avant la réunion bisannuelle du Club ALET.

Six personnes y ont participé.

## **2.5. Internationalisation des ressources**

Le livre *Systèmes Energétiques* (> 1000 pages) a été traduit en anglais pour une publication chez CRC Press prévue courant septembre 2011, et les ressources du portail ont commencé à l'être de manière systématique.

---

<sup>2</sup> <http://www.thermoptim.org/sections/enseignement/pedagogie/fils-d-ariane/fil-echangeur>

<sup>3</sup> <http://www.thermoptim.org/sections/enseignement/pedagogie/fils-d-ariane/notions-fondamentales>

<sup>4</sup> <http://www.thermoptim.org/sections/enseignement/pedagogie/fils-d-ariane/fil-compr-volum>