

**dossier  
du centre d'études  
et de recherches  
sur les qualifications**

**FORMATION**

## **Recherches sur les compétences professionnelles à développer dans les enseignements**

**Analyse du travail  
dans les systèmes  
énergétiques - thermiques**

Décembre 1980

DOSSIER N° 26

## CENTRE D'ETUDES ET DE RECHERCHES SUR LES QUALIFICATIONS (CEREQ)

9, rue Sextius-Michel, 75732 PARIS CEDEX 15 - Tél. : 575.62.63

Directeur : Ducray (Gabriel)

Le Centre d'études et de recherches sur les qualifications, institué par le titre III du décret n° 70-239 du 19 mars 1970, est un organisme public, placé auprès de l'Office national d'information sur les enseignements et les professions, dont disposent en commun le ministre de l'Education, qui en assure la tutelle, le ministre des Universités, le ministre du Travail et de la Participation et les ministres de l'Industrie et de l'Agriculture. Le Centre est également chargé d'apporter sa collaboration au Commissariat général du Plan et de la Productivité, à la Délégation à l'Aménagement du Territoire et à l'Action régionale, et au Comité interministériel de la Formation professionnelle et de la Promotion sociale.

Le CEREQ a pour mission de faire des études et de susciter des recherches tendant à améliorer la connaissance des activités professionnelles et de leur évolution. Il agit à cet effet :

- faire l'analyse des postes de travail et des métiers ;
- évaluer les transformations des qualifications dues à l'évolution des techniques ;
- étudier l'adaptation des formations et des méthodes d'enseignement en fonction des besoins constatés.

Ses programmes d'activités et de recherches sont soumis à une procédure d'approbation officielle et reçoivent une publicité nationale. Les Services d'information et d'orientation ainsi que les Services de l'emploi participent activement à leur réalisation dans les régions.

Le Centre effectue lui-même ses études ou bien les suscite auprès d'organismes publics ou privés. Dans tous les cas, il coordonne, exploite et diffuse les résultats.

Le Directeur du CEREQ est nommé par décret pris en Conseil des Ministres. Il est assisté dans son administration par un Conseil de Perfectionnement.

### CONSEIL DE PERFECTIONNEMENT

#### HUIT MEMBRES DE DROIT

- Vimont (Claude), directeur de l'ONISEP, président
- Pinet (Marcel), directeur général de la programmation et de la coordination, Ministère de l'Education
- Blanchard (Alain), directeur des affaires financières, Ministère de l'Education
- Malassis (Louis), directeur général de l'enseignement et de la recherche au Ministère de l'Agriculture
- Souviron (Jean-Pierre), directeur général de l'industrie, Ministère de l'Industrie
- Vught (Gabriel), directeur général de l'Administration et de la Fonction publique
- Salomon (Jean-Claude), directeur des affaires générales et financières au Ministère des Universités
- Rezeau (Michel), chef du service des études et de la statistique au Ministère du Travail et de la Participation

#### NEUF MEMBRES DESIGNES REPRESENTANT

- Le Commissariat général du Plan d'équipement et de la productivité
- La Délégation à l'aménagement du territoire et à l'action régionale
- Le Secrétariat général de la Formation professionnelle
- L'Institut national de la statistique et des études économiques
- L'Institut national d'études démographiques
- La Direction de la Prévision au Ministère de l'Economie.
- Le Service des études informatiques et statistiques au Ministère de l'Education
- L'Agence nationale pour l'Emploi
- Le Centre national de la recherche scientifique

#### DEUX MEMBRES ELUS PAR LE PERSONNEL SCIENTIFI- QUE DU CENTRE

(Renouvellement annuel)

#### CINQ PERSONNALITES COOP- TEES EN RAISON DE LEUR COMPETENCE

- Devaud (Marcelle), présidente du Comité du travail féminin, membre du Conseil économique et social.
- Durand (Claude), directeur du Groupe de sociologie du travail à l'Université de Paris VII
- Eicher (Jean-Claude), directeur de l'Institut de recherche sur l'économie de l'Education de l'Université de Dijon
- Geymond (Bernard), responsable du Département du personnel non-cadre à la société Ferrodo.
- Salmon (Pierre), conseiller scientifique pour le secteur des sciences économiques et sociales à la Délégation générale à la recherche scientifique et technique.

### CONFERENCE DES CORRESPONDANTS PERMANENTS DES SYNDICATS ET PROFESSIONS

Blondeau (ACCI)  
Bonhomme (représentant la CGT au Conseil d'administration de l'ONISEP)

Burande (CFTC)  
Cayeux (de) (CNPF)  
Terry (UIMM)  
Cheramy (FEN)  
Gaipin (CGT-FO)

Guillaume (FNSEA)  
M<sup>lle</sup> Richard (APCM)  
Roussel (APCA)  
Darmais (CFDT)  
Teboul (CGC)

# **RECHERCHES SUR LES COMPÉTENCES PROFESSIONNELLES A DÉVELOPPER DANS LES ENSEIGNEMENTS**

## **ANALYSE DU TRAVAIL DANS LES SYSTÈMES ENERGÉTIQUES-THERMIQUES**

*Cette étude a été réalisée  
dans le cadre de la Mission pédagogique  
par Francis PIRODON, Gérard PORCHER et Patrice SOULIER,  
avec le concours du Laboratoire d'énergétique et d'automatique de l'INSA de Lyon,  
des départements génie thermique des IUT et de l'Inspection générale  
des sciences et techniques industrielles du Ministère de l'Éducation.*

## **LISTE DES PUBLICATIONS PARUES DANS LA COLLECTION DES DOSSIERS DU CEREQ**

- Dossier n° 1 : Nomenclatures de métiers, d'emplois et de formations
- Dossier n° 2 : Les tâches et qualifications de l'informatique
- Dossier n° 3 : Les emplois tenus par les jeunes de 17 ans
- Dossier n° 4 : Les possibilités d'emploi selon les qualifications acquises dans les formations initiales (épuisé)
- Dossier n° 5 : L'accès à la vie professionnelle - Enseignement technologique long
- Dossier n° 6 : L'inventaire des moyens privés de formation professionnelle (épuisé)
- Dossier n° 7 : L'accès à la vie professionnelle à la sortie des instituts universitaires de technologie
- Dossier n° 8 : Nomenclature nationale des formations (épuisé)
- Dossier n° 9 : Les journalistes - Etude statistique et sociologique de la profession.
- Dossier n° 10 : Les emplois et les formations dans le tourisme en France
- Dossier n° 11 : La formation et l'emploi des docteurs ès sciences
- Dossier n° 12 : La prévision régionale des besoins en formation
- Dossier n° 13 : La participation des cadres aux activités de gestion dans la grande entreprise
- Dossier n° 14 : Les universités et le marché du travail
- Dossier n° 15 : L'évolution des emplois et la main-d'œuvre dans l'industrie automobile
- Dossier n° 16 : L'évolution des professions de l'information et de la documentation - Etude de la fonction documentaire
- Dossier n° 17 : La formation professionnelle continue financée par les entreprises - Année 1974
- Dossier n° 18 : L'échec au baccalauréat ; ses conséquences dans l'éducation et la vie active
- Dossier n° 19 : Les conditions d'emploi des anciens élèves des classes de BEP
- Dossier n° 20 : L'évolution des emplois et la main-d'œuvre dans l'industrie textile
- Dossier n° 21 : Enseignement et organisation du travail du XIX<sup>e</sup> siècle à nos jours
- Dossier n° 22 : La formation par la recherche et l'emploi - Les docteurs de 3<sup>e</sup> cycle
- Dossier n° 23 : Les agriculteurs exploitants familiaux
- Dossier n° 24 : Vie régionale et formation : le cas de la région Bretagne et du pays de Fougères (1962-1975)
- Dossier n° 25 : L'industrialisation du gros-œuvre du Bâtiment - Conséquences sur le travail des ouvriers de chantier.

## **MEMBRES DU COMITÉ D'ENSEIGNANTS POUR L'ÉTUDE DES ACTIVITÉS DANS LES SYSTÈMES ÉNERGÉTIQUES THERMIQUES**

- \* M. Jean COUTANCEAU : Secrétaire général de la Commission pédagogique nationale  
Département Génie thermique  
IUT de Poitiers
- M. Jean CRABOL : Président de la Commission pédagogique nationale  
Département Génie thermique  
IUT de Ville-d'Avray
- \* M. Jean-Pierre GOSSE : Département Génie thermique  
IUT de Grenoble
- \* M. Gabriel HOSTACHE : Laboratoire d'énergétique et d'automatique  
INSA de Lyon
- \* M. Gérard KUHN : Département Génie thermique  
IUT de Grenoble
- \* M. André LALLEMAND : Laboratoire d'énergétique et d'automatique  
INSA de Lyon
- \* M. Jean-Paul LALLEMAND : Département Génie thermique  
IUT de Poitiers
- M. Roger PHILIPPE : Doyen d'inspection générale des sciences et techniques industrielles  
Ministère de l'Éducation
- M. Marc RICHARD : Directeur du Laboratoire d'énergétique et d'automatique  
INSA de Lyon
- \* M. Jean-Paul VELLY : Département Génie thermique  
IUT de Lorient

---

\* Professeurs ayant participé aux enquêtes en entreprise.

*Nous remercions les trente-quatre entreprises — dont nous respecterons l'anonymat selon l'usage — qui ont bien voulu ouvrir leurs portes aux chargés d'études du CEREQ, et aux professeurs qui nous ont prêté leur concours.*

## AVANT-PROPOS

Les nouvelles conditions du marché et de la distribution de l'énergie contraignent les entreprises et les pouvoirs publics à engager ensemble un effort de gestion plus économe de ce facteur de production.

Mieux maîtriser la consommation et l'utilisation de l'énergie est devenu un nouvel impératif économique sans que les perspectives d'évolution du marché laissent apparaître des solutions simples.

Or, dans une politique énergétique la formation professionnelle peut accélérer ou au contraire freiner l'adoption des méthodes de travail qui en découlent. L'étude des interventions des personnels techniques sur le système thermique, étayée par l'analyse de situations concrètes de travail, dont ce vingt-sixième dossier du CEREQ rend compte, correspond au souci de favoriser la modernisation des formations initiales dans le domaine des énergies et du génie thermique.

Cette étude a été entreprise à la demande du Ministère des Universités et a été réalisée en coopération avec les responsables pédagogiques des différents cycles d'enseignement concernés (lycées, instituts universitaires de technologie, Institut national des Sciences appliquées de Lyon).

La méthode d'investigation choisie — élaborée avec des objectifs similaires dans le domaine des automatismes — consiste à analyser les relations dans un système de travail et la formation qui y est utilisée. Elle fournit aux responsables des enseignements une base pertinente pour leur travail pédagogique d'élaboration des programmes et d'adaptation des méthodes de formation.

On constate ainsi qu'après une première phase d'interventions ponctuelles consacrée à la réduction des gaspillages, la maîtrise et le contrôle de la consommation et de l'utilisation de l'énergie entrent dans une nouvelle étape fondée sur une conception plus globale du système énergétique. Elle comporte la redéfinition partielle ou totale des processus de production, des procédés de fabrication et des équipements. De tels changements font appel à de nouvelles compétences professionnelles.

Et cela de deux manières : d'une part, les entreprises recherchent des personnels très spécialisés, tant ingénieurs que techniciens, pour des interventions d'expertise, de dépannage et d'entretien. D'autre part, il faut assurer pour l'ensemble des agents intervenant sur les systèmes énergétiques une initiation plus générale aux règles d'utilisation de l'énergie.

Ainsi, deux configurations d'emplois bien différenciées se dessinent : *des emplois de thermiciens*, dont la demande va connaître une vive inflation, mais ne se maintiendra que pendant quelques années ; *des emplois à composante thermique*, dont le développement répond à une tendance profonde sur le moyen et long terme.

En outre, des connaissances spécialisées et adaptées devront de plus en plus être acquises en cours de carrière par les utilisateurs des systèmes thermiques à l'image de ce qui se produit actuellement dans l'informatique.

Ces phénomènes sont susceptibles d'infléchir le dispositif de formation initiale de trois manières par :

- l'actualisation et le développement contrôlé des formations technologiques spécialisées, préparant aux emplois de thermiciens ;
- l'introduction dans les autres formations technologiques de connaissances permettant d'aborder des activités dont la composante énergétique-thermique s'amplifiera ;
- la généralisation de l'initiation à l'énergétique dans les enseignements généraux technologiques ou non.

Les conclusions, proposées au terme de cette étude sur les compétences professionnelles à développer dans les applications énergétiques et thermiques, montrent toute l'importance pour la modernisation des formations professionnelles des études et recherches engagées par le CEREQ sur les systèmes de travail.

Gabriel DUCRAY.

# SOMMAIRE

	Pages
<i>Introduction aux recherches sur les compétences professionnelles à développer dans les enseignements</i> .....	13
<b>PREMIÈRE PARTIE : CONTEXTE GÉNÉRAL</b> .....	23
<b>Chapitre I : Données économiques et techniques relatives à l'énergie</b> .....	25
1 - Définition du système thermique .....	26
2 - Situation particulière du système thermique par rapport à l'innovation technique .....	26
3 - Analyse sectorielle des utilisations de l'énergie dans l'industrie	
3.1 : <i>Unité utilisée</i> .....	28
3.2 : <i>Types d'énergie</i> .....	28
3.3 : <i>Coefficients d'équivalence</i> .....	30
3.4 : <i>Structure des consommations</i> .....	31
4 - Perspectives énergétiques .....	38
4.1 : <i>Réduction des consommations d'énergie</i> .....	38
4.2 : <i>Renforcement du programme nucléaire</i> .....	38
<b>Chapitre II : Le dispositif actuel de formations en génie énergétique-thermique</b> .....	41
1 - Les formations initiales .....	41
1.1 : <i>Formations de niveaux I et II</i> .....	41
1.2 : <i>Formations de niveau III</i> .....	46
1.3 : <i>Formations de niveaux IV et V</i> .....	47
1.4 : <i>Conclusions</i> .....	49

	Pages
2 - Les formations complémentaires.....	50
2.1 : Formation complémentaire dispensée par l'entreprise ou par les organismes corporatifs spécialisés.....	50
2.2 : Formation complémentaire dispensée par les constructeurs de matériel thermique.....	51
2.3 : Formation complémentaire dispensée par les organismes spécialisés .....	52
2.4 : Conclusions .....	54
<b>DEUXIÈME PARTIE : LE TRAVAIL SUR SYSTÈME THERMIQUE.....</b>	<b>55</b>
<b>Chapitre I : Présentation méthodologique.....</b>	<b>57</b>
1 - Rappel des principales caractéristiques de la méthode.....	57
1.1 : L'analyse du système.....	57
1.2 : L'axe de transformation du système thermique.....	57
1.3 : Les intervenants comme support d'intervention.....	58
1.4 : Le système d'intervention, les unités d'intervention.....	58
1.5 : Le potentiel d'acquis technologiques.....	58
2 - Le dispositif pratique d'enquête.....	58
2.1 : L'échantillon des entreprises.....	58
2.2 : L'échantillon des intervenants.....	60
2.3 : Les techniques d'entretien.....	63
2.4 : Les techniques d'exploitation.....	63
<b>Chapitre II : Le système d'intervention.....</b>	<b>65</b>
1 - Construction des unités d'intervention.....	65
2 - Les unités d'intervention du système thermique.....	66

	Pages
<b>Chapitre III : La configuration des interventions</b> .....	123
1 - La plage d'intervention des thermiciens .....	123
2 - Les associations d'unités d'intervention .....	124
2.1 : <i>Les couples d'unités d'intervention contiguës</i> .....	124
2.2 : <i>Les couples d'unités d'intervention non contiguës</i> .....	125
2.3 : <i>Les associations d'unités d'intervention et les emplois</i> .....	127
2.4 : <i>Analyse systématique des associations d'unités d'intervention</i> .....	127
3 - Les associations d'étapes de transformation du système .....	129
 <b>Chapitre IV : Technologies et fonctions dans l'emploi actuel</b> .....	 133
1 - Les technologies dans l'emploi actuel .....	133
1.1 : <i>Technologies pratiquées dans l'emploi actuel</i> .....	133
1.2 : <i>Construction du noyau technologique de l'emploi actuel</i> .....	135
1.3 : <i>Les noyaux technologiques de l'emploi actuel</i> .....	135
2 - Les fonctions dans l'emploi actuel .....	137
 <b>Chapitre V : La place des systèmes thermiques dans l'organisation des entreprises</b> .....	 139
1 - La prise en charge partielle du système thermique .....	139
2 - L'émergence progressive du système thermique .....	140
2.1 : <i>Le système thermique, objet autour duquel se construit l'entreprise</i> .....	140
2.2 : <i>Le système thermique, moyen ou auxiliaire de la production</i> .....	141
3 - Conclusions .....	142

	Pages
<b>TROISIÈME PARTIE : LA FORMATION DES COMPÉTENCES PROFESSIONNELLES</b> .....	145
<b>Chapitre 1 - Les formations mises en œuvre dans le système thermique</b>	147
1 - Les formations initiales.....	148
1.1 - Niveau de la formation initiale.....	148
1.2 : Age des « thermiciens » et niveau de formation initiale. . . .	149
1.3 : Spécialité de la formation initiale.....	150
1.4 : Niveau et spécialité de la formation initiale.....	151
1.5 : Age des « thermiciens » et spécialités de la formation initiale .....	152
2 - Les formations complémentaires.....	153
2.1 : La formation complémentaire avant l'emploi actuel.....	153
2.2 : La formation complémentaire dans l'emploi actuel.....	155
2.3 : Conclusions .....	157
3 - Le passé professionnel.....	157
3.1 : La durée du passé professionnel.....	158
3.2 : Le nombre d'emplois du passé professionnel.....	158
3.3 : Les fonctions exercées dans le passé professionnel.....	158
3.4 : La technologie dominante des emplois du passé professionnel .....	158
<b>Chapitre II : Le processus de formation préparant au travail sur système thermique</b> .....	163
1 - Le potentiel d'acquis technologiques.....	163
1.1 : Construction .....	164
1.2 : Les différents types de potentiels d'acquis technologiques	165
1.3 : Les rôles respectifs des composantes du potentiel d'acquis technologiques .....	168
4 : Les rôles de préparation au travail du potentiel d'acquis technologiques .....	169

	Pages
2 - Le potentiel d'acquis technologiques et les unités d'intervention	170
2.1 : <i>Préparation au travail sur système thermique et différenciation dans la participation aux étapes de transformation du système</i> .....	171
2.2 : <i>Conclusions</i> .....	173
3 - Potentiel d'acquis technologiques et emploi actuel.....	173
3.1 : <i>Potentiel d'acquis technologiques et emploi actuel des personnels ayant un passé professionnel</i> .....	173
3.2 : <i>Emploi actuel des personnels en situation de premier emploi et formation initiale</i> .....	176
<b>CONCLUSIONS</b> .....	177
<b>ANNEXES</b> .....	187

**INTRODUCTION  
AUX RECHERCHES  
SUR LES COMPÉTENCES PROFESSIONNELLES  
A DÉVELOPPER DANS LES ENSEIGNEMENTS**

## I. - UNE DÉMARCHE POUR LA RÉGULATION PERMANENTE DES FORMATIONS

L'étude que nous présentons ici a été engagée en 1977 à l'initiative des responsables des formations concernées alors que les préoccupations nées des nouvelles conditions du marché et de la distribution de l'énergie n'avaient pas l'ampleur que nous leur connaissons aujourd'hui. C'est ainsi que les enquêtes sur le terrain ont été réalisées alors que les entreprises étaient encore peu sensibilisées aux problèmes d'économie d'énergie. Loin d'être un inconvénient, ces circonstances auront permis de réaliser un bilan de situation avant l'introduction de nouvelles pratiques énergétiques dans les entreprises jusqu'alors peu intéressées au problème, en raison des coûts relativement modestes de l'énergie par rapport à l'ensemble des facteurs de production. On a pu ainsi constater la faible intégration des activités spécifiquement thermiques dans l'entreprise, lesquelles n'ont pas encore imposé leurs caractéristiques de spécialité et ne s'inscrivent pas dans une fonction d'entreprise reconnue comme, par exemple, la gestion du capital, des équipements ou des ressources humaines. L'un des intérêts de l'étude pourrait être d'apprécier les chances de développement d'une telle fonction compte tenu de la nécessité de gérer les ressources énergétiques de l'entreprise.

Dès 1975, la Commission pédagogique nationale (CPN) du génie thermique des Instituts universitaires de technologie s'est inquiétée des débouchés correspondant aux formations récemment créées dans les IUT. C'est ainsi que le Ministère des Universités a demandé au Centre d'études et de recherches sur les qualifications (CEREQ) de réaliser une étude pour contribuer à la connaissance des besoins en formation dans cette spécialité et, qu'en concertation avec les responsables éducatifs des différents cycles d'enseignement concernés (Lycées, IUT, Institut national des Sciences appliquées de Lyon), une étude sur les activités du génie énergétique-thermique a été inscrite au programme d'activité du CEREQ et confiée à la Mission pédagogique.

Aucune étude de ce type n'avait, à notre connaissance, été réalisée dans ce domaine. C'est pourquoi la définition de l'étude a été précédée de consultations nombreuses, notamment auprès des responsables d'enseignements des différents cycles qui ont manifesté un intérêt pour le projet et accepté de faire partie d'une instance de concertation permanente. Le comité technique ainsi mis en place pour l'étude et composé des représentants des Lycées, des quatre départements d'IUT concernés, de l'INSA de Lyon, a contribué de façon substantielle au déroulement du projet à chacune de ses étapes.

La participation des enseignants à l'étude ne s'est pas limitée à une concertation permanente au sein du comité technique. Elle s'est également matérialisée par la participation directe d'enseignants à l'étude. Un professeur de lycée a collaboré à temps partiel à toutes ses phases. Des professeurs de l'INSA de Lyon et des départements d'IUT concernés ont participé directement aux enquêtes en entreprise aux côtés de l'équipe du CEREQ.

La méthode d'investigation choisie, élaborée avec des objectifs similaires dans le domaine des automatismes (1), consiste en une analyse approfondie des relations qui se développent dans un système de travail donné — ici les activités de génie énergétique-thermique — et notamment le potentiel de formation mis en œuvre dans le système. Au terme de cette analyse, les responsables d'enseignements des différents cycles disposent d'une base pertinente pour l'élaboration des cursus de formation correspondant à leur mission propre.

La rencontre entre les responsables des enseignements et la Mission pédagogique du CEREQ a permis, après de nombreux échanges, d'adopter pour cette étude la **méthode d'analyse du travail pour la recherche sur les compétences professionnelles à développer dans les enseignements.**

Mais l'originalité de la démarche, expérimentée en collaboration avec des enseignants de l'Association Nationale pour la Formation des Adultes (2), consiste dans la conception même du développement des cursus de formation. On considère que la régulation permanente des formations nécessitée actuellement tant par l'introduction d'innovations techniques que par les perturbations économiques et sociales de l'environnement, suppose l'intégration de deux séries de données ou de deux « corpus » distincts. L'un concerne les connaissances théoriques et appliquées relatives au domaine technique concerné — ici le génie énergétique-thermique — et relève de la seule compétence des enseignants ; l'autre concerne les modes d'utilisation de ces connaissances dans les activités professionnelles — ici la thermique — et peut être saisi par une analyse de travail conçue et mise en forme pour les besoins de la formation.

Disposant de ces deux sources, les responsables de formations ont alors la possibilité de les intégrer dans les objectifs pédagogiques de leur enseignement, en faisant la part aussi bien de la logique de construction des savoirs que de la logique d'utilisation des savoirs, cette dernière ayant, jusqu'à présent, été toujours négligée.

---

(1) CEREQ-AFPA, **Le travail sur systèmes asservis - Analyse des interventions des personnels techniques**, Document CEREQ, janvier 1976 - A paraître dans la collection Bibliothèque du CEREQ : « Les recherches sur les compétences professionnelles à développer dans les enseignements ».

(2) AFPA - Centre pédagogique et technique d'Istres - **Etude d'un programme de formation professionnelle initiale de techniciens sur systèmes automatisés**. Document du Centre Pédagogique et Technique Régional (CPTR) d'Istres, 1977.

## II. - UNE PROBLÉMATIQUE POUR SAISIR LES BESOINS EN FORMATION DANS LEUR CONTEXTE

Afin de réaliser l'intégration de ces deux aspects de la connaissance jusqu'alors confondus dans la conception des enseignements, le pédagogue ne peut plus se fonder sur des informations disparates, glanées au gré de ses rencontres et trop souvent contradictoires. Il est nécessaire qu'il puisse se référer à des analyses qui soient significatives tant des modes d'utilisation des savoirs actuellement observables dans les systèmes de travail que des évolutions probables dont il faudrait tenir compte.

Les difficultés actuelles tiennent en grande partie à l'ambiguïté de la notion de « *besoins en formation* » qui rend illusoire toute tentative de saisie et d'interprétation des besoins directement exprimés et ne permet pas en tout cas, aux responsables d'enseignements de maîtriser les objectifs sur lesquels devraient se fonder leur pratique pédagogique.

En effet, les informations recueillies à l'échelle de la gestion quotidienne des entreprises ne permettent, en général, de saisir que des besoins conjoncturels et laissent dans l'ombre les modes d'utilisation et de développement des formations dans l'entreprise. Les besoins conjoncturels représentent le solde, à un moment donné, des formations à pourvoir mais sont rarement significatifs des besoins réels de renouvellement à long terme. Ils peuvent aussi bien être l'expression d'un remplacement de routine, d'une situation exceptionnelle et transitoire ou d'un besoin résiduel, les besoins significatifs pouvant être pourvus par voie de mobilité interne associée à des transferts de compétences.

Aussi, les extrapolations qu'on est tenté de faire à partir de besoins conjoncturels n'ont pas la portée qu'on leur prête habituellement, notamment en matière d'innovation technique. Entre les besoins en formation et les ressources réellement nécessaires aux organisations pour réaliser leurs projets d'activité à plus long terme, interviennent de nombreuses médiations et pratiques locales, propres au marché interne des entreprises. En effet, les affectations de personnel résultent moins, à un moment donné, d'une recherche d'optimisation technique que de décisions d'opportunité relevant de contraintes de gestion ou de pratiques de promotion et de carrière.

Mais si les mutations technologiques ne se répercutent pas immédiatement sur les besoins en formation exprimés au niveau de la gestion des entreprises, il n'en demeure pas moins que celles-ci sont une préoccupation constante des systèmes éducatifs. En effet, dans la mesure où les politiques de formation ont des effets nécessairement différés, elles ne peuvent se fonder uniquement sur des besoins manifestes et peut-être précaires, mais surtout sur des besoins latents, aussi discrets soient-ils, dont la satisfaction peut être déterminante à long terme.

Cependant, les facteurs technologiques peuvent, dans certains cas, être dominés par les mutations intervenant dans l'environnement d'une spécialité. C'est bien ce qui se passe actuellement dans le domaine de l'énergie où les mutations en cours résultent moins de données technologiques que de contraintes de l'environnement.

On entre ici dans le domaine des « débouchés », autre notion ambiguë par laquelle on désigne les besoins en formation repérables sur le marché externe. Existe-t-il une méthode simple pour évaluer les débouchés dans une spécialité donnée ? Nous ne le pensons pas car les débouchés se structurent en fonction de l'insertion de la spécialité dans son environnement ou, en d'autres termes, de sa position sur le marché potentiel des spécialités.

Certaines spécialités, de par leur rareté, leur nouveauté et/ou le rôle accessoire ou bien spécifique qu'elles jouent dans la production, sont peu demandées et, à ce titre, n'occupent pas une position stratégique sur le marché des spécialités. Souvent bien définies et bien localisées, ces spécialités tendent à être relativement isolées dans l'entreprise. Elles n'essaient pas dans ses rouages et leurs titulaires sont absents des filières de promotion conduisant aux postes stratégiques. Leur taux de renouvellement est faible et leur capacité de développement réduite. Tel pouvait être le cas de la thermique dans les années récentes, avant que cette spécialité ait commencé à sortir de son isolement et à affirmer son identité par la création de formations spécifiques. A l'inverse, une spécialité appelée à jouer un rôle stratégique dans l'entreprise, non seulement offre des débouchés plus nombreux, mais joue un rôle différent dans le tissu d'activités des entreprises. Elle tend à sortir de sa spécificité ; en interaction avec d'autres spécialités, elle assimile de nouvelles caractéristiques : elle essaime dans les rouages de l'entreprise, entre en compétition avec d'autres formations dans les filières de promotion et peut se trouver représentée dans les postes stratégiques. La thermique pourrait dans l'avenir se trouver engagée dans une telle dynamique.

Enfin, il arrive parfois qu'une spécialité joue un rôle structurant pour l'ensemble des activités et connaisse, à ce titre, un puissant développement. C'est le cas, actuellement, des formations en informatique lesquelles, quelques années après que se soient exprimées des craintes de pléthore, s'évaporent au point que cette spécialité est en situation de pénurie sur le marché. En effet, les formations en informatique, de par leur rôle stratégique dans la transformation des méthodes de traitement de l'information et des problèmes, perdent leur spécificité et bénéficient d'une place préférentielle pour l'accès aux fonctions de gestion (3).

Aussi les prévisions fondées sur une vision arithmétique des débouchés doivent-elles être accueillies avec prudence. Il existe différents degrés d'intégration des spécialités sur le marché du travail. Le premier degré, plus facile à identifier, correspond aux spécialités qui occupent une position spécifique sur le marché du travail. Au deuxième degré, correspondent les spécialités qui, occupant une place stratégique, sont en compétition avec, et substituables à d'autres formations avec lesquelles elles se trouvent en interaction. Enfin, le troisième degré serait représenté par les spécialités qui jouent le rôle d'agent du changement et sont en position préférentielle dans la compétition entre formations.

D'autres facteurs d'environnement seraient également à considérer, notamment la position de la spécialité sur le marché international et ceci touche particulièrement les spécialités en situation de pénurie sur le marché du travail.

---

(3) Dans la série « Recherches sur les compétences professionnelles à développer dans les enseignements », on pourra consulter : « Les activités générées par le développement des systèmes informatiques de gestion », C. COSSALTER, G. DENIS - à paraître en 1981, dans la collection des Dossiers du CEREQ.

Ainsi, les évaluations à partir d'indicateurs globaux, aussi précis soient-ils, restent pauvres et peu significatives pour les responsables et les pédagogues qui ont à prendre des décisions de formation, dans la mesure où ces indicateurs n'apportent, en général, aucune information sur les conditions structurelles susceptibles d'accélérer ou au contraire d'entraver le développement des formations dans une spécialité donnée, notamment les facteurs stratégiques qui commandent sa position sur le marché du travail.

C'est pourquoi une approche centrée sur le développement des compétences professionnelles ne peut se contenter d'indicateurs de situations instantanées non replacés dans leur contexte, mais devra se fonder sur une analyse du système de travail que constituent les interventions articulées de l'ensemble des personnels qui contribuent aux activités thermiques des entreprises. Cette approche suppose une connaissance des transformations effectives du potentiel de formation investi dans un système de travail. Plus généralement, elle devra s'appuyer sur une représentation claire des mutations qualitatives qui se produisent dans la mise en œuvre des compétences professionnelles, tant au niveau du marché interne géré par les entreprises qu'au niveau du marché du travail externe lié aux aléas de l'environnement.

### III. - UNE MÉTHODE : L'ANALYSE DE SYSTÈME

S'agissant d'une spécialité encore faiblement intégrée dans les entreprises alors que des mutations dans l'utilisation des formations en thermique étaient déjà prévisibles, se posait un problème délicat du repérage des activités à composante thermique dans les entreprises. Ces activités, loin de coïncider avec les seuls emplois spécialisés de thermiciens, se répartissent dans de nombreux emplois et spécialités. En d'autres termes, les intervenants sur le système thermique sont bien plus nombreux que ne le laisserait supposer un repérage par les nomenclatures, lesquelles ne comprennent que très peu d'appellations renvoyant expressément au système thermique.

Ainsi, en réduisant une activité ou une fonction à un emploi spécifique, proche d'une spécialité enseignée, on introduit une double distorsion :

- d'abord en supposant que la spécialité est prise en charge en tant qu'activité indépendante selon une logique de formation, alors qu'en entreprise toute formation est mise en œuvre dans un réseau d'activités complémentaires selon une logique de travail, les formations concourant à des objectifs définis en dehors d'elles ;
- ensuite en négligeant la contribution de non-spécialistes à la mise en œuvre de ces objectifs, dont les activités complètent et se substituent parfois à celles des spécialistes, faute souvent de formations disponibles sur le marché du travail.

C'est pourquoi nous avons évité l'approche par la spécialité pour y substituer l'approche par le système de travail correspondant à l'ensemble des activités mises en œuvre dans les systèmes énergétiques-thermiques. Sur le plan théorique la méthode s'apparente à l'approche système (4). Elle permet de délimiter le champ des acti-

(4) Jean-Louis Lemoigne - *Théorie du système général : théorie de la modélisation*. PUF, 1977.

vités relevant de l'énergétique-thermique, d'analyser l'ensemble des interventions humaines qui s'y produisent et de construire un référentiel pour la détermination d'objectifs de formation utilisables par tous les enseignants concernés, quelle que soit la spécialité de leur enseignement.

Le schéma ci-après résume les étapes successives de l'analyse dont on présentera le déroulement en explicitant les concepts correspondant à chacune des étapes.

### **1 - Un axe de repérage trans-entreprise : l'axe de transformation du système énergétique-thermique (5).**

Dans un premier temps on délimite le champ de l'étude à l'aide d'un *axe de repérage trans-entreprise ou axe de transformation du système thermique* défini par ses différentes étapes : conception, réalisation, installation, exploitation et maintenance.

### **2 - Une unité d'observation en entreprise : le système de travail**

L'axe de transformation du système thermique permet ensuite de repérer dans chacune des entreprises de l'échantillon *le système de travail* propre à la thermique et, quelles qu'en soient les particularités, de le situer sur cet axe, étant entendu que chacun des systèmes repérés comporte au moins une des étapes définies précédemment.

### **3 - Une base d'observation : les intervenants comme supports d'intervention**

Les systèmes de travail ont pour support des emplois de spécifications variées occupés par des personnels en situation d'interaction et/ou d'interdépendance par rapport aux objectifs du système de travail. Ces personnels sont donc considérés comme *supports d'intervention* dans ce registre particulier. Les intervenants ainsi définis ont à expliciter au cours d'entretiens approfondis les modalités de leurs interventions dans le système de travail qu'ils contribuent à mettre en œuvre.

### **4 - Une population stratégique : les intervenants comme agents du processus de formation**

La population d'intervenants composée à partir de l'axe de repérage trans-entreprise est considérée ici comme population stratégique, c'est-à-dire activement concernée par le processus de formation qui conduit au développement des compétences professionnelles dans le domaine considéré. Ce processus est reconstitué à partir des cursus scolaires et professionnels des intervenants.

### **5 - Une unité d'analyse du travail : l'unité d'intervention**

A partir des descriptifs d'activité recueillis auprès des intervenants dans l'ensemble des systèmes de travail on définit ensuite une unité d'analyse du travail : *l'unité d'intervention* qui est la plus petite unité d'analyse irréductible à celles qui lui sont associées.

---

(5) Dans l'exposé, on utilisera indifféremment les expressions « système énergétique-thermique » et « système thermique ».

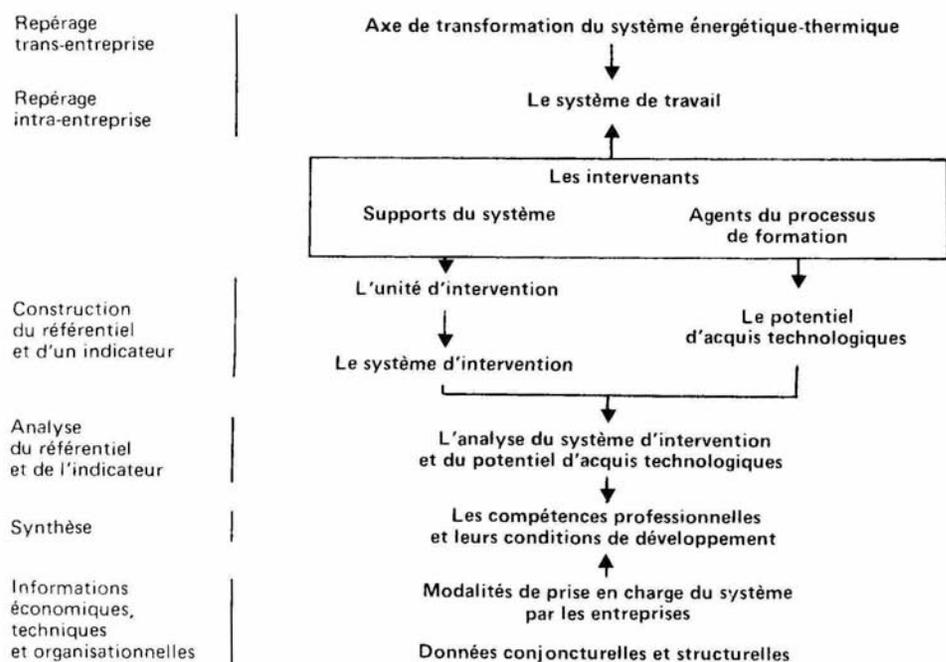
## 6 - Un référentiel construit : le système d'intervention

On est alors en mesure de construire un *système d'intervention* dont les éléments sont les unités d'intervention identifiées par l'analyse et qui en composent ainsi la structure. Le système d'intervention résume l'ensemble des activités observées dans l'échantillon et peut être considéré à ce titre comme *le référentiel du système de travail énergétique-thermique*.

## 7 - Un indicateur pour la formation : le potentiel d'acquis technologiques

Afin de saisir le processus de formation dans sa fonction de préparation au travail, on a construit un indicateur, *le potentiel d'acquis technologiques*, qui intègre des éléments des formations et du passé professionnel.

L'analyse des cursus de formation se heurte comme toujours à la multiplicité de cas particuliers. C'est pourquoi pour la construction de cet indicateur, on a privilégié la technologie qui paraît être le critère pertinent pour le formateur tout en étant repérable avec suffisamment de précision tant dans les formations initiales et complémentaires que dans les emplois passés et présents dans le domaine de la thermique.



#### IV - PRÉSENTATION DES RÉSULTATS DE L'ÉTUDE

Les résultats sont présentés en trois parties :

— La première concerne le contexte général dans lequel se posent les problèmes de formation en énergétique-thermique et fournit un bilan de situation portant d'une part, sur les données économiques et techniques relatives à l'énergie et d'autre part, sur les formations existantes dans le domaine de l'énergétique-thermique.

— La deuxième partie est consacrée à l'analyse du travail sur systèmes énergétiques thermiques. On y trouvera le système d'intervention qui résume l'ensemble des activités repérées par l'enquête réalisée dans un échantillon diversifié de trente-quatre entreprises. Il s'agit donc d'un référentiel utilisable par les enseignants pour la définition d'objectifs de formation. On trouvera également une analyse de la configuration des interventions, laquelle dégage les plages d'intervention, ainsi que les associations entre différentes « unités » ou « étapes » d'intervention. Cette partie comprend une analyse des caractéristiques technologiques des emplois actuels et introduit la notion de « *noyau technologique* » appliquée aux emplois.

— La troisième partie est consacrée à l'analyse du processus de formation des compétences professionnelles, à partir d'un indicateur synthétique qui intègre les formations et le passé professionnel des intervenants, le « *potentiel d'acquis technologique* ».

La conclusion replace les résultats partiels de l'étude dans le contexte général développé dans la première partie.

On insistera, pour terminer, sur les limites de l'étude qui traite d'un domaine actuellement dominé par les problèmes conjoncturels. Si ces problèmes sont évoqués, ils ne constituent pas pour autant l'objet de l'étude et celle-ci n'apporte ni solution, ni proposition sur ce plan. Son intérêt est de mettre en évidence les données structurelles sur lesquelles devront s'engager les politiques de formation, ces données constituant l'un des pôles de toute action prospective.

Françoise LANTIER

Première partie

## **CONTEXTE GÉNÉRAL**

## **DONNÉES ÉCONOMIQUES ET TECHNIQUES RELATIVES A L'ÉNERGIE**

Les données économiques et techniques présentées permettront de situer l'étude dans une conjoncture d'évolution rapide qui caractérise depuis sept ans les problèmes de l'énergie.

La première partie présente les grands secteurs industriels et les structures générales de consommation de l'énergie en France.

La deuxième partie rappelle les perspectives énergétiques dans les différents secteurs en fonction du développement des diverses techniques d'économie de l'énergie.

Ainsi seront dégagées les perspectives globales de l'utilisation de l'énergie à l'horizon 2000 et leurs conséquences.

\*  
\* \*

L'analyse des données économiques et techniques relatives à l'énergie a principalement pour objet d'éclairer le champ de l'étude, d'expliquer le choix de l'échantillon d'entreprises dans lesquelles les emplois de l'énergie ont été analysés et de permettre l'intégration prospective des résultats dans le cadre très fluctuant de l'évolution du génie énergétique-thermique.

Cette analyse sera précédée d'une définition du système thermique et d'une description de ses éléments constitutifs.

## 1 - DÉFINITION DU SYSTÈME THERMIQUE

Le système thermique est un ensemble d'éléments interdépendants organisé en vue de produire, d'utiliser ou d'économiser :

- de l'énergie calorifique,
- de l'énergie frigorifique,
- de l'énergie combinée chaleur-force.

On ne peut pas considérer les systèmes « *d'énergie solaire* » ou « *géothermique* » et « *nucléaire* » comme des systèmes énergétiques équivalant aux systèmes thermiques, électriques ou éventuellement mécaniques. En fait, l'énergétique peut surtout être considérée comme l'ensemble de la thermique et de l'électrotechnique. Le domaine de la thermique contient : **des systèmes mécaniques** (moteurs à combustion, turbines à gaz et à vapeur, ...) qui, en général, sont le siège d'une transformation d'énergie thermique en énergie mécanique laquelle, ultérieurement, pourra être transformée en énergie cinétique ou électrique ; **des systèmes presque intégralement thermiques** (solaire, géothermie) qui assurent la mise à disposition d'une énergie thermique qu'il a fallu capter, et **des systèmes de production d'énergie thermique** (chimie, nucléaire, électrothermie) qui, à partir d'une autre forme d'énergie dégagent de la chaleur.

Les systèmes électrotechniques concernent essentiellement la transformation d'énergie mécanique en énergie électrique (alternateurs, dynamos) et inversement (moteurs électriques).

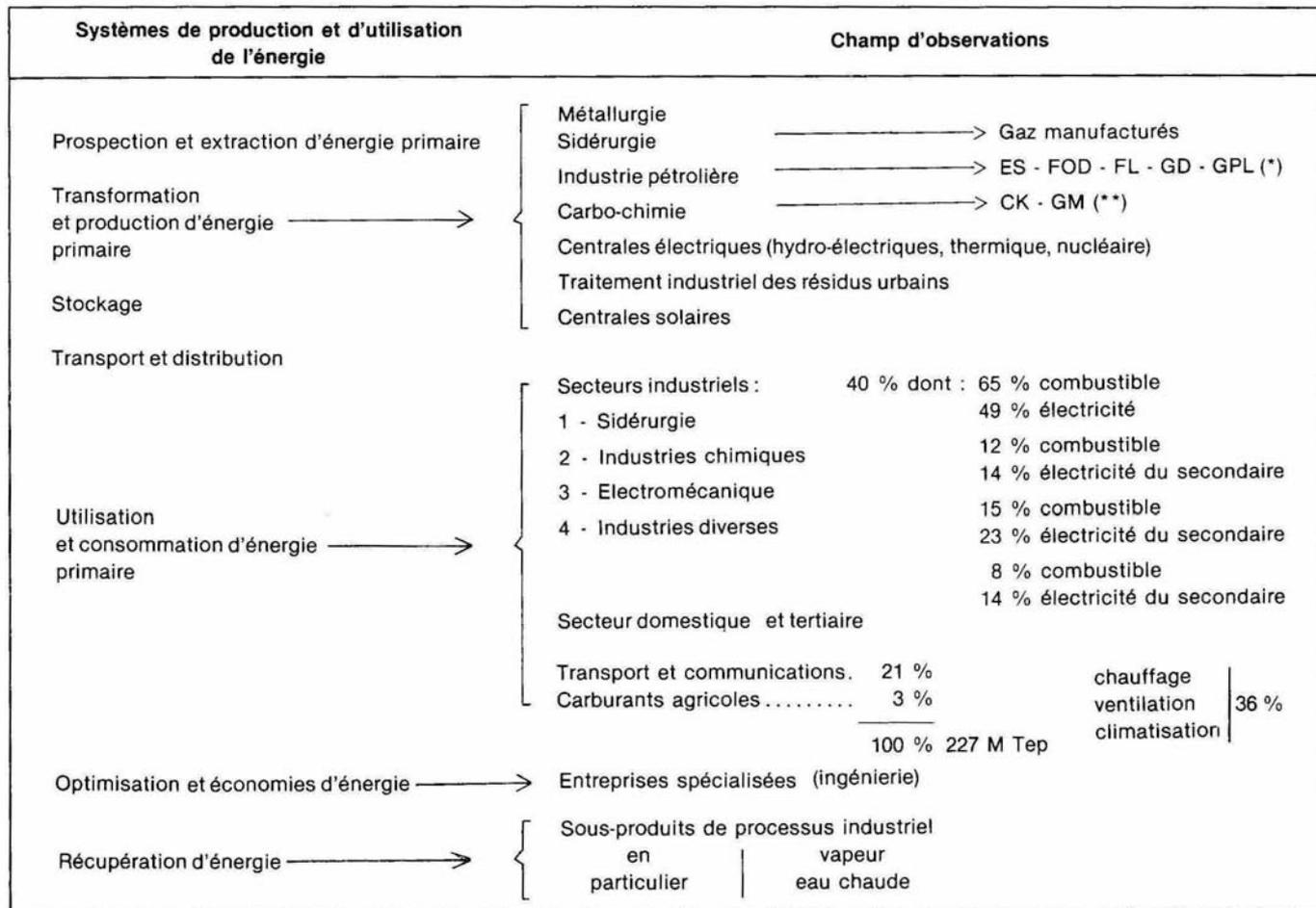
En conséquence, les systèmes de production et d'utilisation de l'énergie concernant l'étude sont les suivants :

- production d'énergie thermique,
- utilisation et consommation,
- optimisation et récupération.

Les systèmes électriques et les autres systèmes d'énergie ne feront partie de l'étude que si leurs processus comportent une phase thermique.

## 2 - SITUATION PARTICULIÈRE DU SYSTÈME THERMIQUE PAR RAPPORT A L'INNOVATION TECHNOLOGIQUE

Le développement d'un besoin de compétences pour prendre en charge le système thermique ne résulte pas d'une mutation technologique mais d'une mutation économique. Les domaines technologiques et techniques concernés par le système thermique ne sont pas vraiment nouveaux tant du point de vue de la connaissance scientifique que de celui de la maîtrise industrielle.



(\*) Essence - fuel oil domestique - fuel léger - gaz domestique - gaz de pétrole liquéfié.

(\*\*) Coke - gaz manufacturé.

En fait, les innovations technologiques (utilisation de courant à haute fréquence dans le séchage, le chauffage de pièces métalliques, nouveau procédé de fibrage du verre, ...), la création de matériels nouveaux (chauffe-eau solaires, pompes à chaleur, ...) n'ont qu'un rôle indirect dans l'apparition de questions sur les formations qui préparent et pourraient préparer à un travail sur système thermique.

C'est le développement du besoin de compétences, né du brutal et rapide accroissement du coût de l'énergie, qui rend urgent le relevé systématique (en cours) des consommations de l'énergie dans l'économie afin de réguler son utilisation. Il n'est pas issu de transformations technologiques.

Cette mutation économique fait émerger les systèmes thermiques existants. Parallèlement, les activités relatives au système se transforment, des problèmes nouveaux naissent, et la recherche de compétences appropriées se développe.

### **3 - ANALYSE SECTORIELLE DES UTILISATIONS DE L'ÉNERGIE DANS L'INDUSTRIE (STRUCTURES DE CONSOMMATION)**

#### **3.1 - Unité utilisée**

Le choix d'une unité commune pour caractériser les différents types d'énergie est essentiel si l'on veut analyser les consommations, établir des prévisions ou étudier les possibilités d'économie d'énergie. Les bilans énergétiques sont exprimés en **tonnes d'équivalent-pétrole** (tep) car il s'agit là d'une unité traditionnellement utilisée dans les comptes rendus et rapports officiels (INSEE, OCDE, CEE, etc.). D'autre part les prévisions des pouvoirs publics sont en général formulées sur la base de quantité de pétrole.

#### **3.2 - Types d'énergie**

Les différents types d'énergie utilisée peuvent être classés en trois catégories :

- *Les énergies fossiles*

- **Les combustibles solides**

Cette catégorie regroupe :

- les houilles
- les lignites

- les cokes (de gazogène ou de hauts fourneaux)
- les agglomérés
- les déchets industriels.

Dans l'industrie, les divers combustibles (houilles et cokes) ne sont pas distingués, seul le total de leur consommation est exprimé.

Dans la sidérurgie il est possible de ventiler les consommations entre :

- les fines à coke
- les cokes à gazogène
- les cokes de hauts fourneaux
- les houilles.

#### — **Les combustibles gazeux**

Ils comprennent :

- le gaz naturel
- le gaz de cokerie
- le gaz de haut fourneau
- les gaz de pétrole liquéfié
- les gaz de raffinerie.

#### — **Les combustibles liquides**

Dans le cadre de l'étude ne sont pris en compte que :

- le fuel oil domestique
- le fuel oil léger à basse teneur en soufre
- les fuel oil lourds n° 1 et n° 2
- les fuel oil lourds à basse teneur en soufre.

#### • *L'énergie électrique*

On distingue deux cadres de production d'énergie électrique d'origine thermique :

- l'électricité produite par EDF (thermique classique ou nucléaire),
- l'électricité auto-produite par différentes industries (thermique classique).

#### • *Les énergies nouvelles*

Elles sont constituées actuellement par :

- l'énergie solaire,
- l'énergie géothermique,
- les énergies de récupération (rejets thermiques industriels).

### 3.3 - Coefficients d'équivalence

Les valeurs de consommation des différents combustibles seront données en tonnes d'équivalent pétrole (tep) ou en millions de tep (Mtep). Les coefficients de conversion utilisés pour transformer en tep les unités physiques d'origine utilisées pour chaque combustible sont donnés par le tableau II.

Tableau 2

**Coefficients de conversion en tonnes d'équivalent pétrole (TEP)  
des divers combustibles**

Types de combustibles	PCI (*)	TEP spécifique
<b>Combustibles solides :</b>		
Houille .....	5 234 kwh/tonne	0,75 tep/tonne
Lignite .....	2 280 kwh/tonne	0,196 tep/tonne
Coke de haut fourneau.....	7 653 kwh/tonne	0,658 tep/tonne
Coke de gazogène .....	7 653 kwh/tonne	0,658 tep/tonne
Aggloméré.....	7 990 kwh/tonne	0,687 tep/tonne
<b>Combustibles gazeux :</b>		
Gaz naturel.....	10,2 kwh/m <sup>3</sup>	0,877 tep/1 000 m <sup>3</sup>
Gaz de ville.....	5,48 kwh/m <sup>3</sup>	0,471 tep/1 000 m <sup>3</sup>
Gaz de cockerie .....	4,87 kwh/m <sup>3</sup>	0,419 tep/1 000 m <sup>3</sup>
Gaz de haut fourneau.....	0,97 kwh/m <sup>3</sup>	0,0834 tep/1 000 m <sup>3</sup>
Gaz de raffinerie .....	4,65 kwh/m <sup>3</sup>	0,400 tep/1 000 m <sup>3</sup>
Gaz de pétrole liquéfié :		
propane.....	25,42 kwh/m <sup>3</sup>	2,186 tep/1 000 m <sup>3</sup>
butane .....	33,23 kwh/m <sup>3</sup>	2,857 tep/1 000 m <sup>3</sup>
<b>Combustibles liquides :</b>		
Fuel oil domestique.....	11 980 kwh/tonne	1,03 tep/tonne
Fuel oil léger BTS .....	11 630 kwh/tonne	1 tep/tonne
Fuel lourd n° 1 .....	11 510 kwh-tonne	0,99 tep/tonne
Fuel lourd n° 2 .....	11 280 kwh/tonne	0,97 tep/tonne
Rappel .....	10 000 kwh	≈ 0,86 tep/tonne

(\*) Pouvoir calorifique inférieur.

### 3.4 - Structure des consommations

Depuis 1973, la première phase de la crise d'énergie a affecté lourdement les structures économiques de tous les pays importateurs dont la France.

Parallèlement aux efforts fournis pour développer des énergies de substitution, la conjoncture a imposé la réduction impérative des consommations d'énergie.

Il en est résulté, de la part des pouvoirs publics, une série de mesures réglementaires et d'incitations dont le but a été d'optimiser les utilisations d'énergie.

Un certain nombre d'organismes officiels et différents groupes de travail ont été institués en vue de cette optimisation ; ce sont principalement :

- le Comité Consultatif pour l'Utilisation de l'Énergie,
- le Comité National Interprofessionnel pour les Économies d'Énergie,
- l'Agence pour les Économies d'Énergie,
- la Caisse Nationale de l'Énergie.

Ces organismes et comités ont pour rôle d'étudier les affaires soumises à leur examen par le gouvernement et d'élaborer les projets de textes législatifs ou réglementaires tendant à réaliser des économies d'énergie. Actuellement, la première phase de la crise énergétique déclenchée en 1973 semble terminée. Depuis la crise Iranienne une deuxième phase commence, caractérisée par trois faits économiques importants :

- **la diminution de la production mondiale de pétrole brut** et les difficultés d'approvisionnement qui en résultent ;
- **les augmentations successives du prix du pétrole brut** qui atteignait 700 F la tonne fin 1979 ;
- **la flambée des consommations** de pétrole brut qui semble effacer les quelques économies réalisées avant 1979.

Le tableau 3 indiquant globalement les bilans énergétiques des consommations entre 1973 et 1976 donne une idée de l'évolution des structures de consommation par secteur d'utilisation. Il apparaît que les trois secteurs gros consommateurs d'énergie primaire sont, par ordre d'importance :

- le **secteur industriel**, avec près de 35 % de l'énergie primaire utilisée en France ;
- le **secteur résidentiel** et tertiaire, avec 33 % ;
- les **transports**, qui dépassent actuellement 20 %.

#### • *Secteur industriel*

Sur le plan national, les plus gros consommateurs d'énergie du secteur industriel sont les suivants :

- **la sidérurgie et les industries transformatrices des métaux** qui lui sont associées, avec plus de 30 % du total ;

Tableau 3

## Bilans énergétiques corrigés en fonction des conditions climatiques moyennes annuelles

	1973		1974		1975		1976		Variation moyenne		Vari- ation annuelle
	M Tep	%	de 1963 à 1973	de 1973 à 1976	de 1975 à 1976						
<b>Secteurs utilisateurs</b>											
Industrie .....	59,5	34,1	62,9	35,8	55,2	33,6	58,2	33,4	+ 4,0	- 0,7	+ 5,4
Résidentiel et tertiaire .....	57,1	32,6	56,7	32,3	54,0	32,9	56,8	32,6	+ 7,5	- 0,2	+ 5,2
Agriculture .....	2,8	1,7	2,9	1,7	2,7	1,6	2,9	1,7	+ 5,9	+ 1,2	+ 7,4
Transport .....	31,8	18,2	30,9	17,6	31,4	19,2	33,6	19,3	+ 7,2	+ 1,8	+ 7,0
Secteur énergétique et perte ..	23,4	13,4	22,1	12,6	20,9	12,7	22,7	13,0			
Total .....	174,7	100	175,6	100	164,3	100	174,2	100			
<b>Energie</b>											
Pétrole .....	116,3	66,5	112,4	64,0	101,7	61,9	109,4	62,8	+ 12,5	- 2,0	+ 7,6
— carburant .....	15,8		15,2		16,0		16,9		+ 8,5	+ 2,3	+ 5,6
— gas oil .....	6,6		6,8		6,9		7,6		+ 10,7	+ 4,8	+ 10,1
dont :											
— fuel domestique .....	35,9		33,8		29,8		30,6		+ 15,9	- 5,2	+ 2,7
— fuel lourd .....	34,4		34,7		28,7		32,7		+ 15,0	- 1,7	+ 13,9
Charbon .....	30,5	17,5	31,6	18,0	27,5	16,9	31,6	18,1	- 4,2	+ 1,2	+ 14,9
Gaz .....	14,9	8,6	16,0	9,1	17,5	10,5	18,8	10,8	+ 10,7	+ 8,1	+ 7,4
Electricité primaire .....	13,0	7,4	15,6	8,9	17,7	10,7	14,4	8,3	+ 5,9	+ 3,5	- 18,6
Energies nouvelles .....	—	—	—	—	—	—	p.m.	p.m.			
Total .....	174,7	100	175,6	100	164,4	100	174,2	100			

En 1976, les conditions climatiques ont été, en moyenne, très proches de la normale en ce qui concerne la température pendant la saison de chauffage : elles se caractérisent par un coefficient de rigueur climatique de 0,99 alors que 1975 avait été également normal (coefficient de rigueur 1,01), que 1974 avait été doux (coefficient de rigueur 0,92) et 1973, froid (coefficient de rigueur 1,07).

Source : Agence pour les économies d'énergie.

- **la chimie et l'électrochimie**, 15 % du total environ ;
- **les industries mécaniques**, 12 % du total.

Les graphiques 1 et 2 montrent l'évolution de la consommation de combustibles et d'électricité par branche d'activité entre 1970 et 1976.

A titre d'exemple, le tableau 4 donne, pour chaque type de combustible, la part d'énergie revenant au chauffage des locaux industriels et celle que l'on peut attribuer aux utilisations industrielles (fabrications, moteurs, transformation des matières premières, etc.). En ce qui concerne l'électricité, la part de l'éclairage est groupée avec l'alimentation des moteurs et se distingue de celle attribuée aux usages électro-thermiques. Ces chiffres, basés sur des données de 1973, peuvent être considérés comme stables compte tenu de l'inertie des structures industrielles. Il est important de mentionner aussi que les résultats de sondages ont montré que l'industrie française utilise environ 52 % des combustibles sous chaudière pour produire de la vapeur haute pression ou de l'eau à haute température, les 48 % restant sont utilisés directement.

**L'utilisation directe** prédomine dans les secteurs suivants :

- métallurgie (93 %)
- électrométallurgie (70 %)
- première transformation (71 %)
- liants hydrauliques (97 %)
- matériaux de construction (86 %)
- industrie du verre (96 %).

**L'utilisation sous chaudière** se rencontre principalement dans :

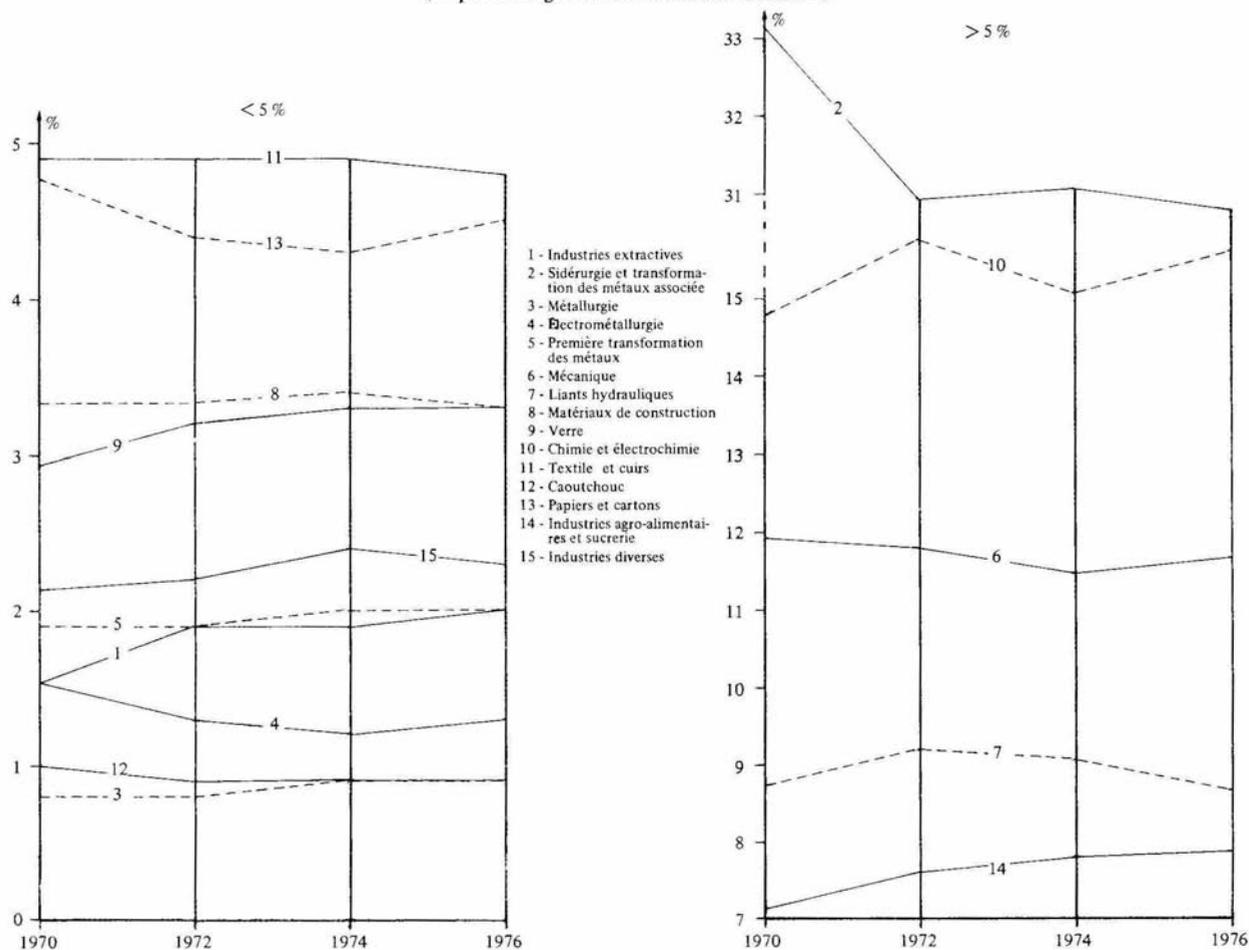
- l'industrie textile et cuirs (96 %)
- l'industrie du caoutchouc (98 %)
- l'industrie des papiers-cartons (96 %)
- l'industrie agricole et alimentaire (87 %).

• *Secteurs résidentiel, tertiaire et commerciaux*

Ces secteurs consomment presque autant d'énergie que le secteur industriel (plus de 33 %). C'est un ensemble assez homogène et les consommations d'énergie y ont essentiellement pour but le chauffage des locaux. C'est la raison pour laquelle les contraintes réglementaires ont été les plus sévères pour limiter les consommations et c'est évidemment dans ces domaines que les économies d'énergie ont le mieux réussi.

Limitation des températures des locaux, renforcement de l'isolation thermique des bâtiments, contingentement des livraisons de combustibles, ces mesures réglementaires ont contribué efficacement à réduire les consommations de 5 à 10 % depuis 1973.

Graphique 1  
Evolution de la consommation de combustibles par branche d'activité  
(en pourcentage de la consommation nationale)



Graphique 2

Evolution de la consommation d'électricité par branche d'activité  
(en pourcentage de la consommation nationale)

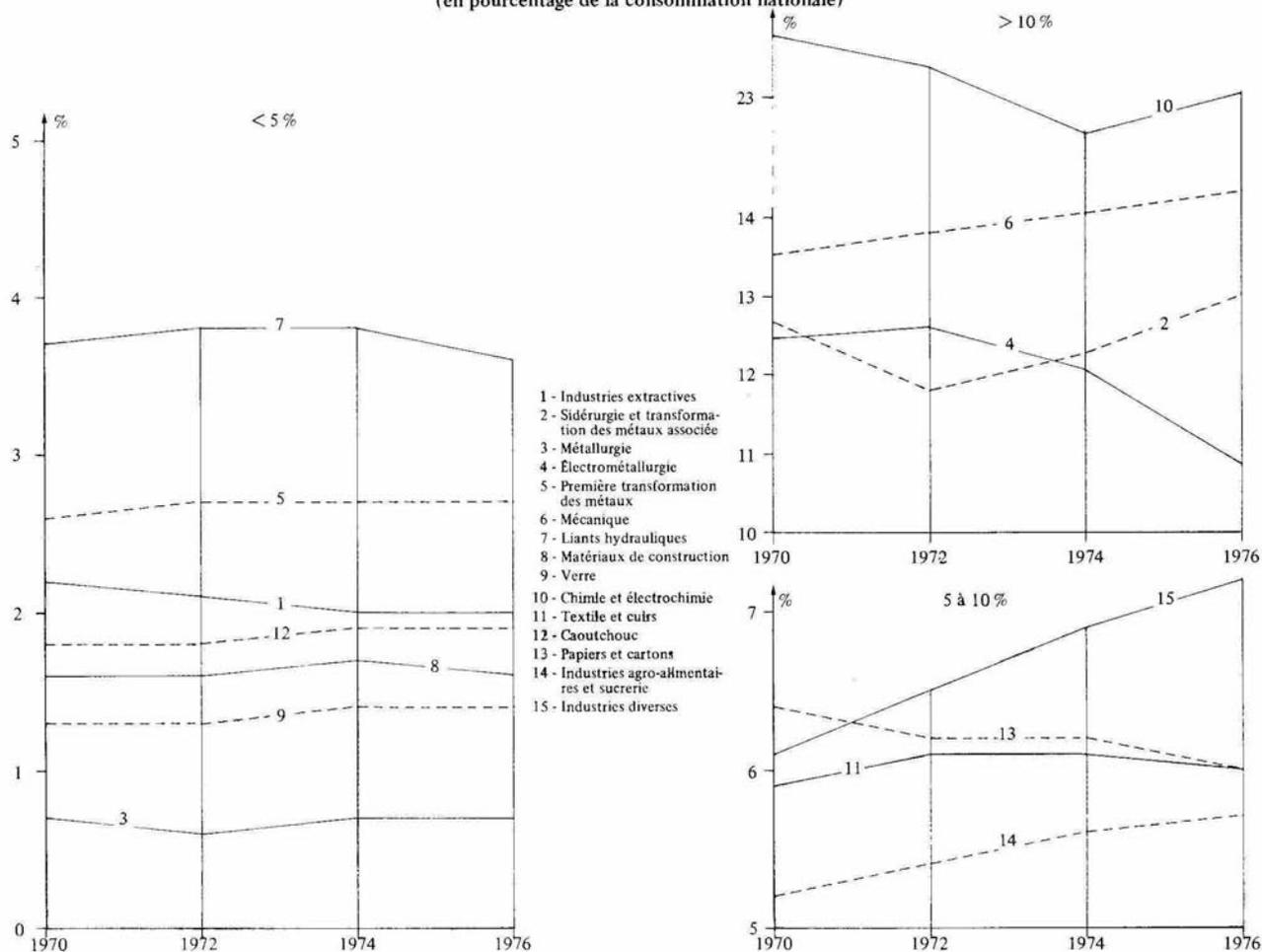


Tableau 4

**Consommations de combustibles et d'électricité dans l'industrie française (données 1973)**  
Ventilation en pourcentage par utilisation de l'énergie (INSEE)

Branches d'activité	Combustibles solides		Combustibles gazeux		Gaz liquéfiés		Fuel lourd		Fuel léger		Fuel domestique		Tous combustibles		Electricité	
	Chauf. locaux	Autres usages	Chauf. locaux	Autres usages	Chauf. locaux	Autres usages	Chauf. locaux	Autres usages	Chauf. locaux	Autres usages	Chauf. locaux	Autres usages	Chauf. locaux	Autres usages	Eclairage Ent.-Méc.	Autres usages
Industries extractives ...	3,0	97,0	0,3	99,7	22,5	77,5	0,9	99,1	34,8	65,2	35,4	64,6	5,4	94,6	96,2	3,8
Métallurgie .....	0,8	99,2	2,5	97,5	—	100,0	6,8	93,2	4,6	95,4	18,5	81,5	2,9	97,1	36,6	60,4
Electrométallurgie .....	—	100,0	1,5	98,5	0,2	99,8	—	100,0	2,3	97,7	40,7	59,3	1,0	99,0	3,6	96,4
Première transformation métaux .....	44,9	55,1	8,5	91,5	3,2	96,8	9,7	90,3	14,8	85,2	63,9	36,1	21,9	78,1	62,1	37,9
Mécanique .....	17,4	82,6	8,3	91,7	4,3	95,7	55,1	44,9	41,4	58,6	71,5	28,5	44,6	55,4	64,3	35,7
Liants hydrauliques ....	0,3	99,7	0,3	99,7	5,1	94,9	—	100,0	35,6	64,4	16,5	83,5	0,7	99,3	98,5	1,5
Matériaux de construction .....	9,1	90,9	4,0	96,0	2,4	97,6	2,2	97,8	7,8	92,2	25,0	75,0	3,7	96,3	78,6	21,4
Verre .....	65,2	34,8	3,3	96,7	0,4	99,6	1,5	98,5	11,7	88,3	43,9	56,1	3,9	96,1	66,5	33,5
Chimie + électrochimie	3,6	96,4	0,7	99,3	0,6	99,4	7,6	92,4	8,1	91,9	33,1	66,9	5,2	94,8	64,2	35,8
Textile - cuirs .....	19,7	80,3	17,7	82,3	4,1	95,9	17,3	82,7	41,8	58,2	55,5	44,5	22,2	77,8	95,1	4,9
Caoutchouc .....	20,9	70,1	20,2	79,8	1,1	98,9	28,4	71,6	31,4	68,6	53,0	47,0	31,8	68,2	93,0	7,0
Papiers-cartons .....	5,3	94,7	1,1	98,9	10,6	89,4	6,8	93,2	23,2	76,8	59,2	40,8	7,2	92,8	97,8	2,2
Industrie agro-alimentaire + sucrerie .....	4,0	96,0	4,5	95,5	4,6	95,4	3,9	96,1	9,7	90,3	28,5	71,5	13,8	86,2	96,5	3,5
Industries diverses .....	37,5	62,5	6,5	93,5	9,4	90,6	20,9	79,1	37,4	62,6	68,0	32,0	35,1	64,9	85,8	14,2
Toutes activités } T .....	7,8	92,2	2,9	97,1	3,0	97,0	9,3	90,7	25,6	74,4	56,5	43,5	12,2	87,8	64,3	35,7
} Str. ...	5,58	94,42	2,43	97,57	0,23	99,77	23,68	76,32	7,78	92,22	60,30	39,70	100,00			

Source : Comité scientifique et technique de l'industrie du chauffage et de la climatisation (COSTIC) et INSEE.

Le tableau 5 montre les variations de consommation d'énergie entre 1974 et 1976, pour chaque type de combustible.

**Tableau 5**  
**Structure des consommations de combustibles**  
**des secteurs résidentiel, tertiaire et commercial**  
**(en M tep)**

Secteurs Types de combustibles	Résidentiel			Tertiaire			Usages Commerciaux		
	1974	1975	1976	1974	1975	1976	1974	1975	1976
Combustibles solides...	5,72	4,65	4,39	—	—	—	—	—	—
Combustibles liquides...	29,17	27,75	28,14	—	—	0,03	—	—	0,15
Gaz.....	3,69	3,72	4,19	—	—	—	2,08	2,45	2,87
Electricité.....	2,85	3,29	3,72	0,21	0,21	0,22	2,52	2,73	3,01
Total annuel.....	41,33	39,41	40,44	0,21	0,21	0,25	4,60	5,18	6,02

Source : OCDE, extraits des Statistiques de consommation des pays membres.

• *Secteur transport*

Les consommations d'énergie du secteur transport représentent plus de 20 % de la consommation totale d'énergie en France.

**Tableau 6**  
**Structure des consommations de combustibles dans le secteur transports**  
**(en M tep)**

Types de combustibles	1974	1975	1976
Combustibles solides.....	0,06	0,05	0,04
Combustibles liquides.....	26,34	27,20	29,23
Combustibles gazeux.....	0,01	0,01	0,01
Electricité.....	0,55	0,53	0,56
Total.....	26,96	27,79	29,84

Source : OCDE, Extraits des Statistiques de consommation des pays membres.

## 4 - PERSPECTIVES ÉNERGÉTIQUES

Le Conseil Économique et Social a clos, le 28 février 1979, ses travaux par un vote en assemblée plénière en faveur d'un avis relatif aux « *perspectives énergétiques en 1980 et les évolutions à plus long terme à l'horizon 1985 et 1990* ».

Un copieux rapport était en même temps présenté à l'Assemblée dans lequel étaient notamment exposées les perspectives énergétiques de la France.

Ce rapport concluait pour les prévisions de consommation et économies d'énergie dans l'industrie : « ... *le programme actuel d'économies d'énergie à moyen terme ne paraît pas intégralement réalisable malgré des efforts importants et louables. Dans l'état actuel du dispositif, il semble qu'on ne puisse pas raisonnablement espérer des économies d'énergie supérieures à 25 Mtep (au lieu de 60) en 1990. Heureusement les pouvoirs publics ont commencé à mettre en place un dispositif nouveau* »...

Depuis février 1979, la politique énergétique française semble s'orienter vers deux objectifs essentiels :

- réduction des consommations d'énergie,
- renforcement du programme nucléaire.

### 4.1 - Réduction des consommations d'énergie

En 1978, la consommation d'énergie a augmenté au point que les économies réalisées ces dernières années ont presque disparu. De 1977 à 1978, la consommation de produits pétroliers est passée de près de 100 millions de tonnes à plus de 105 millions de tonnes (plus de 5 % d'augmentation). Aussi les Pouvoirs publics se sont-ils préoccupés de voir la France « piétiner » en matière d'économie d'énergie et l'Agence pour les Économies d'Énergie a reçu pour mission prioritaire de promouvoir les investissements nécessaires (près de 20 milliards à investir d'ici à 1985) pour diminuer les consommations d'énergie dans l'industrie. Il s'agit donc actuellement, quelle que soit l'énergie utilisée, d'encourager les investissements permettant de ne pas dépasser les quotas de consommation fixés par les Pouvoirs publics pour 1985.

Sous quelle forme ces investissements vont-ils être encouragés ou même imposés ? Il est difficile de répondre à cette question aujourd'hui, mais il est certain que si une « *action réglementaire d'envergure* » n'est pas décidée par les Pouvoirs publics, il sera impossible d'atteindre ces objectifs de consommation d'énergie. Les augmentations successives du prix de l'énergie ne seront malheureusement pas suffisantes pour entraîner rapidement dans l'industrie les investissements nécessaires.

### 4.2 - Renforcement du programme nucléaire

Dans le souci de limiter les importations de combustibles bruts et d'atteindre une certaine indépendance énergétique, le gouvernement va renforcer le programme

nucléaire. Le tableau 7 indique le calendrier des mises en service des centrales nucléaires françaises et les puissances qui seront produites (centrales à eau pressurisée PWR).

**Tableau 7**

**Programme nucléaire français jusqu'en 1985**

Date probable de mise en service	Centrales	Puissance
1980	Tricastin 1 Gravelines 1 Dampierre 1 Tricastin 2 Gravelines 2 Dampierre 2 Tricastin 3 Gravelines 3	900 MW 900 MW 900 MW 900 MW 900 MW 900 MW 900 MW 900 MW
1981	Dampierre 3 Tricastin 4 St-Laurent B 1 Le Blayais 1 Gravelines 4	900 MW 900 MW 900 MW 900 MW 900 MW
1982	Dampierre 4 St-Laurent B 2 Le Blayais 2 Chinon B 1 Chinon B 2	900 MW 900 MW 900 MW 900 MW 900 MW
1983	Le Blayais 3 Le Blayais 4 Cruas 1	900 MW 900 MW 900 MW
1984	Paluel 1, 2 et 3 Superphénix Cruas 2, 3	1300 MW chacune 1 300 MW 900 MW chacune
1985	Cruas 4 Flamanville 1 St-Maurice-l'Exil 1 Cattenom 1	900 MW 1 300 MW 1 300 MW 1 300 MW

Ce programme aura des conséquences importantes pour les industries à moyen terme.

Si, dans les deux ou trois prochaines années, les « livraisons » risquent d'être limitées ou même contingentées dans l'industrie au point de provoquer une certaine pénurie d'électricité, la situation peut se renverser totalement à partir de 1984 : la puissance de production d'électricité aura alors pratiquement doublé en six ans, si le programme de construction des centrales se déroule comme prévu.

## LE DISPOSITIF ACTUEL DE FORMATION EN GÉNIE ÉNERGÉTIQUE-THERMIQUE

### 1 - LES FORMATIONS INITIALES

Ce paragraphe présente un inventaire, par niveau, des principales formations spécifiques au génie énergétique-thermique sanctionnées par un diplôme officiel ou par un titre homologué (1).

#### 1.1 - Formations de niveaux I et II

- *Formation d'ingénieur ou de docteur-ingénieur*

Le système de formation des ingénieurs se distingue en France du système universitaire. Le diplôme d'ingénieur est traditionnellement délivré par les écoles d'ingénieurs. Les élèves diplômés peuvent poursuivre leurs études pour obtenir, dans le cadre de l'Université, un doctorat d'ingénieur et un doctorat d'État dans la spécialité thermique ou énergétique.

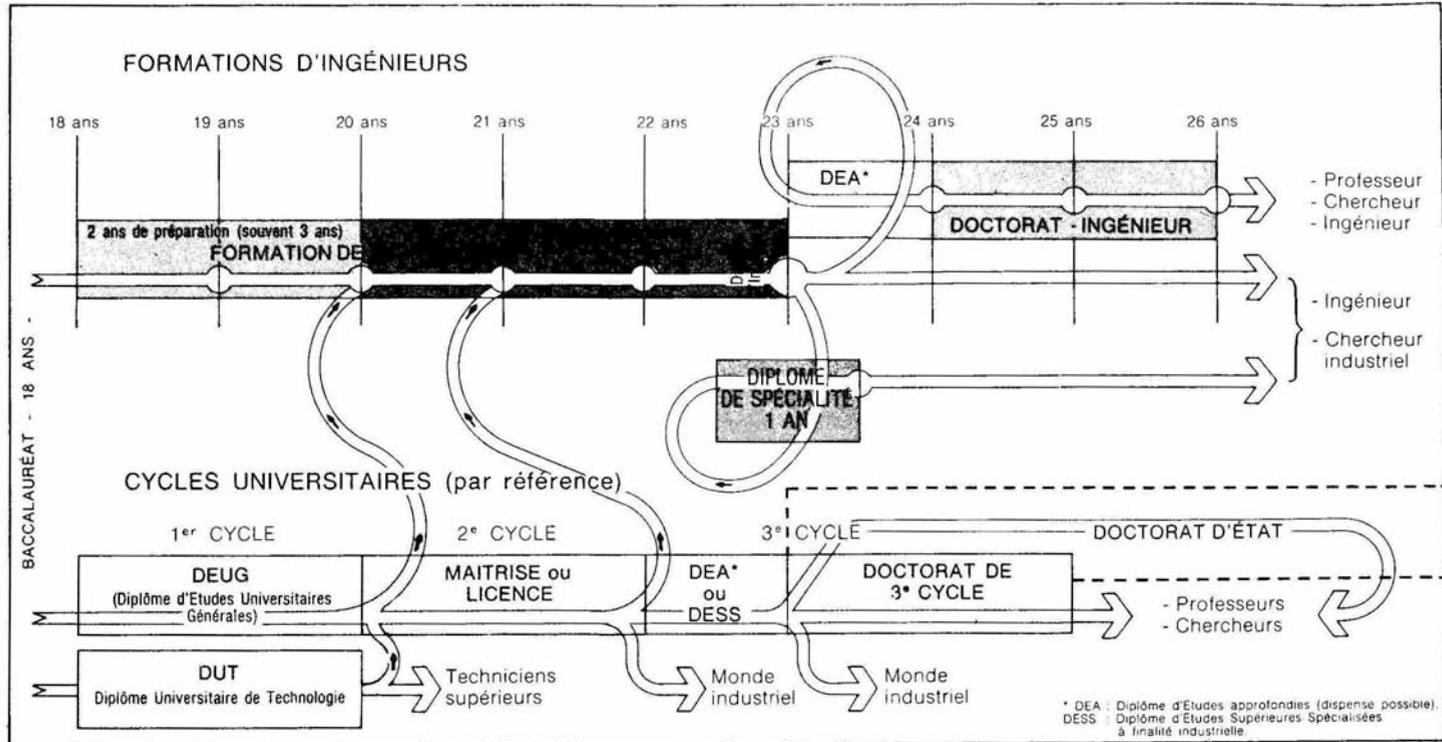
Cependant des études d'ingénieur sont organisées dans l'enseignement universitaire dans deux filières différentes :

- les Écoles Nationales Supérieures d'Ingénieurs (ENSI), regroupées ou non en Instituts Nationaux Polytechniques (INP) ;
- quelques UER de Sciences et Techniques (Clermont, Lille, Montpellier).

Le schéma ci-après montre la liaison entre les formations d'ingénieurs et le cycle universitaire.

---

(1) Cf. annexe III.

**Notes :**

Il n'y a aucune correspondance simple entre les diplômes d'ingénieurs et les diplômes universitaires, sauf pour les cycles correspondant au doctorat (le doctorat de 3<sup>e</sup> cycle d'université ou le doctorat-ingénieur).

Les ingénieurs peuvent aussi présenter un doctorat d'Etat.

Source : Revue *Industries mécaniques* du 1<sup>er</sup> mars 1979.

Dans la formation des « ingénieurs-écoles » et celle des « ingénieurs-universitaires », la véritable spécialisation énergétique-thermique n'intervient généralement qu'en dernière année d'école (spécialité ou option) ou en fin de cycle d'études (DEA ou doctorat), à l'exception de la spécialisation Génie Énergétique de l'INSA qui dure trois ans.

Les tableaux 8 et 9 donnent une liste des principales formations d'ingénieurs en génie énergétique-thermique.

**Tableau 8**

**Ecoles publiques d'ingénieurs sous tutelle du Ministère des Universités**

Ecoles	Département ou option	Durée de la spécialisation	Nombre de diplômés en 1979
Ecole Centrale des Arts et Manufactures (Chatenay Malabry)	• énergétique option thermique et nucléaire	1 an	52
Ecole nationale supérieure d'Arts et Métiers (Paris)	• énergétique	1 an	120
Institut national des Sciences Appliquées (Lyon)	• génie énergétique	3 ans	50
Institut national des Sciences Appliquées (Toulouse)	• équipement technique du bâtiment	2 ans	12
Ecole nationale supérieure des Arts et Industries (Strasbourg)	• génie thermique et climatique	1 an	20
Ecole nationale supérieure d'électricité et de mécanique (Nancy)	• mécanique et énergétique	1 an	23
Ecole nationale supérieure de la métallurgie et de l'industrie des mines (Nancy)	• énergétique	1 an	20
Ecole nationale supérieure d'électrotechnique, d'électronique, d'informatique et d'hydraulique (Toulouse)	• énergétique (1)	1 an environ	6-15 (2)
Ecole nationale supérieure de mécanique et aérotechnique (Poitiers)	• aérodynamique • thermique • énergétique	} 1 an 1/2	70
Ecole nationale supérieure d'hydraulique (Grenoble)	• Hydraulique		35
Université de technologie (Compiègne)	• thermique et énergétique (1)	1 an environ	10

(1) Il n'existe pas d'option à proprement parler mais des enseignements proposés aux étudiants relevant des domaines cités.

(2) Une définition restrictive de l'énergétique donne six diplômés, une définition plus large quinze diplômés.

Tableau 9

Ecoles publiques d'ingénieurs dépendant d'autres ministères

Ecoles	Ministère	Option	Durée de la spécialisation	Nombre de diplômés en 1979
Ecole nationale supérieure des Mines de Paris	Industrie	Industries de transformation de l'énergie	2 ans	10
Ecole nationale des Techniques Industrielles et des Mines (Douai)	Industrie	Machine Energie Génie thermique et climatique	2 ans	10
Ecole nationale des Techniques Industrielles et des Mines (Alès)		Génie civil et construction	1 an	14
Ecole nationale des Sciences et Techniques nucléaires (Saclay)	Industrie	Génie atomique	1 an	45
Ecole nationale des Sciences et Techniques nucléaires (Cadarache)	Industrie	Génie atomique	1 an	15
Ecole nationale des Sciences et Techniques nucléaires (Grenoble)	Industrie	Génie atomique	1 an	17
Ecole Polytechnique (Paris) (1)	Défense			

(1) Il n'y a pas d'option énergétique-thermique. On considère cependant que l'Ecole Polytechnique couvre ce domaine.

En plus de ces écoles publiques d'ingénieurs, un certain nombre d'écoles privées donnent à leurs élèves non pas une spécialisation spécifique en énergétique-thermique, mais une solide formation de base dans le domaine énergétique, qui permet à ces étudiants de s'adapter rapidement aux emplois de génie thermique. Bien que privées, ces écoles sont sous la tutelle du Ministère des Universités. Les formations ne comportant pas de spécialisation thermique, les flux de sortie ne sont pas donnés. Il s'agit des écoles suivantes :

- l'Ecole Spéciale des travaux publics du bâtiment et de l'industrie (Paris),
- l'Ecole Supérieure de mécanique et d'électricité (Paris),
- l'Ecole Supérieure des ingénieurs (Marseille),
- l'Institut Catholique d'Arts et Métiers (Lille),
- l'Institut de chimie et physique industrielle (Lyon),
- l'Ecole Polytechnique féminine (Paris).

• Formations de maîtrise et DEA \*

Un certain nombre d'universités préparent leurs étudiants à une maîtrise de Sciences et Techniques ou à un DEA orienté vers la thermique ou l'énergétique. Il s'agit d'une formation générale et théorique ayant un caractère technologique.

La liste des universités et des diplômes délivrés est donnée ci-dessous.

Tableau 10

Universités délivrant les DEA \* et maîtrises à caractère énergétique-thermique

Universités	Diplôme préparé	Spécialité	Nombre de diplômés en 1977
Paris VI.....	DEA	• Mécanique des fluides option aérodynamique et thermique	} 14
	DEA	• Energie et dynamique moléculaire	
Aix-Marseille I....	DEA	• Energétique	} 12
		• Echanges thermiques	
		• Thermodynamique	
Grenoble I.....	DEA	• Mécanique des fluides	15
		• Thermodynamique	4
		• Energétique	10
Pau .....	DEA et maîtrise	• Thermodynamique	6
Nantes .....	DEA et maîtrise	• Energétique	5
Perpignan.....	DEA et maîtrise	• Energie solaire	10
Poitiers.....	DEA	• Energie solaire	4
		• Ecoulement et transfert	10
		• Thermodynamique	10
Rouen .....	DEA et maîtrise	• Energie solaire	—
Toulouse .....	Maîtrise	• Physique appliquée à l'habitat	9
Lyon .....	DEA	• Conversion des énergies	5

\* DEA : Diplôme d'études approfondies.

## 1.2 - Formations de niveau III

- *Les diplômes universitaires de technologie (DUT)*

Actuellement un seul département des IUT dispense une formation spécialisée dans le domaine énergétique-thermique : le département génie thermique. Le département génie civil de l'IUT de Toulouse a créé une option « Equipement technique du bâtiment », dont le programme se différencie du programme général par une étude particulière des phénomènes thermiques et énergétiques dans la construction.

En 1979, cent-soixante-dix-neuf DUT génie thermique ont été délivrés, se répartissant comme suit :

Tableau 11

### Etablissements préparant au DUT Génie Thermique

IUT	Nombre de diplômés			
	1974 *	1976 *	1977 *	1979
Grenoble.....	51	63	63	69
Lorient.....	—	—	11	26
Poitiers.....	15	32	34	34
Ville d'Avray.....	48	52	52	50

\* Années prises comme référence pour donner un aperçu des variations des flux de sortie avant 1979.

- *Les Brevets de Techniciens Supérieurs*

Les lycées techniques d'Etat, qui dépendent du Ministère de l'Education, préparent actuellement des techniciens supérieurs dans les spécialités :

- Installations thermiques et climatisation,
- Froid et climatisation.

**Tableau 12**

**Lycées préparant aux BTS « Energétique-Thermique »**

Lycées techniques d'État	Spécialité-diplôme	Nombre de diplômés (*)		
		1972	1975	1978
« Maximilien Perret » Vincennes	BTS Installations thermiques et climatisation	36	32	38
« Baggio » Lille				
« Maximilien Perret » Vincennes	BTS Installations sanitaires	11	12	10
« Raspail » Paris	BTS Froid et climatisation	51	81	57
« Jean Mermoz » Montpellier				
« La Chauvinière » Nantes Douai				
« La Martinière » Lyon	BTS moteurs à combustion interne	32	35	31
	BTS Traitement thermique et métallographie	103	78	98

(\*) Années prises comme référence pour donner un aperçu des variations des flux de sortie.

### 1.3 - Formations de niveaux IV et V

Les tableaux ci-après donnent les principales formations de niveaux IV et V dispensées par le Ministère de l'Éducation dans le domaine de la thermique. Ils ne font état que des formations où la thermique intervient de façon explicite. Les formations concernant les spécialités technologiques « annexes » à la thermique (électrotechnique, électronique, mécanique, etc.) n'ont donc pas été retenues.



**Suite du tableau 13**

Intitulé du diplôme	Nombre de diplômés		
	1972	1975	1978
BEP Conducteur d'appareils industriels .....	407	408	558
BEP Installations sanitaires et thermiques .....	60	215	473
BEP Monteur dépanneur froid et climatisation .....	—	97	215

**1.4 - Conclusions**

Un récapitulatif du nombre de formés par niveau peut paraître intéressant. Cependant, les formations citées précédemment ne peuvent dans tous les cas, être considérées comme spécifiques à la thermique, certaines incluant la thermique parmi d'autres technologies, d'ailleurs à des degrés divers.

En particulier, il est impossible de considérer l'ensemble des formations des niveaux I et II comme préparant spécifiquement à occuper un travail à dominante thermique.

La même remarque peut être faite pour les formations de niveaux IV et V.

Par contre les formations de niveau III (DUT et BTS) sont bien spécifiques à la thermique et les flux de formés sont de cent-soixante-dix-neuf DUT en 1979, et deux-cent-quarante-cinq BTS en 1978.

On peut penser que ces personnels chercheront un emploi dans ce domaine ; qu'en est-il réellement et qu'advient-il des autres diplômés ?

Le suivi des jeunes sortis de l'appareil de formation initiale devrait permettre de connaître le devenir professionnel de l'ensemble des formés.

Un tel suivi est devenu possible grâce à un dispositif général d'étude du devenir des formés de toutes spécialités et de tous niveaux : l'Observatoire national des entrées dans la vie active mis en place par le CEREQ (2).

(2) L'Observatoire national des entrées dans la vie active est une réalisation interministérielle confiée au Centre d'études et de recherches sur les qualifications. Cf. Notes d'information n° 32, mars 1976 - n° 41, mai 1977 - n° 53, mai 1979 - n° 60, mai 1980.

Mais, compte tenu des taux de sondage et des regroupements de spécialités de formation, de diplômes, d'emplois et de secteurs d'activité opérés pour les nécessités des enquêtes de l'Observatoire, il est impossible de repérer toutes les formations présentées précédemment. Cependant, on trouvera dans l'Observatoire une présentation détaillée des entrées dans la vie active des titulaires du DUT et des BTS (3).

## 2 - LES FORMATIONS COMPLÉMENTAIRES

La formation complémentaire est entendue, ici, comme action de soutien, de perfectionnement ou de recyclage de l'activité professionnelle. Ces actions peuvent être ou non sanctionnées par une attestation ou un titre homologué.

La formation complémentaire est dispensée selon trois modalités :

— **par l'entreprise elle-même ou par des organismes corporatifs spécialisés.** Cette formation est caractérisée :

- soit par une formation ponctuelle sur un sujet déterminé,
- soit par une formation générale promotionnelle ;

— **par les constructeurs de matériels thermiques** dans le but de faire connaître leurs appareils et leurs procédés ;

— **par des organismes spécialisés** dans la formation continue.

Ces organismes offrent une formation générale scientifique et technique dans le domaine thermique et énergétique.

### 2.1 - Formation complémentaire dispensée par l'entreprise ou par les organismes corporatifs spécialisés

L'organisation de ces formations varie avec la taille de l'entreprise.

---

(3) Cf. Les Cahiers et les Tableaux de l'Observatoire national des entrées dans la vie active — Sont parus à ce jour dans la collection des Cahiers :

- Cahier n° 1 - Les Universités scientifiques (octobre 1978).
- Cahier n° 2 - Les CAP (décembre 1978).
- Cahier n° 3 - Formation et accès à l'emploi des étudiants issus des écoles d'ingénieurs (novembre 1979).
- Cahier n° 4 - Accès à l'emploi à l'issue des sections de techniciens supérieurs.

Dans la collection des Tableaux :

- Vol. 1 - Formations techniques supérieures courtes (DUT-BTS-BTSA) (sorties 1975).
- Vol. 2 - CAP-BEP (sorties 1975).
- Vol. 3 - Universités scientifiques (sorties 1975).
- Vol. 4 - IUT-STC (sorties 1976).
- Vol. 5 - Universités littéraires (sorties 1976).
- Vol. 6 - Formation générale de 1<sup>er</sup> cycle ou de formation professionnelle courte (sorties 1976).
- Vol. 7 - Accès à l'emploi des étudiants à la sortie des Universités de Droit et de Sciences économiques (juin 1980).

Ces publications sont en vente à la Documentation Française.

- *Dans les grandes entreprises*

Elle est organisée sous forme de cours informatifs ou promotionnels ayant lieu tout au long de l'année **de façon permanente**.

Ainsi EDF et GDF ont créé, à l'usage de leurs employés, des centres permanents de formation continue qui dispensent, en plus d'un enseignement général de base, des cours de spécialisation spécifiquement destinés à la formation professionnelle de leurs thermiciens. Certains de ces cours aboutissent à un diplôme homologué (CAP électromécanicien d'entretien des centrales thermiques, BT agent technique d'exploitation ou d'entretien des centrales thermiques, etc.).

- *Dans les petites et moyennes entreprises*

Elle est menée sous forme d'**actions de formation ponctuelles** et généralement de courte durée (séminaires, conférences, colloques, etc.).

Les cours sont donnés principalement par les cadres de l'entreprise sur des sujets spécialisés et spécifiques de thermique et énergétique particuliers à l'entreprise.

Des intervenants extérieurs peuvent aussi être consultés sur des sujets plus généraux allant de la connaissance de matériels thermiques, de systèmes énergétiques particuliers aux cours accélérés de langue.

- *Dans les organismes corporatifs*

Ils représentent la plupart des entreprises d'une même spécificité (mécanique, bâtiment, chimie, etc.). La formation est organisée sous forme de **stages** de durée plus ou moins longue (un jour à plusieurs semaines) créés par des **comités scientifiques et techniques**.

Ces stages ont essentiellement pour but la formation professionnelle des employés des entreprises adhérentes.

On peut citer, par exemple, les stages organisés par le COSTIC (Chambre Syndicale des Installateurs en Génie Climatique), par le CETIAT (Chambre Syndicale des Constructeurs de matériel Aéronautique et Thermique), par l'École de liquéfaction (Industries Chimiques), par l'Institut Français du Pétrole (pétrochimie), l'Institut du Froid, etc.

## **2.2 - Formation complémentaire dispensée par les constructeurs de matériel thermique**

Cette formation est menée par les constructeurs de matériel, dans le but de mieux faire connaître aux personnels intervenant sur les systèmes thermiques les caractéristiques et les possibilités d'utilisation de leurs matériels.

Des stages spécialisés permettent ainsi d'initier les utilisateurs éventuels, au choix, à la conduite et au dépannage d'appareils d'une marque donnée.

Citons par exemple quelques stages organisés par des constructeurs :

- Générateurs, fours, brûleurs : BABCOK, HEURTEY, SICMA.
- Matériel de climatisation : CARRIER, CIAT, TECHNIBEL.
- Régulation, automatisme : BAILEY, MECI, ADFP, THOMSON, TELESYSTEM, LANDIS ET GYR.
- Instruments de mesure : SCHLUMBERGER, OTIC, FISHER, MERLIN-GÉRIN.
- Matériels hydrauliques : MASONEILAN, VICKERS.
- Électronique : RADIO TECHNIQUE.
- Matériel frigorifique : MATAL, YORK.
- Acoustique : BERTIN.

### 2.3 - Formation complémentaire dispensée par des organismes spécialisés

Des organismes spécialisés dans la formation continue proposent aux entreprises des sessions de formation scientifique et technique dans le domaine de la thermique et de l'énergétique.

Ces organismes dispensent soit **une formation scientifique générale de base** pouvant s'appliquer à toutes les spécialités de la thermique (aéroulque, hydraulique, thermodynamique, etc.), soit **une formation technique générale** sur les divers aspects des systèmes thermiques (systèmes de production de froid, systèmes thermiques, procédés de climatisation, acoustique, séchage, dépoussiérage, etc.).

Ils se classent en deux grandes catégories :

- les organismes dépendant de certains ministères (Université, Éducation, Travail, etc.),
- les organismes privés.

#### • *Organismes sous tutelle de certains ministères*

Parallèlement à leurs fonctions d'éducation et de formation initiale, certains établissements publics ont créé des centres de formation continue agréés qui dispensent des cours ou des stages à l'usage des personnels intervenant sur les systèmes thermiques.

Le tableau 14 donne un aperçu des organismes publics dispensant des formations complémentaires en énergétique-thermique. Dans ce tableau ne sont pas mentionnés les établissements scolaires ou universitaires qui ont créé, parallèlement à leurs formations initiales, des cours ou des stages de formation continue dans leur spécialité. La liste de ces établissements a été donnée dans le paragraphe précédent.

**Tableau 14**

**Principaux organismes publics dispensant des formations complémentaires  
« énergétique-thermique »**

Organisme	Ministère de tutelle	Spécialité
AFPA	Travail	Equipement du bâtiment Froid - chauffage
CAST	Université (INSA Lyon)	Energie - fluide - chaleur Vide - mesures physiques Isolation - acoustique
CESA	Industrie, Commerce, Artisanat	Gestion
CNAM	Université	Thermique - thermodynamique Moteurs thermiques
CNTE	Education	Formation générale et technique de base
CUFA	Université	Formation générale
CUCES	Université (Nancy)	Génie thermique
CUFED	Université (Poitiers)	Climatisation - chauffage Isolation
CSTB	Equipement	Thermique du bâtiment Acoustique - Isolation
DCAN	Défense	Acoustique - vibrations
IAE	Université	Gestion
IFFI	Université	Froid industriel
INSTN (Saclay)	Industrie, Commerce, Artisanat	Génie nucléaire

• *Organismes privés*

Le tableau ci-après donne la liste des principaux organismes privés qui assurent une formation complémentaire dans le domaine énergétique et thermique sous forme de stages ou de sessions.

Ces formations sont tout aussi bien des actualisations des connaissances scientifiques de base que des approfondissements des connaissances spécifiques du système thermique.

**Tableau 15**

**Principaux organismes privés dispensant des formations complémentaires  
« énergétique-thermique »**

Organisme	Formation	Niveau
APAVE	Sécurité des installations thermiques. Réglementation de la production de l'énergie.	Ingénieur Technicien
IFE	Systèmes thermiques Pompes à chaleur - Climatisation Utilisation des combustibles Conduite et contrôle des centrales thermiques Conduite et contrôle des générateurs et brûleurs Conduite des générateurs	Ingénieur Technicien  Agent de maîtrise  Ouvrier d'entretien
ICG Institut National Polytechnique de Formation continue	Gestion Conduite des fours	Agent de maîtrise Agent de maîtrise Ouvrier d'entretien
IRA (Institut de Régulation appliquée)	Régulation - Automatismes	Ingénieur Technicien
Institut de Soudure	Soudure	Ouvrier qualifié
SFT (Société Française des Thermiciens)	Thermique Combustion Isolation	Ingénieur

**2.4 - Conclusion**

Cette présentation, sans recherche d'exhaustivité des actions de formation, montre la diversité des thèmes et des cadres de la formation, mais il ne paraît pas y avoir d'orientation prépondérante. Il est fort probable que, dans un avenir proche, se dégageront des axes privilégiés de développement de la formation complémentaire. Certains s'esquissent déjà : économies d'énergie, méthodes et calculs de bilans énergétiques, analyse de la valeur, mesures, ...

Deuxième partie

## **LE TRAVAIL SUR SYSTÈME THERMIQUE**

## PRÉSENTATION MÉTHODOLOGIQUE

### 1. - RAPPEL DES PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES DE LA MÉTHODE

Les fondements de la méthode mise au point lors de l'étude des interventions des personnels techniques sur systèmes asservis, et développée et enrichie par l'étude présente, ont été exposés en introduction. Seul un bref rappel en sera donc fait ici.

#### 1.1 - L'analyse de système

Le travail sur système thermique concerne, à l'heure actuelle, des emplois d'une grande diversité d'appellations qui renvoient rarement au système thermique désigné comme tel. De plus, ce travail est mêlé à d'autres activités dans bien des emplois. **Une approche par les emplois est ainsi largement inadéquate**, ce qui a conduit à privilégier une approche par le système de travail.

#### 1.2 - L'axe de transformation du système thermique

Les systèmes thermiques sont repérables dans de multiples secteurs d'activité. Leurs caractéristiques particulières sont très variées. Il est nécessaire de s'en affranchir pour l'étude du travail sur système thermique. Ceci a été obtenu en caractérisant ce système par rapport à son axe de transformation dont les étapes de transformation sont : la **conception**, la **réalisation**, l'**installation**, l'**exploitation** et la **maintenance**.

### **1.3 - Les intervenants comme support d'intervention**

L'intérêt ne porte pas principalement sur les emplois occupés par les personnels techniques intervenant sur le système thermique mais sur la partie de leurs activités qui concerne ce système. En ce sens, les personnels techniques intervenant en interdépendance avec d'autres sur les étapes de transformation repérées dans une entreprise donnée sont considérés comme des supports d'intervention dans le système de travail existant.

### **1.4 - Le système d'intervention, les unités d'intervention**

Les activités des intervenants sur le système thermique s'organisent autour de son axe de transformation. Ainsi se constitue le système d'intervention dont les éléments sont les unités d'intervention identifiées par l'analyse des descriptifs d'activité.

Le système d'intervention est considéré comme le référentiel du système de travail énergétique-thermique.

### **1.5 - Le potentiel d'acquis technologiques**

Les formations initiales et complémentaires et l'expérience professionnelle des intervenants sont considérées comme le processus d'acquisition des compétences professionnelles qui permettent d'intervenir sur le système thermique et constituent ainsi le potentiel d'acquis technologiques.

## **2 - LE DISPOSITIF PRATIQUE D'ENQUÊTE**

### **2.1 - L'échantillon des entreprises**

Trente-quatre établissements industriels ont été choisis en prenant soin de diversifier les observations en fonction des paramètres retenus pour définir le champ de l'étude (1). Le tableau 16 donne les secteurs d'activité d'appartenance des établissements enquêtés.

---

(1) Cf. Première Partie, chapitre I.

Tableau 16

Activités des Établissements dans lesquels ont été effectuées les observations

Secteur NAP	Activités principales de l'établissement	Nombre d'établis. enquêtés
5. Production de pétrole et de gaz naturel	Raffinage de pétrole brut .....	2
6. Production et distribution d'électricité	Production d'électricité .....	1
	Ingénierie de centrale électrique .....	1
10. Sidérurgie	Production de fonte et d'acier .....	1
16. Industrie du verre	Fabrication de fibre de verre .....	1
	Siège social .....	1
	Production de verre d'emballage .....	1
	Production de fibres et parois isolantes .....	1
17. Industrie chimique	Fabrication de produits chimiques .....	1
	Ingénierie et construction d'usines de liquéfaction de gaz .....	1
24. Production de biens d'équipement	Conception, fabrication, installation de matériel frigorifique .....	2
	Conception, fabrication et installation d'échangeurs .....	1
	Conception et fabrication d'échangeurs .....	1
	Essais et mise au point de matériel thermique .....	1
	Conception et fabrication de matériel de climatisation .....	2
	Ingénierie et fabrication de systèmes de captage et de transformation de l'énergie solaire .....	1
	Ingénierie et construction de chaudières .....	1
	Conception et construction de brûleurs industriels .....	1
	Ingénierie et construction de fours industriels .....	1
	31. Construction de matériel auto.	Conception et fabrication de moteurs à combustion interne et de matériel automobile .....
48. Industrie mécanique du bois	Fabrication de panneaux de particules et de contreplaqué .....	1
50. Industrie du papier et du carton	Fabrication de pâte à papier et de carton .....	1
55. Industrie de mise en œuvre du bâtiment et du génie civil et agricole	Installation de matériel de chauffage et de climatisation .....	2
	Exploitation et entretien des chaufferies .....	1
	Essai et mise au point de matériel thermique .....	1

**Tableau 16 (suite)**

Secteur NAP	Activités principales de l'établissement	Nombre d'établis enquêtés
77. Activités d'études de conseil et d'assistance	Ingénierie (maîtrise des fluides) . . . . .	1
	Ingénierie et installation de système de génie climatique . . . . .	1
87. Services divers	Incinération des ordures et résidus urbains . . . . .	1
93. Recherche	Études de fonctionnement de réacteurs nucléaires	2
	Total des établissements enquêtés. . . . .	34

Certaines industries ne sont pas incluses dans l'échantillon (industries alimentaires, cimenteries, textile, ...) bien qu'elles comprennent des systèmes thermiques. Il est apparu en effet, à l'époque de l'enquête (1977-1979), que les systèmes thermiques significatifs du point de vue de leur incidence sur les contenus d'activité, concernaient presque exclusivement les emplois assurant la production d'énergie (surtout vapeur) et non pas les emplois de fabrication. Le domaine de la production d'énergie étant observé dans d'autres industries, il n'était pas nécessaire d'inclure ce type d'industries de transformation dans l'échantillon.

## 2.2 - L'échantillon des intervenants

Le choix des personnels techniques interrogés a été progressivement ajusté lors du déroulement du programme d'enquêtes afin de couvrir tous les cas de figure jusqu'à saturation du champ d'observation.

Par saturation, on entend la couverture qualitative du champ d'observation. Lorsqu'on estime qu'une observation supplémentaire n'apporterait que très peu d'informations nouvelles, le champ des interventions sur le système thermique peut être considéré comme saturé.

Le tableau 17 donne la répartition socio-professionnelle des personnels techniques interrogés (2).

(2) Cette répartition est commentée au début du chapitre I de la Troisième partie.

Tableau 17

Répartition des emplois, supports d'observation

Secteur NAP	Activités principales des établissements	Emplois observés			
		Cadres	Techniciens Dess.-AM	Ouvriers	Total
5. Production de pétrole et de gaz naturel	Raffinage du pétrole brut ..	2	1		3
6. Production et distribution d'électricité	Production d'électricité ...	4	4	2	10
	Ingénierie de centrale électrique .....	1			1
10. Sidérurgie	Production de fonte et d'acier .....		5		5
16. Industrie du verre	Fabrication de fibre de verre	4	4		8
	Siège social .....	3			3
	Production de verre d'emballage .....	2	2		4
	Production de fibres et parois isolantes .....	2	5		7
17. Industrie chimique	Fabrication de produits chimiques .....	3	3		6
	Ingénierie et construction d'usines de liquéfaction de gaz .....	5	2		7
24. Production de biens d'équipement	Conception, fabrication, installation de matières frigorigères .....	8	3		11
	Conception, fabrication d'échangeurs .....	5	2		7
	Essais et mise au point de matériel thermique.....	3	4		7
	Conception et fabrication de matériel de climatisation .....	5	5	1	11
	Ingénierie et fabrication de système de captage et de transformation de l'énergie solaire .....	1			1

Tableau 17 (suite)

Secteur NAP	Activités principales de l'établissement	Emplois observés			
		Cadres	Techniciens Dess.-AM	Ouvriers	Total
31. Construction de matériel automobile	Ingénierie et construction de chaudières .....	2	4		6
	Conception et fabrication de brûleurs industriels ....	3	1		4
	Ingénierie et construction de fours industriels .....	6	1		7
48. Industrie mécanique du bois	Conception et fabrication de moteurs à combustion interne et de matériel automobile .....	10	8		18
50. Industrie du papier et du carton	Fabrication de panneaux de particules et de contre-plaqué .....		1	1	2
55. Industrie de mise en œuvre du bâtiment et du génie civil et agricole	Fabrication de pâte à papier et de carton .....	1	2	1	4
77. Activités d'études de conseil et d'assistance	Installation de matériel de chauffage et de climatisation .....	5	5	1	11
	Exploitation et entretien des chaufferies .....	1	1	2	4
	Essai et mise au point de matériel thermique .....	1	2		3
87. Services divers	Ingénierie (maîtrise des fluides) .....	2	2		4
	Ingénierie et installation de systèmes de génie climatique .....	4	2		6
93. Recherche	Incinération des ordures et résidus urbains .....	1	2		3
	Études de fonctionnement de réacteurs nucléaires....	12			12
	TOTAL .....	96	71	8	175
	Pourcentage .....	54,8	40,6	4,6	100 %

### **2.3 - Les techniques d'entretien**

Dans chacune des entreprises de l'échantillon deux séries d'entretien ont été réalisées.

La première constituée d'entretiens libres avec des responsables de différents services (direction, personnel, formation, ...) était centrée sur la connaissance générale de l'entreprise, sa situation par rapport aux différentes étapes de la production et/ou de l'utilisation de l'énergie primaire, les différents systèmes thermiques existant, les recrutements, les actions de formation, les répercussions du renchérissement du coût de l'énergie...

La deuxième, consistant en entretiens semi-directifs avec les personnels techniques intervenant sur le système thermique retenu, portait principalement sur leurs activités se rapportant au système thermique, ainsi que sur leurs biographies professionnelles et leurs formations.

### **2.4 - Les techniques d'exploitation**

L'exploitation des données et leur mise en forme pour les analyses qui suivent, s'appuient, en grande partie, sur des techniques qualitatives complétées par un traitement informatique. Ce traitement concerne d'une part, les caractéristiques des intervenants et, d'autre part, les unités d'intervention et leurs associations. La construction du système d'intervention et celle du potentiel d'acquis technologiques ont été réalisées avec les techniques d'analyse de contenu appropriées.

## LE SYSTÈME D'INTERVENTION

Le système d'interventions dont les éléments sont les unités d'intervention identifiées par l'analyse, résume l'ensemble des activités observées dans l'échantillon et peut être considéré, à ce titre, **comme le référentiel du système de travail énergétique-thermique.**

### 1 - CONSTRUCTION DES UNITÉS D'INTERVENTION

Chacune des unités d'intervention appartient au système d'intervention qui représente le travail sur le système thermique : l'origine et les principes de cette représentation du travail ont été développés dans l'introduction.

**Le système thermique, modèle conceptuel** permettant l'étude et la comparaison d'emplois très disparates à première vue et éparpillés dans de nombreux secteurs d'activité, ne se confond pas avec les **systèmes thermiques particuliers** observés correspondant à telle ou telle unité de production ou tel équipement...

C'est-à-dire que **chaque** système thermique, **base concrète d'observation**, ne doit pas être confondu avec **le** système thermique, **base théorique de définition** des unités d'intervention.

En conséquence :

- a) Toutes les unités d'intervention ne sont pas nécessairement repérables à un moment donné, dans chacun des systèmes thermiques rencontrés.
- b) Les opérations décrites dans chaque unité ne sont pas nécessairement observées dans chaque situation de travail repérée sur cette unité d'intervention.

c) chacune des unités d'intervention est présentée selon le même plan :

- Formulation des principales contributions de l'unité d'intervention au développement du système thermique en relation avec l'axe de transformation du système (conception - réalisation - exploitation - maintenance). La rédaction de cette partie est nécessairement faite en termes assez peu « techniques » et assez peu « thermiques » puisque l'axe de transformation spécifie d'autres systèmes socio-techniques (1).
- Description des différents aspects thermiques des opérations sur le système thermique sans les séparer de leurs autres composantes (technologiques, relationnelles et organisationnelles). Pour ce faire, l'utilisation d'exemples concrets est systématisée.
- Caractérisation des personnels impliqués plutôt dans tel ou tel groupe d'opérations (niveau hiérarchique, formation, appellation, ...) et des formes d'organisation observées (service, activité de l'entreprise, ...).
- Indication des unités d'intervention associées à l'unité décrite dans les emplois de thermiciens et éventuellement dans certaines formes d'organisation.

Ainsi, il apparaît clairement que la description d'une unité d'intervention ne s'assimile pas à celle d'un emploi spécifique à un système thermique particulier.

## 2 - LES UNITÉS D'INTERVENTION DU SYSTÈME THERMIQUE

Chacune des étapes de transformation du système thermique se décompose en unités d'intervention énumérées dans la liste suivante. Cette liste précède leur analyse détaillée, à l'exception toutefois de l'étape réalisation qui n'a pas été développée. En effet, les intervenants dans la réalisation ou la fabrication proprement dite des matériels et équipements thermiques n'ont pas été retenus dans l'échantillonnage, le contenu de leur travail n'ayant que de très rares et épisodiques liens avec le domaine de la thermique, même largement défini.

---

(1) Cf. **Le travail sur systèmes asservis**, Document CEREQ-AFPA, janvier 1976 et **Les activités générées par le développement des systèmes informatiques de gestion**, Documents CEREQ, juin et décembre 1979.

**Liste des unités d'intervention composant  
les étapes de transformation du système thermique**

**Conception :**

- C.1 - *Étude des phénomènes thermiques dans des perspectives industrielles.*
- C.2 - *Transposition des besoins nouveaux et des impératifs économiques en applications industrielles.*
- C.3 - *Définition des caractéristiques générales du système.*
- C.4 - *Calculs de l'installation en avant-projet, choix des équipements, prix et financement.*
- C.5 - *Études d'exécution.*

**Réalisation :**

- R.1 - *Étude de réalisation : ordonnancement - lancement - planning - méthodes.*
- R.2 - *Fabrication d'appareils ou d'éléments de système thermique.*
- R.3 - *Contrôles techniques et financiers.*

**Installation :**

- I.1 - *Organisation générale.*
- I.2 - *Préparation des chantiers.*
- I.3 - *Montage et suivi de chantier.*
- I.4 - *Préparation des essais et mesures.*
- I.5 - *Mise en condition de fonctionnement.*
- I.6 - *Mise en route, mesures et essais.*
- I.7 - *Bilans techniques et analyses critiques du fonctionnement des appareils et des équipements.*
- I.8 - *Constitution des dossiers - Bilans et évaluations financiers - Réception.*

**Exploitation :**

- E.1 - *Organisation - Contrats - Consignes.*
- E.2 - *Conduite des installations.*
- E.3 - *Bilans - Améliorations.*

**Maintenance :**

- M.1 - *Mise au point des procédures - Gestion des matériels.*
- M.2 - *Analyse des symptômes - Diagnostic.*
- M.3 - *Dépannage et entretien préventif.*
- M.4 - *Conclusions techniques et financières.*

## ETUDE DES PHÉNOMÈNES THERMIQUES DANS DES PERSPECTIVES INDUSTRIELLES

- Définir les domaines de connaissances relatives à un phénomène donné.
- Déterminer les sujets d'étude nécessaires à leur approfondissement.
- Organiser les travaux et leur contrôle scientifique.

### *I. - DÉFINITION DES PROGRAMMES DE RECHERCHE*

Les travaux effectués découlent d'un programme ou d'un thème de recherche fixé, en général, pour une période de quelques années. Les sujets de recherche sont, pour la plupart, **issus soit d'un besoin commercial, soit de la volonté de la direction générale de développer ou de créer de nouvelles activités, soit d'un problème théorique posé par l'exploitation, soit de la suggestion d'un chercheur, soit encore d'un organisme d'État** (DRET, DGRST)\*.

*A titre d'exemple de la diversité des sujets, citons :*

- *les caractéristiques mécaniques et thermiques des matériaux de construction (en particulier les phénomènes de transfert de chaleur à l'intérieur des isolants) ;*
- *le milieu endothermique de l'atmosphère d'un four ;*
- *les flux thermiques autour des moteurs à combustion interne.*

**Les grandes lignes de recherche sont transformées en programmes précis** et décomposées en axes de recherche, par des personnels ayant des responsabilités scientifiques et hiérarchiques bien établies. Pour faire ce travail, ils **s'appuient**, comme ceux qui auront la charge d'un des thèmes définis, **sur les premiers résultats des travaux déjà engagés**, sur des **recherches bibliographiques** en différentes langues, sur des **résultats de rencontres scientifiques** (séminaires, colloques, congrès) ou de **visites de laboratoire**, et sur **les travaux d'autres centres de recherche** en France ou à l'étranger.

---

\* DRET : Direction des recherches, études et techniques d'armement.

DGRST : Délégation générale à la recherche scientifique et technique.

## II. - DÉFINITION DES PROGRAMMES DE TRAVAIL

Les programmes de travail sont **élaborés à la suite d'une réflexion qui passe par la définition des connaissances à acquérir et de leurs enchaînements, par la détermination des grands principes physiques mis en cause, par la recherche d'éventuels modèles mathématiques et par la déduction des travaux à effectuer en laboratoire d'essais.**

*Connaître par exemple, le processus de déshydratation, dans la perspective du séchage par air chaud d'un produit fibreux, suppose de travailler à partir des principes thermodynamiques du transfert de masse, de la physique des corps poreux et de tenir compte de la technologie des matériels nécessaires (étuves surtout).*

La durée des travaux pour chaque axe de recherche est apprécié afin de **calculer l'investissement en personnel** (qualifications, formations), **en volume d'activité, en matériel** (documentation, instruments de mesure...).

Puis, selon l'ampleur des travaux et l'importance des investissements, **des choix sont faits** à des niveaux hiérarchiques différents mais relatifs aux directions générales, techniques et financières.

**Les travaux à effectuer sont attribués aux équipes ou services en fonction des personnels disponibles et des possibilités de sous-traitance** (laboratoires d'universités ou privés).

Lorsqu'il y a contrat d'études, **sa définition scientifique et financière** est du ressort du responsable de la recherche.

Les tâches dévolues à chacun sont, à partir de ce moment, du domaine des unités C.2 et I.4, I.5, I.6, I.7 (1).

**Les programmes de travail** ne sont pas immuables, ils **sont corrigés**, par ceux-là même qui les ont primitivement fixés. Il s'agit pour eux :

- **d'harmoniser les travaux par rapport aux objectifs** de la recherche particulière et de l'ensemble du programme de recherche en faisant régulièrement le point sur les études en cours, soit par des réunions avec les équipes, soit au vu de leurs rapports intermédiaires ;
- **de donner éventuellement des indications pour corriger un infléchissement ;**
- **de suggérer un approfondissement ou une voie nouvelle ;**
- **d'apporter une aide à la compréhension ou à la théorisation.**

Enfin des réunions d'information, de synthèse, d'examen des raisons des retards, d'études des résultats..., ont lieu entre les diverses parties prenantes du programme de recherche.

De brefs comptes rendus, à diffusion plus ou moins restreinte, ponctuent le déroulement des travaux. La charge en incombe, selon les pratiques d'entreprise, au directeur des recherches ou au responsable de telle et telle étude ou groupe d'étude.

---

(1) C.2 - Transposition des phénomènes thermiques dans des perspectives industrielles, recherche appliquée.  
I.4 - Préparation des essais et mesures.  
I.5 - Mise en condition de fonctionnement.  
I.6 - Mise en route, mesures et essais.  
I.7 - Bilans techniques et analyses critiques du fonctionnement des appareils et des équipements.

### *III. - ASSOCIATIONS AVEC D'AUTRES UNITÉS D'INTERVENTION*

L'étude des phénomènes thermiques dans la perspective industrielle fait partie du domaine de compétence de personnels ayant un solide bagage scientifique et occupant des emplois de niveaux hiérarchiques élevés, comportant des responsabilités de direction d'équipe et de gestion de service.

Cette unité d'intervention est souvent associée, au sein d'un même contenu de travail, à l'unité suivante « transposition des besoins nouveaux et des impératifs économiques en applications industrielles » ainsi qu'à deux unités de l'étape installation « la préparation des essais et mesures » (I.4) et « les bilans techniques et analyses critiques du fonctionnement des appareils et des équipements » (I.7). Ces associations ne surprennent pas, elles traduisent une cohérence du travail et, à la limite, le regroupement d'activités se situant sur le même plan dans l'intervention de certains thermiciens sur le système thermique.

## Conception 2

### TRANSPOSITION DES BESOINS NOUVEAUX ET DES IMPÉRATIFS ÉCONOMIQUES EN APPLICATIONS INDUSTRIELLES

- Formuler les hypothèses de base à partir desquelles seront élaborées les applications industrielles.
- Les traduire ensuite en objectifs à atteindre, en paramètres à contrôler, en points à travailler dans un procédé, en dispositifs techniques, en matériaux à mettre en œuvre et en estimations financières.

*Ce travail se fait en tenant compte des conditions probables d'exploitation et des contraintes de la fabrication future.*

#### I. - TRANSFORMATION DU RÉSULTAT DE TRAVAUX DE RECHERCHE EN APPLICATION NOUVELLE

Les travaux de recherche conduits en C. 1 et retenus pour être développés donnent lieu à :

- **une étude énergétique et financière** des éventuelles applications industrielles (bilan de valeur, bilan d'énergie, investissement, coût d'exploitation, ...);
- **une appréciation des caractéristiques principales d'un équipement ou d'une unité de production**;
- **la mise au point en laboratoire d'un procédé nouveau.**

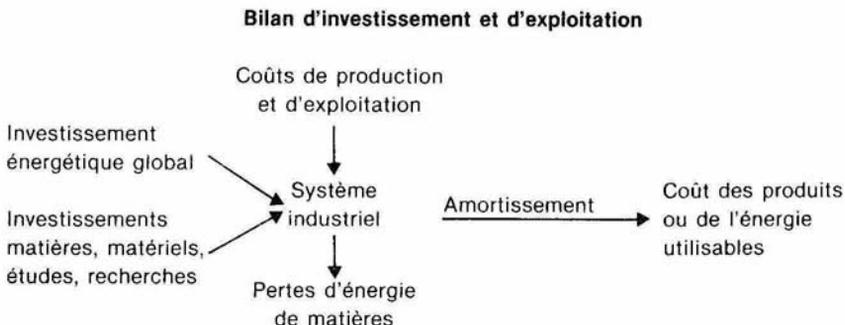
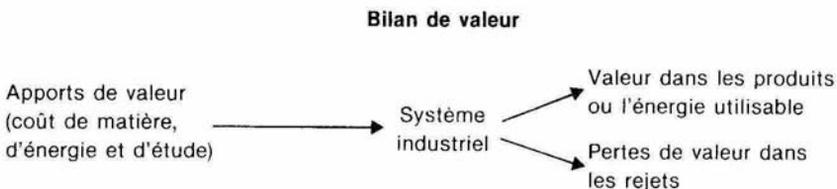
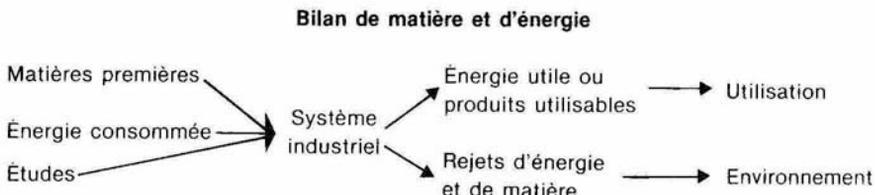
ÉTUDE DE CAS : Évaluation d'un système industriel.

L'ingénieur chargé d'évaluer, à partir d'une idée provenant de la recherche, le système qu'il pourrait exploiter, **estime le prix de revient du produit qui serait fabriqué** et le compare à celui obtenu par les méthodes de fabrication existantes dans son entreprise et chez les concurrents.

Pour cela, il établit successivement :

- **le bilan de matière et d'énergie de l'opération industrielle,**
- **le bilan de valeur du système,**
- **les investissements et coûts d'exploitation en résultant.**

Ces différents bilans peuvent être schématisés ainsi :



Si l'ingénieur juge le résultat prometteur, il dialoguera avec les services de recherche pour essayer d'améliorer encore le procédé.

Puis il confiera à d'autres ingénieurs l'étude générale et complète de l'installation.

**ÉTUDE DE CAS :** Mise au point de procédés en laboratoire.

Le technicien chargé des mesures dans un souci de recherche d'une société produisant du verre textile doit mettre au point expérimentalement un nouveau procédé d'imprégnation d'une fibre de verre par une résine polyimide résistant à des températures de 300°.

**La préparation de la recherche a été faite par un ingénieur, mais la méthode a été discutée avec le technicien à qui les essais ont été confiés.**

Il doit trouver le moyen de fondre la résine, de la maintenir dans un certain état de viscosité, d'imprégner la fibre directement et non plus en goutte à goutte (procédé industriel actuel classique) et de réchauffer la fibre imprégnée pour la conditionner en bobine.

Le technicien a déterminé, d'abord, par analyse thermique différentielle le cycle de polymérisation de la résine. Puis il a **imaginé les dispositifs techniques** de fusion de la résine et en a confié la réalisation expérimentale (C5, R2) à un dessinateur d'exécution.

**Le technicien conduit son expérimentation** (I<sub>4</sub> à I<sub>6</sub>) avec l'ouvrier chargé du montage et des manipulations. **Il découvre ainsi les insuffisances de sa conception** : inexistence de puissantes résistances électriques en petits anneaux, oubli du phénomène d'écoulement dans l'étude de l'homogénéisation de la résine, montée en diablo sur les bobines lors de l'enroulement à grande vitesse, ... Les mesures qu'il fait sont essentiellement des mesures de température aux divers stades de « l'imprégnation » de la fibre, de façon à contrôler l'homogénéité, le refroidissement et la malléabilité de la résine et de la fibre « imprégnée ». Mais la vitesse industrielle de la fabrication (60 m/minute) l'a contraint à trouver un autre indicateur des caractéristiques du produit : la pégosité. Il a donc dû créer des capteurs de pégosité.

## II. - TRANSFORMATIONS D'UN PRODUIT

L'origine de ces transformations est souvent due à des changements dans la définition marketing du produit ou à des évaluations dans la puissance des installations.

ÉTUDE DE CAS : Modifications d'un produit.

Un constructeur de matériel de climatisation a dû modifier ses dispositifs d'absorption des bruits pour éviter l'entraînement des particules fibreuses des matériaux constituant les silencieux afin de respecter les exigences de pureté de l'atmosphère d'une salle d'opération.

Le responsable du bureau d'études a tout d'abord **recherché de nouveaux produits en contactant les fabricants** d'isolants. Après de multiples échanges, il porte son choix sur la mousse d'argile et entreprend de tester les possibilités et les conditions d'utilisation de ce matériau pour insonoriser les équipements de climatisation. **Il recense et étudie toutes les servitudes d'emploi** du matériau (dimensions, étanchéité à l'humidification, isolation thermique, esthétique, ...). **Il recherche les méthodes permettant de s'en affranchir** ; par exemple pour supprimer les dépôts de calcaire qu'entraîne la pulvérisation d'eau, elle sera chauffée à l'infrarouge.

L'introduction de cette contrainte nouvelle (suppression de tout risque d'entraînement de particules solides dans l'atmosphère) a conduit ainsi le responsable du bureau d'études à **redéfinir toute la fabrication de l'appareil initial**.

ÉTUDE DE CAS : Augmentation de puissance des matériels.

A chaque palier dans l'accroissement de la puissance des matériels de production et de distribution d'énergie électrique, des ingénieurs du service matériel de la société

distribuant l'énergie participent avec les constructeurs à la **révision des spécifications** des turbines, chaudières, aéroréfrigérants, alternateurs, transformateurs, ...

Ils **orientent** les constructeurs **sur le choix général des techniques**, discutent avec eux de ce qui est imaginable et possible, **comparent les coûts d'investissement, d'entretien** afin de déterminer l'optimum entre le service rendu et le prix de revient.

Cependant, se tenant informés de ce qui se fait dans les centrales électriques en construction dans le monde et des progrès et innovations techniques, ils veillent à ne pas entraîner les constructeurs dans des voies qui gêneraient l'exportation de leurs matériels.

### III. - INTRODUCTION DE BESOINS NOUVEAUX

Dans le domaine énergétique sont apparues, pour des raisons diverses, des exigences nouvelles tant d'économie d'énergie que d'utilisation d'énergies dites « nouvelles » (soleil, vent, marées, ...). La prise en compte de ces besoins se traduit par la **recherche de procédés et de matériels nouveaux et par le réexamen, plus ou moins approfondi, des procédés et équipements existants**.

ÉTUDE DE CAS : Création de matériels produisant de l'énergie mécanique à partir de l'énergie solaire.

Une équipe d'ingénieurs recherche tout d'abord des données météorologiques sur les régions d'utilisation potentielle des matériels.

Puis ils **élaborent un plan-calcul pour déterminer l'énergie solaire disponible**, la surface des capteurs, ..., et ils **corrigent manuellement** ces calculs informatiques pour les adapter aux conditions spécifiques des matériels susceptibles d'être fabriqués.

Ensuite l'un d'entre eux **conçoit la boucle thermodynamique**, faisant le schéma, le calcul des surfaces d'échanges, recherche les ponts thermiques, ... (cf. C.5, C.4). Il suivra les études d'exécution faites par le bureau d'études (cf. C.5).

ÉTUDE DE CAS : Réalisation d'économies d'énergie.

Un des ingénieurs d'une société spécialisée dans les études d'économie d'énergie prend contact avec les directions techniques des usines pour leur proposer des études portant surtout sur l'économie d'énergie des matériels de production, mais parfois sur des réseaux d'air comprimé, de vapeur et, plus rarement, sur des locaux à chauffer ou à conditionner.

Il rassemble et fait rechercher des informations sur les usines de différents secteurs pour **choisir sa cible et préparer l'argumentaire de ses propositions**. A ce stade, il étudie beaucoup plus les aspects financiers que techniques car la rentabilité est l'élément décisif. **La connaissance des procédés de fabrication lui est nécessaire** mais plus encore, à ce moment, **celle des plans de financement, des subventions et des prêts** avantageux offerts par les Pouvoirs publics. Il **chiffre le coût de l'étude** qu'il propose à partir d'indices du coût de l'heure de travail d'un ingénieur, d'un technicien, celui des déplacements, ... chaque année il les réévalue avec ses collègues. Il pense aux

associations possibles de personnel appartenant à l'usine sollicitée afin de diminuer le coût de l'étude (l'imputation d'une étude d'économie d'énergie est plus aisée si elle consomme des heures de personnel usine, qui passent en frais d'exploitation, que s'il s'agit d'intervenants extérieurs).

Techniquement, il **définit les objectifs minimaux de l'étude** (gains de combustibles, améliorations de la production, diminution des nuisances, ...). En général, il propose deux objectifs : réduire au maximum les déchets thermiques, récupérer les calories.

Il **discute du contrat d'étude** avec ses interlocuteurs usines et il **signe le contrat**. Puis il prendra en charge le développement de l'étude (C.3, ...).

ÉTUDE DE CAS : Récupération des calories.

Un ingénieur process recherche comment améliorer la récupération des calories à la cheminée d'un four de fusion du verre déjà doté de chambres de récupération (encore 20 % des matières premières partent en gaz). Il pense à des chaudières de récupération et fait **des études de rentabilité**, il rejette cette solution à cause de l'encrassage et de la détérioration rapide des chaudières par les fumées corrosives et polluées et du coût d'un dispositif d'épuration. Il envisage des récupérateurs métalliques pour épuiser les fumées, mais abandonne son projet au nom de la rentabilité. **Remontant le processus**, il réfléchit aux améliorations qui pourraient résulter d'une augmentation de la hauteur des chambres de récupération et il cherche à mieux tirer parti de la carte des températures des parois des chambres (1 500° en haut, 400° en bas) et à maîtriser les chocs thermiques.

**Tout ce travail est fait à partir de lectures, de discussions, de simulation « papier crayon » et informatique, de visites d'usines, de laboratoires, de consultations de fournisseurs.**

#### IV. - MODÉLISATION MATHÉMATIQUE

De plus en plus souvent on voit se développer une simulation mathématique des problèmes étudiés, pour des raisons de coût, de durée, de sécurité des expérimentations, ou pour maîtriser lors des expérimentations l'ensemble des paramètres nécessaires.

ÉTUDE DE CAS : Calculs par simulation.

Dans un service de recherche du secteur nucléaire certains ingénieurs sont chargés de **transposer les problèmes physiques en modèles mathématiques et en codes de calcul**.

Les sujets d'étude sont de durée variable (15 jours à un an) et la durée de mise au point des modèles de calcul va de deux à trois jours pour un volume de deux cents à trois cents cartes perforées, à une semaine ou un mois pour plus de mille cartes. Ce travail est difficilement planifiable.

L'ingénieur fait peu de programmation, il **établit les équations** et les donne aux programmeurs. Mais il est parfois conduit à faire des **corrections de programme**.

Ainsi, pour prévoir le comportement d'une aiguille de combustible nucléaire (élément de base des grappes constituant le cœur d'un réacteur), il s'agit de **calculer le com-**

**portement thermique et métallurgique** des gaines et du combustible. Passant par la thermique pour résoudre un problème métallurgique, il calcule l'échauffement du sodium, le coefficient d'échange sodium/gaine, la température dans l'oxyde d'uranium ou de plutonium, ...

Il utilise, pour partie, des modèles établis par d'autres services pour des problèmes semblables (actualisés tous les ans) et, pour partie, une documentation très spécialisée.

Certains codes de calcul sont améliorés à partir des données d'essai qui sont comparées au code théorique, il en **déduit des modifications** puis **fera faire une expérience** en pile ou en boucle d'essai **pour la validation définitive des codes de calcul.**

## *V. - ASSOCIATIONS AVEC D'AUTRES UNITÉS D'INTERVENTION*

Cette unité d'intervention est fortement associée, au sein d'un même contenu de travail, à toutes les autres unités de l'étape conception sauf la dernière : « études d'exécution » (C.5). L'association avec C.4 « calcul de l'installation en avant-projet, choix des équipements, prix et financement » caractérise souvent le travail d'un ingénieur d'études. De même l'association avec I.4 et I.7 « préparation des essais et mesures », « bilans techniques et analyses critiques du fonctionnement des appareils et des équipements », se rencontre fréquemment dans le travail d'un ingénieur de projet ou de chef de groupe.

## Conception 3

### DÉFINITION DES CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DU SYSTÈME

Arrêter la configuration générale du système thermique ou du dispositif d'étude par :

- analyse de la demande (client, appel d'offres, service marketing, service d'essais) ;
- recherche d'informations complémentaires, constitution d'un dossier de données ;
- choix du type de processus à adopter ;
- sélection des solutions techniques ;
- définition technique du projet (écrite ou orale) ;
- appréciation des coûts ;
- rédaction éventuelle d'un cahier des charges technique et administratif ou présentation directe du projet ;
- étude des conditions contractuelles (juridiques, financières, ...) ;
- explications, argumentations, discussions, modifications éventuelles ;
- mise au point finale de la configuration générale du système et signature du marché ou accord de gré à gré.

*Cette unité d'intervention est caractérisée par **une dimension commerciale et financière importante** qui influence la précision et les conditions de la demande d'équipement comme la rédaction du projet, le coût et les dispositions financières. Si cette dimension est souvent absente à ce moment de la création d'un système thermique, le développement de la comptabilité analytique l'introduit progressivement dans toutes les entreprises qui définissent les caractéristiques générales du système.*

#### I. - ANALYSE ET PRÉCISION DE LA DEMANDE

Selon qu'il s'agit d'un appel d'offres, d'une remontée des préoccupations de la clientèle au travers du réseau commercial, d'une conclusion d'étude de marketing ou d'un besoin de recherche, la demande est différente :

- Elle peut aller d'une alimentation en énergie d'un équipement ou d'une armoire de climatisation à la création d'un complexe industriel entier.
- Elle peut ne consister qu'en quelques lignes avec des indications chiffrées minimales (puissance frigorifique, température, rapport tonnage produit/énergie consommée, etc.) ou constituer un dossier étoffé.
- Il y a, surtout pour les gros marchés, un travail parallèle et complémentaire entre, par exemple, la société d'ingénierie qui conçoit l'ensemble d'une aciérie et les ingénieurs des sociétés auxquelles elle fait appel pour concevoir et réaliser un haut fourneau, un four à sole mobile.

La définition des caractéristiques générales du système s'opère dans ce cas par un va-et-vient de propositions entre client et fournisseurs sans commune mesure avec les échanges auxquels donne lieu la commande, par exemple, d'une armoire de climatisation ou la réalisation d'une maquette visualisant l'écoulement des gaz à la sortie d'une tuyère.

Dans presque tous les cas, en dépit du détail technique fourni, **des informations complémentaires sont nécessaires** pour formuler le projet. Elles seront obtenues, selon les cas d'espèces, par :

- **interrogation directe des demandeurs,**
- **appui des services commerciaux ou d'autres services** techniques ou administratifs,
- **consultation des fournisseurs,**
- **étude de la concurrence,**
- **documentation.**

Une demande de service à service au sein d'un même établissement impliquera souvent, seulement quelques échanges oraux rapides.

Ces données doivent être rassemblées rapidement car **les projets doivent être élaborés de plus en plus souvent dans un temps très court.**

Cette rapidité est de plus en plus une nécessité car il faut souvent faire une proposition en deux ou trois jours pour retenir l'intérêt d'un client potentiel. Ou bien il faut fixer très vite une équipe de recherche ou un atelier sur les possibilités et les conditions de satisfaction de leurs demandes.

Ces **données sont techniques** mais aussi **sociales, économiques** et même **politiques.**

Le projet à construire peut en effet répondre à un besoin de production et/ou à un besoin social (sécurité, conditions de travail, pollution). Dans les cas de vente à l'étranger toute une pratique des échanges commerciaux doit être connue afin de tenir compte, par exemple, du système des compensations avec les pays de l'Est ou du pourcentage maximum de composants d'origine étrangère qui peuvent être inclus dans un équipement exporté.

De même, un projet d'installation importante à l'étranger ne peut aboutir que s'il est accompagné de tout un dispositif de financement avec engagement direct ou indirect de l'État. Ainsi, tout un ensemble de compétences doit être mobilisé pour accompagner la définition des caractéristiques générales du système qui ne peut se limiter à ses composantes techniques.

Ce premier rassemblement d'informations permet de **juger en fonction des fourchettes de prix** indiqués les possibilités du matériel à créer.

Il peut conduire aussi à une **visite chez le client** pour voir le site d'implantation ou les équipements locaux à intégrer ou encore à **une visite d'installations semblables en exploitation**.

## *II. - CHOIX DU TYPE DE PROCESSUS A ADOPTER - SÉLECTION DES SOLUTIONS TECHNIQUES - DÉFINITION TECHNIQUE DU PROJET - ADAPTATION DES COÛTS*

Ces opérations **donnent au projet sa configuration première** comportant éventuellement plusieurs solutions techniques soumises au choix du demandeur. Sa mise au point peut nécessiter une **sous-traitance partielle**.

Dans ce cas il y a **rédaction d'appels d'offres** envoyés de préférence à des sociétés avec lesquelles des liens existent déjà de façon à gagner du temps. Cependant certains projets entraînent la recherche de nouveaux sous-traitants avec tout ce que cela implique de vérification de leur compétence.

Les propositions faites sont, ensuite, analysées, sélectionnées et intégrées dans le projet global (en général quelques critères clés suffisent à les juger). Ce projet aura la forme d'un **commentaire direct** de quelques croquis ou d'un **rapport écrit** solidement argumenté.

Il comportera, par exemple :

- les schémas de fonctionnement,
- les caractéristiques de fonctionnement (cadence de production, débit, température),
- l'étude d'optimisation économique,
- la comparaison des différentes solutions,
- le choix opéré et sa justification.

Au cours même de la mise sur pied du projet, il y a **appréciation des coûts** en utilisant les prix des matériels, les coefficients de main-d'œuvre, plus les coefficients propres à chaque société (rentabilité, frais financiers).

Ceci conduira, dans le cas d'une relation commerciale, à la **rédaction d'un cahier de charges** dont les clauses techniques fixent les données nécessaires aux calculs de l'installation et au choix des équipements.

Parallèlement, **les conditions contractuelles auront été arrêtées** (clauses juridiques, financières, garanties, ...) et les éventuels accords des institutions étatiques auront été préparés, ceci pour les grands projets industriels.

Même la définition des caractéristiques générales d'un système faite par un service « travaux neufs » pour un atelier ou un laboratoire de recherche, donnera lieu à ventilation budgétaire, et le coût des différents points du projet devra être estimé avec précision et détail.

### *III. - EXPLICATIONS, ARGUMENTATIONS, DISCUSSIONS, MODIFICATIONS ÉVENTUELLES, MISE AU POINT FINALE*

**La soumission du projet** (appel d'offres) ou **sa communication directe** au demandeur **s'accompagne d'un commentaire technique**. Il décrit le fonctionnement du système, les choix techniques effectués et met en valeur les points forts, la fiabilité, la sécurité, la rentabilité, les facilités d'entretien.

Ces données seront étudiées par le demandeur qui sollicitera du concepteur : explications, changements ou suppressions. A ce moment, **la bonne connaissance du besoin du client et de ses préférences** (composants de telles marques ou esthétique par exemple) **facilite la discussion** et renforce les chances d'une conclusion positive.

La mise au point finale s'opérera, parfois, après de nombreux allers et retours et des visites d'installations déjà en fonctionnement.

Pour les petits projets, il y aura surtout des ajustements.

S'il n'y a pas de difficultés contractuelles, l'accord sera conclu, et le projet entrera dans la phase « calculs des équipements » (C.4).

### *IV. - ASSOCIATIONS AVEC D'AUTRES UNITÉS D'INTERVENTION*

Cette unité d'intervention est nettement associée à l'unité précédente (C.2) « transposition des besoins nouveaux et des impératifs économiques en applications industrielles » et à l'unité suivante (C.4) « définition des caractéristiques générales du système ».

Par contre, les associations avec des unités de l'étape installation sont plus diversifiées. L'intervention conjointe sur cette unité et les unités (I.3, I.7 et I.8) « Montage et suivi de chantier - Bilans techniques et analyses critiques du fonctionnement des appareils et des équipements - Constitution des dossiers, bilans et évaluations financières, réception » est souvent du ressort des ingénieurs d'affaires ou des chargés d'affaires. L'association avec l'unité (I.4) « Préparation des essais et mesures » a été observée dans le contenu de travail d'ingénieur d'essais.

## **CALCULS DE L'INSTALLATION EN AVANT-PROJET CHOIX DES ÉQUIPEMENTS - PRIX ET FINANCEMENT**

- **Calculer les différents éléments qui composent le système thermique.**
- **Choisir les matériels qui constitueront l'installation.**

Ce calcul et ce choix sont faits en tenant compte d'un certain nombre de facteurs :

- respect de l'enveloppe financière affectée à l'étude,
- optimisation de l'utilisation de l'énergie mise en œuvre,
- souci constant de la rentabilité du système.

Ces choix peuvent conduire à modifier le procédé ou à changer les matériels si les prix sont trop élevés.

### *I. - RÉALISATION DES SCHÉMAS DE FONCTIONNEMENT*

Les intervenants (tous rattachés à un bureau d'étude ou à un service équivalent) réalisent des **schémas généraux** illustrant, dans leur ensemble, le principe des processus thermiques et des **schémas de détail**.

Ces plans, **traduisant le principe de fonctionnement du processus** et étant **le support et la concrétisation de l'installation**, constituent le document de référence pour l'ensemble des intervenants et le point de départ des calculs.

Ils **utilisent des symboles graphiques** ou **des codes normalisés** pour simplifier la représentation des divers éléments de l'installation. Lorsque certains processus thermiques sont répétitifs, ils reproduisent ou **transposent des schémas standard** (par exemple, dans la conception des usines de liquéfaction des gaz, des schémas-types sont repris pour être adaptés à la puissance de production demandée).

Les circuits des différents fluides utilisés (eau chaude, vapeur, réfrigérant, gaz, électricité) ainsi que tous les matériels et leurs accessoires sont représentés sur ces schémas dans la position et dans l'ordre où ils seront installés réellement (schémas d'implantation).

Des couleurs conventionnelles sont parfois utilisées : chaque tronçon de tuyauterie ou de conduit et chaque appareil sont repérés et identifiés dans une nomenclature d'ensemble. Parfois la description détaillée du processus est rédigée sur le plan du schéma lui-même. Ces schémas concernent aussi bien les circuits de fluides thermiques ou de combustibles que l'installation électrique et la régulation des processus.

**Ces schémas sont transmis** au service « électrique et régulation » (ou d'appellation équivalente) au bureau d'étude-projet et enfin au client **pour acceptation**.

## *II. - CALCUL DES ÉLÉMENTS DE L'INSTALLATION*

A partir des schémas d'ensemble et de détail qui fixent l'installation, commencent les calculs de base qui permettront de **déterminer les caractéristiques de tous les composants de l'installation**.

Ces calculs concernent aussi bien une installation à créer qu'une installation existante dont la rentabilité doit être améliorée.

Certains calculs peuvent même être effectués à la demande de certains services (service commercial, chargés d'affaires) pour information technique.

### *1 - Les données et hypothèses de calcul*

**Elles sont généralement fixées par le cahier des charges** (cahier des clauses techniques) **ou par la définition technique de l'affaire à traiter** (cf C.3).

Ainsi le tonnage ou la cadence de production, le débit de vapeur ou de gaz liquéfié à assurer ainsi que les températures à respecter ont été arrêtés par le client et le responsable de l'affaire.

**Lorsque toutes les données ne sont pas fixées** par un document technique, l'intervenant choisit les **hypothèses de calcul et les données de base en s'aidant de la documentation et de l'information technique qu'il doit souvent rechercher lui-même**.

Parfois des calculs sommaires et rapides ont été commencés lors de la définition technique du projet (cf C.3) ; ils sont alors repris en détail, vérifiés et développés.

Dans le cas de **calculs entrepris pour améliorer le rendement** d'une installation existante, les **données sont relevées ou mesurées sur place et un programme informatique est construit** pour intégrer l'ensemble des paramètres qui interviennent au cours du processus.

### *2 - Conduite des calculs*

**D'une façon générale**, les intervenants font une grande partie des calculs manuellement par **application de formules mathématiques ou d'abaques**. Mais de plus en plus, **lorsque ces calculs deviennent répétitifs**, des **programmes informatiques** plus ou moins complexes sont créés pour les automatiser.

Ces programmes font appel à des modèles mathématiques ou à des procédés analogiques. Ils peuvent même intégrer des résultats d'expériences de laboratoire ou de station d'essai.

Lorsque la complexité des calculs devient très grande, leur mise au point est souvent confiée à un **service de recherche informatique** (cf. C.2) qui établit des méthodes standard et des programmes de calcul facilement applicables. Certains calculs peuvent même être une application fidèle de modèles réglementaires et des règles techniques normalisées.

### 3 - Exploitation des calculs

A partir des résultats de ces calculs, les intervenants **arrêtent la qualité des matériaux** à mettre en œuvre, le **dimensionnement des éléments** de l'installation et les **caractéristiques des matériels** à prévoir (puissance, surface d'échange, diamètre, épaisseur, etc.).

L'exploitation de ces résultats peut faire **rechercher des systèmes plus simples** et moins coûteux, et conduire à l'**analyse de la valeur du procédé** utilisé. Ceci entraîne **éventuellement une modification de l'installation** (substitution avantageuse de certains composants, économies d'énergie).

**Dans le cas d'installations ou de matériels nouveaux** (fours de réchauffage, machine frigorifique), les **résultats** des calculs sont **vérifiés par des essais systématiques** sur des prototypes ou sur du matériel de laboratoire.

### III. - CHOIX DES CARACTÉRISTIQUES DES MATÉRIELS

Les caractéristiques fonctionnelles des appareils ont été établies à la suite des calculs et choix précédents (puissance, débit, pression à obtenir, rendement optimal). Il faut maintenant **choisir les matériels qui ont ces caractéristiques ou pourraient les avoir et constituer le devis quantitatif**.

Les personnels, du bureau d'études généralement, mais aussi du service achat, **consultent différents constructeurs et sous-traitants** qui ont une gamme de matériel offrant les caractéristiques souhaitées ou pouvant les fabriquer.

Cette consultation, et les échanges divers auxquels elle donne lieu (téléphone, courrier, visites) permettent aussi de **déterminer les prix et les délais de livraison** (à prendre en considération pour la réalisation du chantier (I.2).

Matériels, prix et délais arrêtés, les intervenants établissent le **devis quantitatif** qui est la **liste complète des appareils à acheter ou à construire** en vue de la réalisation du chantier.

Ils y adjoignent tous les éléments nécessaires pour les commandes du service achat ou pour les travaux de fabrication ou pour les sous-traitants. Jointe aux schémas de fonctionnement, cette liste exhaustive constituera le **dossier technique** complet de l'affaire.

Tous les éléments nécessaires à la réalisation ne sont pas arrêtés à ce stade car lors de l'unité suivante (études d'exécution), des choix et des commandes seront faits. Cependant tout ce qui est fondamental est choisi à ce moment.

#### *IV - BILAN FINANCIER*

Le dossier technique est alors exploité pour **déterminer la rentabilité de l'installation et pour décider du prix de vente** qui résulte du chiffrage précis du coût des matériels, des fabrications, de la main-d'œuvre ainsi que des composantes financières fixées par l'entreprise.

**Ce devis définitif est soumis au client pour approbation.**

A ce stade, **il est fréquent que l'étude soit réétudiée** en vue des modifications qu'entraînera **une enveloppe financière plus réduite**. Certaines parties du processus ou des matériels sont transformées, simplifiées, voire supprimées. Le but de ces transformations est de faire accepter définitivement le marché par le client, tout en respectant la rentabilité de l'installation.

**Lorsque l'accord est obtenu, un dossier technique et financier complet est constitué** en vue de la réalisation.

#### *V. - ASSOCIATIONS AVEC D'AUTRES UNITÉS D'INTERVENTION*

Cette unité d'intervention est associée à toutes les autres unités de l'étape conception sauf C.1 « étude des phénomènes thermiques dans des perspectives industrielles ». L'association avec C.2 « transposition des besoins nouveaux et des impératifs économiques en applications industrielles » a été particulièrement notée dans le travail des ingénieurs d'études.

Les associations avec l'étape installation ont été constatées pour toutes les unités d'intervention de cette étape. L'intervention conjointe en C.4 et en I.1, I.2 et I.3 (Organisation générale - Préparation des chantiers - Montage et suivi du chantier) n'est pas exceptionnelle pour les chefs de chantier et conducteurs de travaux. De même, il est fréquent que les techniciens d'essais, chefs de chantier, ingénieurs d'affaires et ingénieurs d'essais, contribuent à l'unité C.4 et à l'une ou/et l'autre des quatre dernières unités d'intervention de l'étape installation I.4, I.6, I.7, et I.8 (Préparation des essais et mesures - Mise en condition de fonctionnement - Mise en route, mesures et essais - Bilans techniques et analyses critiques du fonctionnement des appareils et des équipements - Constitution des dossiers, évaluations et bilans financiers, réception).

## ÉTUDES D'EXÉCUTION

### Réalisation de l'ensemble des documents nécessaires au montage d'installations thermiques ou à la fabrication des matériels composant un système thermique.

Les études d'exécution sont faites à partir des schémas de fonctionnement et du choix des différents éléments.

Elles sont soumises à un certain nombre de conditions :

- respect impératif du dossier technique descriptif établi en avant-projet [(cahier des charges, des clauses techniques, etc.) cf. C.3 et C.4] ;
- prise en considération des contraintes de fabrication (méthodes, outillage, etc.) ;
- reconnaissance des lieux où seront implantés les matériels ;
- connaissance des conditions probables d'exploitation ;
- respect de l'enveloppe financière.

### I. - DIMENSIONNEMENT DES MATÉRIELS

Le personnel chargé des études d'exécution (souvent une petite équipe de techniciens de bureau d'études, dessinateurs surtout, mais parfois une seule personne) **reprend** généralement **les calculs** de tous les **matériels** (effectués en C.4) pour les **vérifier** et **déterminer dans tous leurs détails : petits appareils, raccordements et accessoires.**

Ces calculs résultent de l'application directe des lois physiques de la thermodynamique, de l'hydraulique et de l'aérodynamique (détermination des performances, des rendements, des consommations d'énergie et de matière) mais aussi de celle des lois de la mécanique et de la résistance des matériaux (dimensionnement des épaisseurs, choix des matériaux spéciaux, etc.).

Pour les **matériels**, non achetés, **devant être construits en atelier**, les dessinateurs **prévoient, en plus** de leur dimensionnement, **les méthodes de fabrication, les tolérances à respecter** et le **montage à réaliser.**

Les dessinateurs transmettent l'ensemble des dessins d'exécution au service fabrication.

Cet ensemble doit **conventionnellement définir toutes les pièces à réaliser** pour constituer le montage de l'appareil fabriqué.

Le dessinateur ou l'équipe a à sa disposition des moyens très divers :

- résultats de laboratoire ou d'expérimentation sur des installations d'essais (par exemple détermination de fours industriels, de réchauffeurs ou d'échangeurs de fluides biphasiques, etc.) ;
- plans standard de matériels existants ;
- programmes informatiques pour les calculs de routine ou de matériels non spécifiques (pertes de charge des tuyauteries, calcul des lyres de dilatation, pertes ou gains de chaleur en ligne de canalisation, etc.).

## II. - RÉALISATION DES PLANS D'EXÉCUTION

Les plans d'exécution **définissent de façon précise et sans ambiguïté**, les **matériels** à construire ou les ensembles à installer.

Ils comprennent trois groupes :

- **Les plans d'implantation**, établis à partir des plans de masse ou des plans locaux concernés, situent l'installation des gros matériels (plans d'implantation de générateurs, d'échangeurs, de groupe frigorifique, etc.). Les échanges avec d'autres corps d'état (gros-œuvre, second œuvre) sont réguliers ; des relevés sur le terrain ou sur les lieux d'installation sont parfois nécessaires.
- **Les plans de fabrication des matériels** définissent la forme des matériels, les cotes d'encombrement et de fabrication, les méthodes et les tolérances d'exécution. Les dessins sont exécutés à partir de plans standard relatifs à des prototypes ou en liaison avec le service projets dans le cas de matériaux nouveaux (cf. C.4).
- **Les plans d'ensemble** indiquent les raccordements des différents matériels entre eux pour constituer un ensemble ou une installation complète (plan d'ensemble d'une installation frigorifique, plan de centrale thermique, plan d'usine de process thermique, etc.).

Les dessinateurs exécutent ces plans en utilisant un **langage normatif et conventionnel** (symboles, conventions de représentation) pour qu'ils soient facilement exploitables en réalisation et installation.

Ces plans d'exécution sont complétés par des schémas de définition des raccordements électriques et de la régulation. Ces schémas sont généralement de la compétence du département électricité qui est rattaché au bureau d'études d'exécution.

Dans les petites et moyennes entreprises, l'exécution des schémas électriques est souvent traitée sous la responsabilité de l'ingénieur ou du technicien responsable des études d'exécution.

### III. - NOMENCLATURES ET PROCÉDURES DE FONCTIONNEMENT

En complément des plans d'exécution et de définition du processus thermique, les personnels chargés de *l'étude d'exécution* peuvent rédiger des **notices techniques** de fonctionnement à l'usage des utilisateurs ou des exploitants de l'installation.

Ces notices techniques comprennent :

- **la nomenclature** des différents composants du système thermique et leurs caractéristiques thermodynamiques (puissance, débit, température, pression). Chaque matériel est **repéré** sur le **schéma de principe** et se trouve caractérisé dans la nomenclature ;
- **les différentes procédures de fonctionnement** (mise en route, arrêt, maintenance, incidents prévisibles).

Ces documents permettront à l'utilisateur ou aux exploitants de prendre connaissance de l'installation et d'éviter les erreurs de fonctionnement.

### IV. - ASSOCIATIONS AVEC D'AUTRES UNITÉS D'INTERVENTION

Cette unité n'est vraiment associée qu'à une seule autre unité d'intervention de l'étape conception : celle qui la précède « Calculs de l'installation, en avant-projet, choix des équipements, prix et financement » (C.4).

Elle est liée, dans le travail des chargés d'affaires et des chefs de chantier, aux unités I.2 et I.3 de l'étape Installation (Préparation des chantiers - Montage et suivi du chantier).

## Installation 1

### ORGANISATION GÉNÉRALE

- Prendre connaissance du matériel à installer, des données d'installation (techniques et financières).
- Prendre toutes dispositions pour que le travail puisse être fait dans les conditions requises et les temps voulus avec les compétences nécessaires.

L'organisation est d'une ampleur très différente selon qu'il s'agit d'une installation importante (four à cloche, centrale thermique...) ou d'un dispositif d'expérimentation (bancs d'essais moteurs, maquettes de simulation...). Elle peut même disparaître complètement se fondant avec la seule préparation des essais (I.4).

#### *I. - ÉTUDE DES DONNÉES TECHNIQUES ET FINANCIÈRES DU DOSSIER D'INSTALLATION, PLAN ESTIMATIF*

Le responsable de l'installation **examine les plans, les descriptifs des matériels et appareils, l'enveloppe budgétaire, les calendriers, en vue d'établir la répartition du travail** entre les diverses parties qui mettront en place et démarreront les installations, (sous-traitants, services propres de l'entreprise) **et de fixer les dates clefs.**

Cette étude est essentiellement **un travail sur dossiers constitués lors de l'étape conception et de l'étape réalisation.**

**Elle comprend aussi de nombreuses consultations,** pour complément d'information, des personnes qui ont constitué ces dossiers.

#### *II. - CONSULTATION DES SOUS-TRAITANTS*

A partir de l'analyse précédente et des décisions prises, les **dossiers d'appel d'offres sont constitués** (descriptif global pour l'ensemble, détaillé pour la partie proposée aux sous-traitants, calendrier échéancier financier...). Cela peut être de brefs cahiers des charges ou des

plans détaillés selon que les équipements sont standard ou déjà connus et que les sous-traitants contactés sont habitués aux méthodes et aux pratiques des donneurs d'ordres.

**Les soumissions sont comparées, vérifiées** sur les points clés pour s'assurer de la conformité de la proposition aux demandes ; et du sérieux du sous-traitant (essentiellement lorsque l'entreprise ne le connaît pas bien).

**Les décisions sont prises** au vu des dossiers après, éventuellement, quelques échanges téléphoniques ou des entrevues pour des éclaircissements techniques et des accords financiers.

A ce moment, ainsi qu'au suivant, interviennent des personnels rattachés aux services achats et aux services commerciaux, en sus des intervenants principaux en installation (bureau d'études installation, chefs de chantier, personnels d'essais).

### *III. - ACHAT DE MATÉRIELS*

La commande des matériels nécessitant des délais de livraison longs a été faite dès la conception. Les autres équipements sont commandés au moment de l'organisation générale du chantier en tenant compte du volume de travail que leur mise en place demandera, de la coordination des calendriers et des règles et pratiques de fonctionnement des entreprises.

### *IV. - ÉTABLISSEMENT DÉFINITIF DU PLANNING ET DE LA VENTILATION FINANCIÈRE*

Le responsable de l'installation arrête, avec le responsable des travaux (chargé d'affaires, chef de travaux) qui assurera le suivi du chantier, **les déterminants essentiels du déroulement du chantier** :

— **choix de l'équipe de monteurs,**

— **choix d'un créneau de temps** dans le planning de l'ensemble des chantiers. Il établit **l'échéancier des appels de fonds** en fonction de l'avancement prévu des travaux.

**Il met en place dans ses grandes lignes le système de suivi** de chantier, le suivi informatique étant de plus en plus fréquent. Ce système permet de connaître à tout instant l'avancement des travaux et les réalisations financières (profit ou perte) par rapport aux prévisions initiales.

**Le dossier d'installation** (issu de la conception et enrichi des choix précédemment décrits), ou ce qui en tient lieu pour les très petites installations, **est remis au responsable du suivi de chantier ou au responsable des essais et mesures** s'il s'agit d'une installation expérimentale (cf. I.2 et I.4).

### *V. - ASSOCIATIONS AVEC D'AUTRES UNITÉS D'INTERVENTION*

Assez systématiquement associée à l'unité d'intervention suivante « préparation des chantiers », l'unité d'intervention I.1 est associée aussi à l'unité C.4 « calculs de l'installation en avant-projet, choix des équipements, prix et financement » et ce, particulièrement dans le travail des chefs de chantier et conducteurs de travaux.

## Installation 2

### PRÉPARATION DES CHANTIERS

**Procéder à la préparation technique et financière et à l'organisation des opérations de montage et de suivi de chantier d'une installation thermique déterminée.**

Ces préparatifs seront plus importants et détaillés dans le cas de la mise en place d'une grosse installation (climatisation, usine de liquéfaction de gaz, centrale thermique) que dans celle d'un dispositif d'expérimentation (prototype de générateur thermique, de brûleur, de groupe frigorifique).

#### *I. - RASSEMBLEMENT DES INFORMATIONS*

Généralement, pour les installations de quelque importance, la préparation des chantiers commence par :

- **la visite du site d'implantation** afin de visualiser les lieux possibles d'implantation des magasins de chantier, des baraques, cantines, douches, ...
- des **réunions préparatoires** avec le maître-d'œuvre et les représentants des autres corps d'état (génie civil, génie électrique et mécanique).

Dans le même temps, **en s'appuyant sur le dossier d'installation** (plans, nomenclatures, contrats de sous-traitance, ...), le responsable de la préparation des chantiers **détaille et précise le coût de l'installation** à partir des métrés de tuyauterie, des temps de chantier... **et met en place l'ordonnancement définitif du chantier.**

#### *II. - LANCEMENT DU CHANTIER*

Les données rassemblées permettent alors de :

- **commander et réceptionner le matériel complémentaire** (tubes, supports, robinetterie, ...); les principaux matériels ayant été commandés au cours de l'organisation générale du chantier (I.1);
- **contacter les entreprises sous-traitantes** afin d'établir le planning de leurs travaux;

- **rechercher et négocier des moyens de levage**, dans la région du site d'implantation, pour la mise en place des gros matériels ;
- **rechercher des sous-traitances locales** pour des petits travaux tels que l'isolation des tuyauteries, le raccordement électrique, la maçonnerie, ...
- **ajuster le planning** en fonction de l'avancement des travaux des différents corps d'état ;
- **coordonner la livraison des gros matériels** ;
- **établir l'échéancier de paiement** des fournisseurs et des **encaissements** clients ;
- **mettre en œuvre des opérations d'implantation** et de **raccordement** de matériel et de suivi de chantier.

Toutes ces opérations, pour être menées à bien, nécessitent de multiples **explications et commentaires des instructions et plans de montage** qui seront remis au personnel d'exécution (plans d'ensemble et de détail de l'installation thermique) et la **constitution d'équipes de travail** avec le personnel de l'entreprise plus ou moins largement complété par du personnel temporaire.

### *III. - ASSOCIATION AVEC D'AUTRES UNITÉS D'INTERVENTION*

L'unité d'intervention I.2 est associée avec l'unité précédente I.1 « Organisation générale », l'unité suivante I.3 « Montage et suivi de chantier » et la dernière unité de l'étape installation I.8 « Constitution des dossiers, bilans et évaluations financiers, réception ». Ceci montre une relative coupure, au sein de l'étape installation entre les premières et la dernière unité d'intervention et les autres. Peut-être cela constitue-t-il deux ensembles de travail différents, l'un plus d'organisation et de contrôle, l'autre plus de réalisation et d'exécution.

Elle est aussi, conjointement avec C.4 et C.5, objet du travail du chef de chantier ou du conducteur de travaux (Calculs de l'installation, en avant-projet, choix des équipements, prix et financement - études d'exécution). Quelques chargés d'affaires interviennent aussi dans cette unité en s'appuyant sur un suivi des études d'exécution (C.5).

## Installation 3

### MONTAGE ET SUIVI DE CHANTIER

- **Implanter et raccorder les matériels ou sous-ensembles qui constituent tout ou partie du système thermique.**
- **Organiser le travail, surveiller les délais et les prix.**
- **Assister techniquement le personnel effectuant l'implantation et le raccordement.**

Les matériels peuvent être soit l'ensemble des équipements à installer (groupe frigorifique, chaufferie d'ensemble immobilier...), soit une composante (installations de traitement thermique des métaux, fours de métallurgie, stations d'essais, ...).

#### *I. - IMPLANTATION ET RACCORDEMENT DES MATÉRIELS*

Le personnel chargé des opérations d'implantation et de raccordement des matériels **prend connaissance du travail** à réaliser **par l'étude des plans d'exécution et par les instructions de montage**. Le supérieur hiérarchique (chef de chantier, contremaître ou ingénieur et technicien d'essai, ...) transmet et, généralement, commente ces données.

La taille, la complexité des matériels à installer comme leur utilisation future (production ou expérimentation-mise au point) ont des répercussions sur l'organisation du travail : équipes de personnels de corps de métiers différents (monteurs, électriciens, fumistes, ...) ou seulement un technicien d'essai.

Puis ces personnels :

- **procèdent à l'approvisionnement du chantier en petit matériel et outillage** (tubes, raccords, ... perceuses, cintreuse, ...);
- **effectuent la mise en place et la fixation des appareils les plus importants du système thermique** (chaudières, ballons d'eau chaude, compresseurs d'air, échangeurs, bâches, ...);
- **raccordent ces éléments** en installant les différents circuits de fluides (air, eau, combustible, ...).

Ceci nécessite des opérations de scellement, de boulonnage mécanique, de soudage électrique ou oxyacétylénique, de filetage, etc. Le raccordement électrique des appareils au réseau ou aux armoires de commande n'est généralement pas exécuté par la même personne sauf s'il est très simple.

Les travaux effectués par ces intervenants sont essentiellement du domaine de la chaudronnerie, de l'électrotechnique, voire de l'électronique... mais nécessitent de leur part une compréhension minimale des phénomènes thermiques qui sont créés et contrôlés par les matériels qu'ils implantent afin d'éviter des erreurs (contrepenches, poches d'air, ...).

Les personnels implantant et raccordant les matériels **signalent** au responsable du chantier ou de l'installation d'essai **les erreurs ou absences d'approvisionnement, les défauts éventuels de l'installation et les difficultés de réalisation**. Celles-ci pourront, après examen avec le responsable du chantier, donner lieu à des modifications de l'installation ou à des pénalisations financières (dont la responsabilité incombe à ceux qui suivent le chantier).

## *II. - SUIVI DE CHANTIER*

Il est en général assuré par des réunions, des visites, ou la présence plus ou moins permanente sur le chantier du chargé d'affaires, du chef de chantier, de l'ingénieur d'essai, ... Ils doivent organiser le travail, surveiller les délais et les prix, et assurer une assistance technique.

### *1 - Organisation du travail*

Il s'agit, par exemple, **après étude du dossier d'installation et discussion avec la personne qui a la responsabilité de l'affaire** de :

- **veiller à ce que le nombre de personnes mises en place sur le chantier soit suffisant** pour qu'il soit réalisé dans les délais impartis ;
- **distribuer personnellement le travail aux équipes** ;
- **coordonner les interventions du personnel** en fonction de l'avancement des travaux ;
- **veiller à la propriété du chantier et à la sécurité du personnel** (port de casque, bottes, etc.) ;
- **coordonner les manutentions des gros matériels** ;
- **commander le petit matériel** ;
- **réceptionner tout le matériel**.

### *2 - La surveillance des délais et des prix*

Le chef de chantier essaye de tenir les délais prévus. Pour cela, il **comptabilise les fiches d'heures** de chaque personne **et compare** les temps réels aux temps prévisionnels.

Actuellement les gros chantiers sont gérés par ordinateur, après l'introduction journalière des données concernant les prix et les délais, le bilan mensuel du chantier fait apparaître les écarts de planning et les décalages financiers (conformité à l'ordonnement prévu).

Il appartiendra ensuite au responsable de l'affaire (chargé d'affaires) d'en tirer les conclusions financières et techniques. Il en informera, si nécessaire, le client, la direction de son entreprise, etc.

### *3 - Assistance technique*

Elle présente plusieurs aspects :

- **contrôle des opérations de montage pour vérifier leur conformité aux plans et aux spécifications.** Il s'opère aussi bien sur du travail exécuté par des entreprises sous-traitantes que sur celui des collaborateurs de l'entreprise maître d'œuvre ;
- **modifications de l'installation** si une anomalie est décelée ou si des difficultés surgissent au cours du montage ;
- **interventions d'experts** sur un chantier à la demande du responsable.

### *III. - ASSOCIATIONS AVEC D'AUTRES UNITÉS D'INTERVENTION*

Le montage et le suivi du chantier sont fortement articulés avec l'unité précédente I.2 « Préparation des chantiers » et la suivante I.4 « Préparation des essais et mesures ». Montage et suivi sont aussi liés, dans le travail des chefs de chantier et des ingénieurs d'affaires, aux unités I.6 et I.8 « Mise en route, mesures et essais » - « Constitution des dossiers, évaluations et bilans financiers, réception ».

Cette unité est largement associée aux trois dernières unités d'intervention de l'étape conception C.3 - C.4 et C.5 « Définition des caractéristiques générales du système » - « Calculs de l'installation, en avant-projet, choix des équipements, prix et financement » - « Études d'exécution ». Ces associations d'unités ont été observées principalement dans le travail des chefs de chantier, conducteurs de travaux, chargés d'affaires et ingénieurs d'affaires.

## Installation 5

### MISE EN CONDITION DE FONCTIONNEMENT

- **Prendre connaissance des équipements, de leur utilisation et de leurs conditions de fonctionnement.**
- **Procéder aux opérations mécaniques, électriques, préparatoires à la mise en route, aux mesures et essais.**

#### *I. - RECONNAISSANCE DU MATÉRIEL A TRAITER*

La personne qui a la charge de la mise en condition de fonctionnement **étudie** :

- **le dossier d'installation** afin de connaître le matériel et les conditions de mise en route de l'installation (climatisation, groupes frigorifiques, chaufferie, ...);
- **la nature des essais** qui seront effectués sur une installation expérimentale ou un matériel prototype;
- **et prend connaissance des instructions de raccordement.**

Ces instructions concernent les fluides de toute nature à mettre dans l'installation (eau, huile, fréon); les appareils de mesure à raccorder ainsi que les emplacements des points de mesure; les branchements électriques à effectuer; les divers contrôles préliminaires de toute nature, etc.

#### *II. - VÉRIFICATIONS ET ÉPREUVES MULTIPLES*

Avant la mise en route et les essais, les équipements font l'objet de divers contrôles et réglages :

- **vérification de l'étanchéité** d'une installation frigorifique par remplissage à l'azote et au fréon afin de pouvoir détecter les fuites avec une lampe halogène;
- **épreuves d'étanchéité** d'une installation sous pression, par des organismes agréés (APAVE, VERITAS, Service des Mines, ...);

- **vérification des tuyauteries et contrôle du boulonnage** de certains éléments ;
- **premiers réglages de base** avant démarrage de l'installation ;
- etc.

### III. - MISE EN CIRCUIT DES FLUIDES, RACCORDEMENTS

Le technicien ou l'ouvrier professionnel chargé de ces opérations **procède à tous les raccords mécaniques, électriques, fluidiques** nécessaires au démarrage des installations ou aux essais sur site ou plate-forme.

S'il s'agit d'une installation expérimentale ou d'un matériel mis sur banc d'essais, les raccords des circuits sont faits provisoirement, à l'aide de canalisations souples appropriées (eau, fuel, électricité, etc.).

S'il s'agit d'une **installation définitive**, les raccords ont été faits lors du montage (cf. I.3). Il faut alors :

- **ouvrir les vannes** qui permettront aux fluides de circuler librement ;
- **purger les circuits de fluides** ;
- **faire le plein d'huile** dans les moteurs, les compresseurs ;
- **mettre le fluide frigorigène** (fréon par exemple) dans les installations frigorifiques ;
- **mettre sous-tension** certaines parties de l'installation, en particulier les moteurs, afin de vérifier si le sens de la rotation est le bon ;
- etc.

### IV. - RACCORDEMENT DES APPAREILS DE MESURE

Ces opérations ont lieu essentiellement sur les installations expérimentales et les bancs d'essais. Elles sont plus rares sur les installations définitives, les instruments de mesure faisant partie intégrante de l'installation ont été mis en place au cours du montage.

Le raccordement des instruments de mesure inclut **la détermination des points de mesure**. Cette détermination a pu être faite par les concepteurs du système thermique ou par le responsable des essais, mais elle est **parfois laissée à l'initiative du technicien chargé de la conduite des essais**.

Le technicien chargé de l'instrumentation **met en place sur le système les capteurs de mesure** (sondes de températures, compteurs de débits, sondes de prélèvements des gaz de fumée, mesures du taux de CO ou de CO<sub>2</sub>, ...).

**Il relie ensuite**, par des câbles spéciaux, **ces capteurs aux indicateurs de mesures ou aux enregistreurs** qui sont le plus souvent regroupés sur une console.

Il procède ensuite à **l'étalonnage des appareils de mesure** (recherche du point neutre, etc.).

Dans certains cas, on peut rencontrer des systèmes de mesures particuliers, tels la mise en place d'un système de photographie, pour analyser un phénomène rapide.

## *V. - ASSOCIATIONS AVEC D'AUTRES UNITÉS D'INTERVENTION*

Cette unité est fortement liée à l'unité précédente I.4 (Préparation des essais et mesures) et aux deux suivantes I.6 et I.7 « Mise en route, mesures et essais » - « Bilans techniques et analyses critiques du fonctionnement des appareils et des équipements ». L'association avec cette dernière a été observée particulièrement dans le travail des techniciens d'essais, ou de mise en route.

## MISE EN ROUTE - MESURES - ESSAIS

**Des réglages, mesures, essais d'une grande diversité sont effectués soit pour mettre en place des équipements de production, soit pour mettre au banc d'essais des matériels prototypes, soit pour monter des dispositifs d'études servant à la mise au point de procédés de fabrication, à la conception d'appareils et de méthodes de mesure ou à l'étude de phénomènes thermiques.**

La variété des opérations est due tant aux techniques et technologies concernées (aérodynamique, hydraulique, thermique, électronique, mécanique, nucléaire, ...) qu'à la complexité de certaines mesures (celles des grandes variations de températures en un quart de seconde par exemple).

### *I. - RÉGLAGES, MESURES, ESSAIS, MISE EN ROUTE LORS DE LA MISE EN PLACE D'ÉQUIPEMENTS DE PRODUCTION*

La mise en route des équipements de production correspond au passage de la fin du montage au début de l'exploitation. **Les opérations de mise en route présentent des analogies avec celles rencontrées en exploitation avec, toutefois, des caractéristiques spécifiques** quant aux :

- **réglages préalables en vue du démarrage** des appareils ;
- **vérifications du fonctionnement** correct d'un équipement après son démarrage et au fur et à mesure qu'il atteint son régime d'exploitation normale ;
- **l'examen des réactions aux situations exceptionnelles et le comportement des sécurités** ;
- **le contrôle**, avant transfert de la responsabilité du matériel aux utilisateurs (cf. I.7, I.8), **des performances à atteindre** dans les conditions réelles de l'exploitation.

ÉTUDE DE CAS : Mise en route d'un matériel de production de gaz liquéfiés.

Lorsque les essais hydrauliques de pression sont terminés (unité I.5), le metteur en route opère :

- la mise sous tension électrique des appareils ;

- le contrôle des fonctions et des appareils de sécurité (analyseurs - thermostats - régulation de niveaux) ;
- le démarrage des moteurs désaccouplés ;
- les vérifications des circuits d'eau de refroidissement ;
- le rodage des machines (compresseurs, surpresseurs).

Ensuite, il démarre le groupe, à vide d'abord, puis, après le remplissage des circuits, il effectue la « mise à froid » sans calorifuge pour pouvoir déceler les fuites éventuelles.

Il fait une dernière vérification des appareils de sécurité pendant les premières heures du fonctionnement, les appareils périphériques sont alors mis en service.

Enfin, l'ensemble fonctionnera de façon continue (nuit et jour) pour contrôler, par des mesures et des analyses, les performances atteintes.

Le responsable de la mise en route effectue lui-même les opérations nécessaires ou en dirige et coordonne la réalisation, qui est alors effectuée par des personnels « spécialisés » en raison de leur connaissance du procédé et de l'équipement de production, de leur appartenance à une société de sous-traitance ou à un service d'exploitation, de leurs compétences particulières.

**Les personnels assurant la mise en route**, qui peut durer de quelques heures à quelques semaines, **effectuent eux-mêmes les opérations éventuelles de dépannage.**

Si les performances obtenues correspondent à celles prévues par le cahier des charges, la mise en route est terminée (les essais de fonctionnement seront effectués après une certaine période de fonctionnement normal, cf. I.8).

**Si les performances ne sont pas atteintes, il y a recherche des causes et nouvelles périodes de mesures et essais.**

Par exemple :

Lors de la mise en service d'une unité de climatisation, si les mesures de température d'air chaud ou d'air froid ne sont pas satisfaisantes, le metteur en route peut jouer soit sur la charge de réfrigérant, dont le remplissage est approximatif à la fabrication, soit sur la température du circuit d'alimentation des réchauffeurs d'air. S'il ne constate pas d'amélioration, il remet en cause le circuit de distribution des fluides, le choix des matériels, etc. Il vérifie de proche en proche les différentes fonctions du système thermique pour trouver la cause du mauvais fonctionnement.

Par les remarques et observations faites au cours de la mise en route, **les intervenants complètent et précisent les consignes d'exploitation**, voire les programmes **et les opérations d'entretien préventif et de dépannage.**

## *II. - MISE SUR BANC D'ESSAI DE MATÉRIEL PROTOTYPE*

Les prototypes dont il faut tester les caractéristiques pour respecter le cahier des charges et les normes d'homologation doivent, comme les équipements à mettre en exploitation, être progressivement conduits vers les performances attendues. Pour cela, le matériel prototype

doit être mis sur banc d'essai et comme toutes ses spécifications ne sont pas arrêtées, cela occasionne :

- des transformations successives du dispositif et du programme d'essais (imbrication d'opérations relatives à I.3 et I.4 dans l'unité I.6) ;
- des activités de conception et de réalisation au cours même de l'essai ;
- un accroissement du nombre et de la diversité des ajustements, des analyses, des déductions, des choix qui doivent être faits par les intervenants.

Il y a des liaisons étroites entre ceux qui participent à la conception, à la réalisation et à l'installation, avec recouvrements fréquents des opérations effectuées par les uns et les autres.

#### ÉTUDES DE CAS :

##### *A) Essai aéraulique d'une enceinte climatique*

Le technicien doit mesurer les débits d'air entrant et sortant. Il a auparavant (I.4, I.5) **pris connaissance de la gamme d'utilisation du prototype**, préparé les essais demandés (I.3) et installé les appareils de mesure.

— **Il fait les branchements**, constate si tout fonctionne comme prévu et si, par exemple, une pièce accessoire était nécessaire, il la demande à ceux qui ont réalisé le prototype.

— **Il fait les mesures et recherche les défauts éventuels** (positionnement erroné de conduits de soufflage, condensateur défaillant sur un moteur, ...).

— **Il réalise, de lui-même, des mesures supplémentaires** s'il les estime nécessaires.

Au cours de son travail, il a de nombreux contacts avec le responsable des essais pour l'informer, en vue de développer et de préciser le programme d'essai.

**Il note les valeurs des mesures et prépare l'analyse et le commentaire des résultats** pour achever son intervention (I.7, I.8).

##### *B) Étude de l'influence de la configuration du système de refroidissement sur le rendement thermique d'un moteur destiné à des véhicules de transport routier*

Le technicien d'essai a fait réaliser (I.3 et I.4), sous sa surveillance et par des ouvriers, le montage expérimental dans deux situations particulières : moteur avec la cabine et sans la cabine du camion. Pour la mise en route des mesures et essais :

— **Il détermine les points qui peuvent être la cause des perturbations du rendement et imagine les solutions** à apporter en modifiant, soit le système de refroidissement, soit les entrées d'air dans les pare-chocs, soit la forme de la cabine ou encore la surface du radiateur, ...

— **Il teste ces solutions** en simulant les transformations avec de la mousse de polyuréthane, du bois, du carton, ... et il refait les essais. Éventuellement, **il complète ses tests par des essais nouveaux, qu'il définit seul ou après discussion** avec sa hiérarchie et/ou les concepteurs du moteur.

Une fois la solution trouvée, **il chiffre le coût de sa réalisation** (cf. I.7 et I.8).

### III. - RÉGLAGES, MESURES, ESSAIS DE DISPOSITIFS D'ÉTUDES

La mise au point de procédés de fabrication, l'homologation des matériels, la conception d'appareils et de méthodes de mesure, ou encore l'étude de phénomènes thermiques nécessitent la mise en place et l'utilisation de **dispositifs d'études dont la souplesse et l'adaptabilité donnent aux opérations de mise en route, de mesures et d'essais, des caractéristiques particulières.**

La plus marquante est l'interpénétration constante d'opérations appartenant aux autres unités d'intervention de l'étape installation et des autres étapes (conception, réalisation essentiellement).

Autre caractéristique : le programme d'essai et les mesures qui ont été volontairement conçus adaptables dans le cadre du travail (I.4) se précisent progressivement en fonction des résultats successifs obtenus (I.7).

Il s'ensuit des **modifications continues du dispositif et des démontages et remontages fréquents.**

Ces caractéristiques se traduisent aussi dans les configurations de contenu de travail des intervenants.

#### ÉTUDES DE CAS :

*A) Exemple de quelques mesures et essais réalisés dans le cadre de l'homologation d'un brûleur.*

Celui ou ceux qui ont réalisé ces essais ont généralement effectué seul (s) le montage et la mise en condition de fonctionnement (I.3, I.5), et vérifié la construction mécanique, la résistance des matériels (I.5).

Après avoir **pris connaissance des normes de références et des consignes** particulières du responsable des essais, après avoir **mis en service les dispositifs d'enregistrement et de traitement des données** (assistance d'un ordinateur dans ce cas), le technicien d'essai allume le brûleur. Il sait, par la lecture des notices, par les instructions reçues et, bien sûr, par expérience, démarrer et essayer un brûleur.

Il effectue les opérations suivantes :

- **contrôle des organes annexes** (débit d'air du ventilateur, stabilité des variations de pression des pompes) ;
- **examen à l'œil nu de la couleur et de la forme de la flamme**, qui sont les paramètres essentiels du bon fonctionnement du brûleur ;
- **analyse des gaz de combustion** en fonction de la pression dans le foyer et des débits d'air et de fuel de façon à déterminer la qualité de la combustion ; et cela pour différents pourcentages d'air comburant (excès ou défaut d'air) ;
- **mesure de pollution** selon les cas d'utilisation précis ;
- **vérification des sécurités** (automatisation des organes de commande, arrêt en condition de fonctionnement anormal) ;
- toutes ces mesures sont faites dans les cas de bon et mauvais fonctionnement du brûleur. Le rendement est calculé par l'ordinateur et étudié par le responsable de

l'homologation qui les compare (cf. I.7, I.8) aux données fournies par le technicien après tous les essais.

*B) Étalonnage d'une sonde optique en écoulement freiné (solution aqueuse) dans le cas d'une simulation du fonctionnement du cœur d'un réacteur nucléaire (boucle d'essai).*

Le dispositif installé (I.3, I.4 et I.5) permet de comparer la mesure locale faite avec la sonde optique, à une mesure globale de l'écoulement faite par une sonde radioactive.

Quand le régime de fonctionnement stabilisé a été obtenu (cf. mise en route d'installation expérimentale), le technicien chargé de l'étalonnage :

- déplace par une vis micrométrique la sonde optique tout le long du diamètre du canal d'essai et fait le relevé des taux de vide observés (affichage électronique qui varie toutes les 10 secondes) ;
- fait six ou sept mesures qui consistent chacune en seize ou dix-sept relevés dont il calcule la moyenne ;
- compare cette valeur à celle de la sonde radio-active et fait la moyenne de référence ;
- trace sur un graphique le taux de vide obtenu en fonction du diamètre pour un seuil donné (il fait deux graphiques car il y a deux seuils) ;
- planimètre les deux graphiques ;
- calcule la moyenne pour chaque seuil ;
- établit ensuite un autre graphique, sur lequel il reporte le taux de vide moyen en fonction du seuil et du taux de vide global (sonde radioactive). Il détermine le seuil optimal pour un régime donné de la boucle par lecture de l'interaction des deux courbes ;
- puis il change le titre de la solution aqueuse (qui va de 0 à 30 %) et la vitesse d'écoulement, refaisant chaque fois le travail précédemment décrit.

Après avoir fait les mesures dans chacun des cas, il peut ainsi préciser les valeurs de vitesse d'écoulement et les titrages de la solution auxquels correspondent les seuils à utiliser pour la sonde optique.

#### **IV. - ASSOCIATIONS AVEC D'AUTRES UNITÉS D'INTERVENTION**

L'unité d'intervention I.6 est associée aux deux unités la précédant et aux deux la suivant (I.4 « Préparation des essais et mesures » - I.5 « Mise en condition de fonctionnement » - I.7 « Bilans techniques et analyses critiques du fonctionnement des appareils et des équipements » - I.8 « Constitution des dossiers, bilans et évaluations financiers, réception »). Ces couples d'unités se rencontrent dans l'activité des techniciens d'essais, ou de mise en route et dans celle des ingénieurs de plateforme, d'essais.

Installation 7

## **BILANS TECHNIQUES ET ANALYSES CRITIQUES DU FONCTIONNEMENT DES APPAREILS ET DES ÉQUIPEMENTS**

- Formaliser les résultats obtenus au cours de la mise en route et des essais d'une installation.
- Les analyser, voire les théoriser afin d'en tirer des éléments utiles aux exploitants et aux concepteurs de systèmes thermiques.

### *I. - COMPTE RENDU D'ESSAIS*

Le metteur en route ou l'essayeur sur plate-forme ou sur installation expérimentale **transcrit les résultats obtenus ainsi que les modes opératoires utilisés** ; la forme donnée peut être :

- un simple rapport manuscrit destiné au supérieur hiérarchique ;
- un procès-verbal d'essai en vue d'attribution d'une norme de qualité (il doit respecter une formalisation particulière) ;
- un rapport d'essai détaillé reprenant la description du dispositif testé, les modes opératoires des manipulations, les résultats ; et s'achevant par une conclusion ;
- des courbes tracées à partir des relevés de mesures ;
- un rapport sur les anomalies constatées lors de la mise en route d'une installation ;
- etc.

### *II. - TRAVAUX COMPLÉMENTAIRES - ESSAIS SPÉCIAUX*

L'analyse des résultats ci-dessus peut amener le responsable des essais à **demander des modifications** de l'installation d'essai originale **ou des essais complémentaires** afin d'approfondir un point particulier.

### III. - BILANS TECHNIQUES

Les responsables de la mise en route et de l'essai d'une installation destinée à être livrée, les responsables des essais d'un montage expérimental traitent les résultats des essais afin d'en tirer des bilans techniques du type :

- **bilan frigorifique** ;
- **calcul des rendements et bilan thermique** ;
- **étude des déperditions de chaleur et des ponts thermiques** ;
- etc.

L'analyse des résultats des essais permet également :

- **de rechercher les causes d'une anomalie de fonctionnement** ;
- **de proposer des modifications** d'une installation ;
- **de dégager les lois à partir des phénomènes observés et de mettre au point un principe de calcul** donnant les mêmes résultats que l'expérience. Cette théorisation sera utilisée comme aide à la conception d'installations nouvelles ou d'appareils de mesures nouveaux.

Les résultats des essais et de la mise en route d'une installation permettent de mettre au point les consignes d'exploitation et la conduite de l'installation (cf. E.1 ; E.2).

### IV. - ASSOCIATIONS AVEC D'AUTRES UNITÉS D'INTERVENTION

Cette unité de fin d'installation est liée avec la dernière unité I.8 et avec la précédente, I.6 (« Constitution des dossiers, bilans et évaluations financiers, réception » - « Mise en route, mesures et essais ») mais elle est aussi associée à I.4 et I.5 (« Préparation des essais et mesures » - « Mise en route, mesures et essais») dans le travail des techniciens et ingénieurs d'essais ou de mise en route.

Les liaisons avec des unités de l'étape conception apparaissent particulièrement dans l'activité de chef de groupe, d'ingénieur de projet (C.2 « Composition des besoins nouveaux et des impératifs économiques en applications industrielles », dans le travail d'un ingénieur d'affaires (C.3 « Définition des caractéristiques générales du système ») et dans celui d'un chef de chantier, d'un ingénieur ou d'un technicien d'essais (C.4 « Calculs de l'installation, en avant-projet, choix des équipements, prix et financement »).

---

E.1 : Organisation - contrats - consignes.

E.2 : Conduite des installations.

## Installation 8

### CONSTITUTION DES DOSSIERS BILANS ET ÉVALUATIONS FINANCIERS - RÉCEPTION

- **Mise au point de tous les documents nécessaires à l'utilisateur.**
- **Bilan financier de l'affaire ou de l'installation.**
- **Réception de l'installation par les services techniques agréés et l'utilisateur.**

#### *I. - MISE AU POINT DES DOCUMENTS TECHNIQUES*

Les ingénieurs ou les techniciens responsables de l'installation effectuent la mise au point des documents techniques divers concernant la composition du système thermique ou son fonctionnement.

- **Mise au point du guide de conduite et d'entretien** d'une importante installation (de liquéfaction de gaz par exemple). Sont inclus dans ce type de document, les enseignements tirés des opérations de mise en route et les notices d'entretien des fabricants de certains composants du système.
- **Mise à jour des schémas et des plans** qui seront remis à l'utilisateur (transcription des modifications qui ont été apportées).
- **Rectification des nomenclatures des pièces** constituant le système thermique.

Ces deux derniers documents seront remis au client et aux services concernés de l'entreprise pour archivage et information.

- **Rédaction des notes techniques et commerciales** pour la commercialisation d'un système thermique de petite taille (bloc de climatisation, par exemple).
- **Préparation de planches techniques** pour des démonstrations de matériel (pompe à chaleur par exemple), ou de la diffusion d'informations.

## *II. - BILANS FINANCIERS*

L'ingénieur ou le technicien qui a la responsabilité technique et financière d'une affaire **dresse le bilan financier** de l'affaire dans son ensemble ou seulement du chantier, recherchant les gains ou les pertes, les motifs des dépassements financiers (augmentation des prix du matériel, heures de travail plus nombreuses, incidents). Ces éléments seront utilisés lors de la préparation d'une prochaine installation.

Dans le cas d'une installation d'essais ou prototype, le bilan financier peut se limiter à une **simple évaluation des coûts en matériel et en main-d'œuvre nécessaires** à une campagne d'essais et mesures.

## *III. - RÉCEPTION DE L'INSTALLATION*

En fin d'installation, un système thermique est généralement soumis à un essai de réception (provisoire ou définitive). **L'essai**, conduit le plus souvent par le personnel qui assurera l'exploitation du système thermique, a pour but de **démontrer le bon fonctionnement et les performances de l'installation**. Il est demandé par le client et parfois par des organismes tels que APAVES, Mines, Commission de normalisation, pour des agréments obligatoires.

Le responsable de ces opérations prépare cet essai et réunit les documents (cf. I.7) qu'il remet aux participants. Il assure, en général, la direction de l'essai de réception, participant plus ou moins à sa réalisation aux côtés du technicien et/ou des ouvriers.

En fin d'essai, chacune des parties signe le procès-verbal de réception. La responsabilité du matériel est alors transférée à l'exploitant.

## *IV. - ASSOCIATIONS AVEC D'AUTRES UNITÉS D'INTERVENTION*

Ultime unité de l'étape installation, articulée avec la précédente (I.7 « Bilans techniques et analyses critiques du fonctionnement des appareils et des équipements »), elle est associée à I.2 et I.3 (« Préparation des chantiers » - « Montage et suivi du chantier ») dans l'activité d'un chef de chantier, d'un chargé d'affaires ou d'un ingénieur d'études. Ceux-ci interviennent aussi, conjointement à I.8, en C.4 (« Calculs de l'installation en avant-projet, choix d'équipements, prix et financement ») et C.3 (« Définition des caractéristiques générales du système »).

L'association avec I.4 et I.6 (« Préparation des essais et mesures » - « Mise en route, mesures et essais ») est notable dans le travail des techniciens et ingénieurs d'essais ou de mise en route.

## ORGANISATION - CONTRATS - CONSIGNES

**Mise au point des contrats, des conditions d'exploitation et des consignes à donner au personnel d'exploitation.**

### *I. - DÉFINITION DES CONTRATS ET DES CONDITIONS D'EXPLOITATION*

**Les responsables de l'exploitation d'un système thermique** (chef de bloc dans une centrale thermique, ingénieur fusion dans une verrerie, ingénieur procédé sur une chaîne de congélation, chef d'atelier traitement thermique, etc.) **rassemblent par écrit des données sur les matériels, les performances attendues, les sécurités et contraintes particulières, les conditions financières, afin d'arrêter les conditions d'exploitation.**

Ils les recherchent dans les documents transmis parfois dès la conception ou la réalisation du système, dans les dossiers constitués en fin d'installation (cf. I.8).

Ils tirent profit aussi de la réception de l'installation.

Ces informations sont organisées sous différentes formes :

- **contrat** signé entre le propriétaire de l'installation et l'entreprise d'exploitation dans le cas de chaufferies ou de centrales de distribution de fluide thermique ;
- **consignes** dans le cas de l'exploitation d'une station d'essai ou d'un matériel expérimental ;
- **normes de production** dans le cas de l'exploitation d'une centrale produisant l'énergie nécessaire à un établissement.

Les conditions d'exploitation portent particulièrement sur :

- **les caractéristiques principales de l'installation** (centrale nucléaire, chaufferie centralisée, four thermique, banc d'essai expérimental, ...) ;
- **les impératifs de production à respecter** (température de fluide, tonnage de vapeur, température d'un four, ...) ;

- **les points qui nécessiteront** de la part des intervenants **une vigilance particulière** (maintien d'une humidité, d'un niveau critique, etc.);
- **les valeurs de certains paramètres** de l'exploitation qui, en cas de divergence du matériel, signifient : arrêt de la production, produit non conforme, etc. ;
- **les impératifs et conditions de sécurité** ;
- **les conditions financières d'utilisation des énergies** (contrats EDF, GDF, etc.).

## *II. - DÉFINITION DES PROGRAMMES ET CONSIGNES D'EXPLOITATION*

A partir des informations rassemblées, le responsable de l'exploitation établit :

- **les programmes de fonctionnement,**
- **les instructions d'opérations.**

a) **Les programmes de fonctionnement** organisent :

- **la marche de l'installation** en fonction de la demande d'énergie ;
- **la consommation d'énergie et la gestion du parc combustible** en fonction de l'évolution des marchés de prix et des prévisions de production ;
- l'entretien à long terme (arrêt de tranche) ;
- le matériel de recharge à commander, le type de combustible à utiliser ;
- les équipes de personnel de conduite ou d'entretien à prévoir.

b) **Des instructions ou consignes d'opérations,** (suivies lors de la conduite des installations, (E.2), sont préparées :

- pour **chaque manœuvre nécessaire au fonctionnement de l'installation** (mise en route, ou arrêt d'une installation thermique, ...) ;
- pour **définir les contrôles à effectuer et leur fréquence** (journalière, mensuelle, etc.) ;
- pour **indiquer** au personnel d'exploitation **les relevés de mesures** à effectuer.

Généralement ces modes opératoires sont transcrits sur les documents d'exploitation et les cahiers de consignes utilisés lors de la conduite des installations (E.2).

Ces instructions intègrent les données ajustées lors de la mise en route et des essais de l'installation (cf. I.6). Elles ne sont pas établies une fois pour toutes car elles seront modifiées en fonction des bilans d'exploitation (cf. E.3).

## *III. - ASSOCIATIONS AVEC D'AUTRES UNITÉS D'INTERVENTION*

L'articulation est nette avec les deux autres unités de l'étape exploitation. L'association avec E.3 « Bilans et améliorations » est courante dans l'activité d'un ingénieur d'entretien, d'un chef de service maintenance, d'un ingénieur procédé, d'un chef de bloc et d'un chef de quart. Ces derniers interviennent aussi, conjointement à E.1, en M.1 (« Mise au point des procédures gestion des matériels »).

## CONDUITE DES INSTALLATIONS

**Effectuer le démarrage, assurer la marche normale et l'arrêt des matériels composant le système thermique.**

Ceci est fait de multiples façons selon les installations : conduite manuelle, automatisée, fonctionnement discontinu ou continu, périodique, exceptionnel... Bien des fois le travail est posté.

### *I. - OPÉRATIONS DE CONDUITE DES INSTALLATIONS*

**La diversité des opérations de conduite est très grande et leur composante thermique n'est pas toujours dominante.**

**Les matériels et les technologies sont très divers** : chaudières, fours de traitement thermique, réacteurs nucléaires, armoires de climatisation, brûleurs...

**Les situations de fonctionnement sont variées** : industrie automobile, chimique, production d'énergie, centres commerciaux...

**Les places dans le processus de production sont différentes** : usines produisant en continu ou en discontinu, en petite ou en grande série, ateliers pilotes, laboratoires d'essais...

**L'environnement est inégal** : poussière, chaleur, humidité, bruit...

**Cependant il y a une unification importante apportée par la régulation et l'automatisation grandissante des systèmes thermiques.** Des systèmes différents donnent lieu à des opérations de conduite identiques, cependant leurs composantes thermiques sont manifestes (cf. étude de cas).

ÉTUDE DE CAS : Travail en poste d'un « fondeur » de four de fusion (verre)

**Il opère en salle de contrôle et sur le site.** La chaîne des opérations qu'il doit surveiller s'étend des stocks de matières premières et d'énergie à la coulée du verre en passant par la composition, la fusion, l'alimentation en eau de refroidissement.

En début de poste, **il prend connaissance des consignes** portées sur les cahiers de poste ainsi que **des incidents et interventions qui ont eu lieu** ; ceux-ci lui sont commentés par le conducteur qu'il relève.

En salle de contrôle, **il lit les relevés des compteurs** faits par son second et **il calcule différents débits** (fuel, gaz, électricité, ...) ainsi que la consommation de matières premières. Le « fondeur » établit le tonnage de verre tiré à partir des cadences des machines, apprécie le rapport avec les consommations et **cherche les causes des anomalies**.

**Il surveille** la composition automatique et la fusion en regardant **les indicateurs de débits, de niveaux** ; en surveillant **les stylets des appareils de régulation** ; en contrôlant la marche des chaudières et l'alimentation en eau (témoins lumineux seulement car il y a sur le site un opérateur qui s'en occupe).

Toutes ces indications sont regroupées sur des tableaux en salle de contrôle et, **en cas d'incident**, par exemple dans la composition automatique, **il se rend sur place, détermine le type de panne et la traite lui-même ou passe la main à l'entretien** (cf. M.2). **Il informe sa hiérarchie** s'il est en difficulté ou s'il y a des conséquences graves.

Il dispose pour ces surveillances d'un synoptique lumineux visualisant le matériel défectueux ou dérégulé.

**Il commande l'inversion des brûleurs du four**, dont il décide le moment précis, dans une plage d'un quart d'heure en moyenne, **en fonction de l'équilibrage des températures de chambres qu'il apprécie lui-même** (par le coup d'œil sur la flamme, les mesures automatiques et les mesures par pyrométrie optique).

**Au cours de ses tournées sur les installations, il observe**, par des œilletons de visite du four, **le comportement des réfractaires** : glissement ou chute d'un bloc - apparition de point rouge (usure critique) au niveau de la ligne de flottaison du matelas de composition et du siphon. Au vu de ces phénomènes, **il prévient sa hiérarchie**.

Le « fondeur » **apprécie aussi le bon fonctionnement des brûleurs en se basant sur l'allure de la flamme, sa longueur, sa couleur** (pourcentage « de noir »).

La surveillance par télévision n'est pas utilisée comme une base d'appréciation fine.

**Il effectue des contrôles de température** par pyrométrie optique à intervalles réguliers et toujours au même endroit (chaque « fondeur » a son point de repère) pour préciser et compléter les enregistreurs automatiques et thermocouples.

**Il inscrit les relevés sur le cahier de rapport** et contrôle les indications données par les tableaux.

Au cours de ces inspections, il peut s'apercevoir qu'un orifice est bouché, **il assure alors lui-même le nettoyage du brûleur** (conditions de travail pénibles à cause de la chaleur) et en profite pour vérifier les gueulards.

De temps en temps le conducteur de fusion jette un coup d'œil à la superstructure du four lorsque les fours sont suspendus à la charpente.

Ce travail quotidien du « fondeur » demande **une vigilance accrue et beaucoup d'actions de commande manuelle lors de la mise en chauffe du four (tous les deux**

**ans)**, car il y a de délicats problèmes lors de la montée en température (réactions des réfractaires) du démarrage de la fusion au groisil et de la première introduction de la composition.

## *II. - ASSOCIATIONS AVEC D'AUTRES UNITÉS D'INTERVENTION*

Cette unité est seulement associée aux deux autres unités de l'étape exploitation E.1 et E.3 (« Organisation, contrats, consignes » - « Bilans, améliorations »).

## Exploitation 3

### **BILANS - AMÉLIORATIONS**

- **Faire certaines statistiques (consommations d'énergie, produits fabriqués, ...).**
- **Effectuer des calculs de rentabilité.**
- **Rechercher les améliorations à apporter à l'exploitation.**

#### *I. - BILANS*

Sur la base des chiffres quotidiens de l'exploitation, des feuilles de relevés, des cahiers de consignes et des bilans réduits faits lors de la conduite des installations (E.2), les personnels ayant la charge des bilans et améliorations :

- **rédigent différents comptes rendus et rapports** (compte rendus de marche, rapports d'intervention sur incident, rapports d'essais et de remise en route, ...);
- **font des bilans d'exploitation** à intervalles réguliers (bilans de consommation, de production, analyses de performance de matériel, ...);
- **établissent des bilans financiers.**

**Pour ce faire, ils exploitent les mesures et les documents d'exploitation, étudient les pannes et pratiquent l'analyse de la valeur.**

#### *II. - CONCLUSIONS - AMÉLIORATIONS*

Partant des données précédentes, les intervenants cherchent à **améliorer les termes du bilan d'exploitation en travaillant** sur plusieurs domaines :

- **la réorganisation d'une partie ou de la totalité du fonctionnement du système thermique ou du processus de production qui l'englobe ;**
- **la recherche d'économies d'énergie et de réduction de pollution ;**
- **le développement de la sécurité du personnel et du matériel ;**
- **l'amélioration des conditions de travail.**

En fonction de ces objectifs, ils **décident de mener plusieurs actions appropriées** :

- **changement éventuel de la nature du combustible** ou fonctionnement multicom bustible ;
- **ajustement de certains réglages** pour, par exemple, diminuer les pertes à la cheminée ou améliorer la « trace de la flamme » d'un brûleur ;
- **modification des temps de marche** ;
- **mise au point d'un schéma d'analyse des postes de consommation** pouvant aller d'un découpage en larges secteurs à une ventilation par produit fabriqué, par machine ;
- **inventaire des postes sur lesquels pourraient être faits des économies d'énergie** ;
- **diminution des pollutions** de l'environnement ;
- **réduction des nuisances** de certains postes de travail (bruit, poussières, température, ...).

Ces activités s'articulent avec celles de l'unité d'intervention E.1 (« Organisation, contrats, consignes »).

### *III. - ASSOCIATIONS AVEC D'AUTRES UNITÉS D'INTERVENTION*

Dernière unité de l'étape exploitation, elle est associée à la première, E.1, (« Organisation, contrats, consignes ») et aux deux premières unités d'intervention en maintenance M.1 et M.2 (Mise au point des procédures, gestion des matériels - Analyse des symptômes - diagnostics). Cette dernière association E.3 - M.2 a été notée particulièrement dans le travail de contre-maître d'exploitation et de chef de bloc.

## MISE AU POINT DES PROCÉDURES GESTION DES MATÉRIELS

- **Procéder à la mise au point et à la préparation des opérations de dépannage et d'entretien préventif.**
- **Gérer les stocks de pièces de rechange.**

Ces opérations relèvent de la technique, du financier, de l'organisationnel.

Les opérations de mise au point des procédures, de préparation de la maintenance, et de gestion des matériels sont plus ou moins formalisées et mettront en jeu un personnel plus ou moins nombreux en fonction de la taille des installations. Par exemple, la grande révision d'une tranche de centrale thermique met en jeu des procédures et une organisation importante comprenant le recours à des entreprises sous-traitantes.

### *I. - LA MISE AU POINT DES PROCÉDURES DE MAINTENANCE*

Elle consiste généralement en :

- **la rédaction**, à l'intention des dépanneurs, **de gammes d'interventions** et **de fiches d'entretien préventif** en s'appuyant sur les documents fournis par les constructeurs et les installateurs comme sur les enseignements tirés des essais, de la mise en route, des incidents et pannes d'exploitation ;
- **la rédaction de nomenclatures de pièces de rechange, de matériel et outillage de dépannage** ;
- **leur ajustement en fonction de l'évolution** du matériel et des modifications apportées à l'installation ;
- **la rédaction des opérations de « consignation »** pour chaque type d'intervention. Il s'agit d'établir la liste des manœuvres à effectuer pour isoler et condamner les matériels à réparer afin d'assurer la sécurité des personnels (par exemple fermer les coupe-circuits électriques, les vannes d'alimentation en vapeur et les cadenasser, et protéger les équipements ;

\* Par maintenance, il faut entendre dépannage et entretien préventif.

— **la programmation d'un entretien préventif** sur de longues périodes (cinq ans par exemple) pour les gros matériels qui nécessitent de profiter des arrêts d'exploitation annuels, s'il y en a, et de préparer des concours exceptionnels (matériels de levage, spécialistes divers, experts officiels).

## II. - LA PRÉPARATION DES OPÉRATIONS DE MAINTENANCE

Ces opérations sont faites, soit à la demande plus ou moins urgente des exploitants, soit en fonction du programme préventif.

Dans le premier cas, la situation de dépannage, il faut pouvoir **très vite décider des premières opérations à faire** (isolation électrique, passage en conduite manuelle, dérivation de la production, contrôle du déclenchement des sécurités, recherche de la pièce de remplacement, ...) et **des personnels à mobiliser et à envoyer sur place. Ce travail** (à l'articulation de M.1 et M.2) **suppose que les conditions de réalisation des opérations de dépannage aient été préparées.**

Elles l'ont été par :

- **la visite régulière des installations ;**
- **la tenue de réunions** sur le fonctionnement des installations et les travaux déjà effectués ou sur leur avancement. Au cours de ce type de réunion des décisions sont prises concernant :
- **l'ordre d'urgence des travaux ;**
- **les plannings d'intervention ;**
- **les décisions d'arrêt** des installations pour entretien préventif selon les opportunités créées par les programmes de production ;
- **la consultation de sous-traitants** ou de sociétés de services pour des travaux spécifiques ou importants ;
- **l'embauche du personnel intérimaire** lorsque des gros travaux doivent être effectués ;
- **la distribution du travail** aux préparateurs (selon leur spécialité) et au personnel d'exécution ;
- **la recherche d'une clientèle** susceptible de passer des contrats d'entretien avec l'entreprise prestataire de service.

## III. - LA GESTION DES MATÉRIELS

Elle inclut la **gestion des pièces détachées et outils de dépannage, la gestion des magasins, la consultation des fournisseurs** pour connaître les prix, les délais et les nouveaux produits, **la commande des matériels à remplacer.**

Elle comprend également la **détermination des pièces** (nombre et type) **à stocker à partir surtout de l'analyse des pannes** passées et de leur fréquence, des délais d'approvisionnement et des coûts.

#### *IV. - ASSOCIATIONS AVEC D'AUTRES UNITÉS D'INTERVENTION*

Cette première unité d'intervention en maintenance est associée à la dernière unité de cette étape, M.4, (« Conclusions techniques et financières ») dans le travail d'un ingénieur ou d'un chef de service maintenance. Elle est aussi liée aux unités d'intervention en exploitation E.1 et E.3 (« Organisation, contrats, consignes » - « Bilans, améliorations ») dans l'activité des chefs de quart et des chefs de bloc.

## **ANALYSE DES SYMPTÔMES - DIAGNOSTIC**

**Porter un diagnostic sur une installation en panne ou présentant une anomalie dans son fonctionnement, afin de dépanner ou de faire dépanner l'installation.**

### *I. - LA DEMANDE DE DIAGNOSTIC*

Elle a plusieurs origines et des degrés d'urgence divers : elle peut émaner de l'exploitant qui appelle le service d'entretien, du généraliste du service entretien qui appelle un spécialiste d'une technologie particulière, etc.

Certaines opérations décrites dans l'unité d'intervention M.1 ne sont possibles que lorsque les opérations de M.2 ont été exécutées (commande de matériel spécifique, devis de réparation...).

### *II. - ANALYSE DES SYMPTOMES DE PANNE*

**Avant l'opération de diagnostic** proprement dite un certain nombre **de constatations et d'analyses sont nécessaires**, citons plus particulièrement :

- la consultation des schémas et des plans de l'installation ;
- l'observation attentive des différentes parties de l'installation ;
- l'examen des indications données par les appareils de mesure, enregistreurs ou non ;
- l'analyse des explications fournies par le personnel d'exploitation ;
- l'examen des pièces défectueuses après démontage total ou partiel de l'installation ;
- etc.

### *III. - DIAGNOSTIC*

**A partir des éléments décrits** précédemment et **de la connaissance générale** que l'intervenant a **de l'installation**, il formule un diagnostic : éléments hors service ou déréglés, ... ou bien seulement localisation de la panne, demande de démontage afin d'examiner plus à fond une partie de l'installation...

Il devient alors possible de dépanner ou de faire intervenir le dépanneur compétent (pneumatique, hydraulique, thermique, électricité/électronique...) : c'est l'unité d'intervention suivante M.3.

**En cas de difficultés** insurmontables, il est parfois fait **appel aux services du constructeur**.

### *IV. - ASSOCIATIONS AVEC D'AUTRES UNITÉS D'INTERVENTION*

Associée avec chacune des autres unités d'intervention en maintenance, elle fait partie conjointement à E.3 (« Bilans, amélioration en exploitation »), du travail de contremaître d'exploitation et de chef de bloc.

## DÉPANNAGE ET ENTRETIEN PRÉVENTIF

- Remettre en état de fonctionnement normal une installation.
- Assurer son entretien préventif.

Les opérations de maintenance effectuées sur un système thermique ne sont pas nécessairement à caractéristique thermique. Elles relèvent souvent de technologies diverses, telles que la mécanique (montage, démontage d'ensembles boulonnés), la chaudronnerie et le tuyautage (fuites, remplacement d'éléments chaudronnés, ...). En conséquence, les intervenants dans le dépannage et l'entretien préventif d'un système thermique sont peu nombreux dans l'échantillon car ils sont à la limite du hors champ.

### *I. - DÉPANNAGE*

Compte tenu de la remarque précédente, il est manifeste que **les opérations de dépannage de systèmes thermiques sont très diversifiées.**

A titre d'exemple, voici un dépannage courant effectué par une entreprise de service en chauffage et climatisation :

- le « dépanneur » se rend sur place sur appel téléphonique du client ;
- il détermine la panne (par examen des éléments du système) (cf. M.2) ;
- s'il a le matériel nécessaire dans son véhicule, il peut procéder à la réparation (remplacement de fusibles - cellules - thermostats - thermomètres, mise en route des pompes de secours, nettoyage de filtres, ...);
- dans le cas (peu fréquent) où il ne peut dépanner, même provisoirement, l'installation, il prévient son supérieur qui enverra une autre personne avec le matériel nécessaire, dans les délais les plus brefs ;
- il peut être amené à effectuer les réglages de combustion des brûleurs, soit en observant l'aspect de la flamme, soit en utilisant les appareils de contrôle appropriés ;

— son travail terminé, le « dépanneur » rédige un compte rendu de travail, signé par le client, et utilisé par l'entreprise pour effectuer les facturations de pièces détachées et de main-d'œuvre (cf. M.4).

## *II. - L'ENTRETIEN PRÉVENTIF*

Il permet de maintenir en état les installations et de combattre leur vieillissement. Il comprend des **opérations, elles aussi, très diversifiées et assez peu « thermiques »** :

- nettoyage général et peinture des sous-ensembles et tuyauteries ;
- réparation des fuites (vanne, presse-étoupe) ;
- nettoyage de capteurs, des filtres (air, huile, fuel) ;
- détartrage éventuel des échangeurs ;
- ramonage des chaudières et des conduits de fumée ;
- nettoyage des brûleurs ;
- vérification du matériel de traitement des eaux ;
- vérification du fonctionnement des groupes électrogènes et des groupes frigorifiques - vidange des moteurs - vérification de l'acidité de l'huile ;
- vérification de la fiabilité des instruments de mesure ;
- etc.

## *III. - ASSOCIATIONS AVEC D'AUTRES UNITÉS D'INTERVENTION*

De nettes liaisons ont été observées dans les contenus d'activité seulement avec les unités M.2 et M.4 (« Analyse des symptômes, diagnostic » - « Conclusions techniques et financières »).

## CONCLUSIONS TECHNIQUES ET FINANCIÈRES

Établir les coûts et tirer les enseignements techniques et financiers des opérations de préparation, de dépannage et d'entretien préventif.

### I. - CONCLUSIONS TECHNIQUES

Elles ont pour but :

- **d'améliorer les procédures et modes opératoires** du dépannage et de l'entretien préventif ;
- **diminuer le nombre des pannes** et la fréquence des interventions pour **améliorer la rentabilité et la sécurité** de l'exploitation du système thermique.

Les responsables de service ou la maîtrise qui ont généralement la responsabilité de l'atteinte de ces objectifs :

- **rédigent ou étudient les rapports d'accident ou d'incident** ayant arrêté le fonctionnement d'une installation. Ils doivent donner des **informations sur les origines, les causes** et éventuellement **les améliorations à apporter**.

Ces rapports sont, si nécessaire, transmis aux directions concernées, qui :

- **proposent des modifications d'un matériel,**
- **suggèrent des changements de certaines conditions d'exploitation,**
- **préparent les contrôles effectués par les services agréés** (APAVES, Service des Mines, etc.).

Ceci est fait en étudiant les demandes d'intervention, les comptes rendus faits par les dépanneurs, les essais et des réceptions de matériel.

Enfin, les services de maintenance interviennent parfois à la demande de l'exploitation pour examiner la tenue des équipements, ce qui donne lieu à un rapport.

## II. - CONCLUSIONS FINANCIÈRES

Elles sont de deux ordres : elles concernent **la gestion financière du service** de dépannage et d'entretien d'une part, **l'établissement du coût d'une intervention** d'autre part.

**Les activités de gestion financière** sont semblables à celles d'autres services d'une entreprise, il s'agit notamment de **prévision et de suivi du budget, de mesures d'économie ou d'investissement** (en personnel, frais d'immobilisation de stock, en matériel...). Dans le cas de sociétés de service, on trouvera en plus, **les relances de paiements, le règlement des litiges...**

**Le chiffrage des interventions** s'opère différemment si le service demandeur de réparation et d'entretien et le service de maintenance font partie du même établissement ou si le travail a été fait par une société de service.

Dans le premier cas, les imputations de frais entre services sont faites **de façon plus ou moins précise, détaillée et systématisée selon le degré de développement de la gestion analytique.**

Dans le second cas, il s'agit des procédures habituelles selon **les règles commerciales** et elles ne sont pas particulières pour le domaine thermique.

## III. - ASSOCIATIONS AVEC D'AUTRES UNITÉS D'INTERVENTION

Liée avec toutes les autres unités de l'étape Maintenance l'association avec M.1 (« Mise au point des procédures, gestion des matériels ») est apparue nettement dans le travail de chef de service maintenance. L'articulation avec M.2 (« Analyse des symptômes, diagnostic ») paraît plus du ressort des contremaîtres et techniciens maintenance.

## LA CONFIGURATION DES INTERVENTIONS

La succession d'unités d'intervention décrit le système d'intervention sur le système thermique, chacun des « thermiciens » (1) contribuant plus ou moins complètement à quelques unes de ces unités.

Les associations d'unités observées dans les contenus de travail des « thermiciens » sont à étudier pour connaître les diverses configurations de l'activité des thermiciens.

### 1 - LA PLAGE D'INTERVENTION DES THERMIENS

Par plage d'intervention, on désigne le nombre d'unités d'intervention auxquelles participe un « thermicien ».

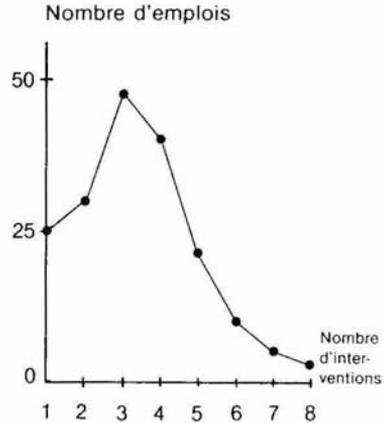
---

(1) Pour simplifier l'écriture, les intervenants sur le système thermique seront dorénavant désignés par le terme de thermicien mis entre guillemets.

Tableau 18

Plage d'intervention des « thermiciens »

Nombre d'interventions	Nombre d'emplois
1	24
2	29
3	47
4	39
5	19
6	9
7	4
8	1
> 8	3
Total	175



Pour la moitié des « thermiciens », la plage d'intervention s'étend sur trois à quatre unités d'intervention, pour près d'un tiers elle ne recouvre qu'une à deux unités, et pour seulement près du quart d'entre eux elle concerne plus de quatre unités.

## 2 - LES ASSOCIATIONS D'UNITÉS D'INTERVENTION

Les associations d'unités d'intervention sont très nombreuses. Le traitement informatique a fait ressortir cent-quinze combinaisons différentes des vingt-trois unités d'intervention, correspondant à cent-quinze contenus de travail différents pour cent soixante quinze emplois analysés. Compte tenu du faible nombre d'unités d'intervention pour un emploi déterminé, on s'intéressera d'abord aux couples d'unités d'intervention puis à la répartition dans la population observée de l'ensemble des associations d'unités d'intervention.

Ces associations sont de deux types :

- d'une part, les associations d'unités d'intervention contiguës dans le système d'intervention (par exemple : C.1 et C.2 ; I.2 et I.3 ; M.1 et M.2, etc.). Dans ce cas, le « thermicien » intervient linéairement sur le système thermique ;
- d'autre part, les associations d'unités d'intervention non contiguës (par exemple : C.2 et C.4 ; C.4 et I.8 ; I.4 et I.8, etc.). Le thermicien n'intervient plus linéairement sur le système mais plutôt sur des unités d'intervention-clé. Ces emplois sont souvent de niveau hiérarchique élevé (ingénieurs, chefs de service, etc.).

## 2.1 - Les couples d'unités d'intervention contiguës

Les combinaisons qui émergent sont les suivantes (2) :

<b>C</b>	C.2 - C.3	(n = 18)	Transposition des besoins nouveaux et des impératifs économiques en applications industrielles - Définition des caractéristiques générales du système.
	C.3 - C.4	(n = 38)	Définition des caractéristiques générales du système - Calculs de l'installation en avant-projet, choix des équipements, prix et financement.
	C.4 - C.5	(n = 16)	Calculs de l'installation en avant-projet, ... - Études d'exécution.
<b>I</b>	I.2 - I.3	(n = 13)	Préparation des chantiers - Montage et suivi de chantier.
	I.5 - I.6	(n = 15)	Mise en condition de fonctionnement - Mise en route, mesures et essais.
	I.6 - I.7	(n = 24)	Mise en route, mesures et essais - Bilans techniques et analyses critiques du fonctionnement des appareils et équipements.
	I.7 - I.8	(n = 10)	Bilans techniques et analyses critiques... - Constitution des dossiers, bilans et évaluations financiers, réception.
<b>E</b>	E.1 - E.2	(n = 10)	Organisation, contrats, consignes - Conduite des installations.
	E.2 - E.3	(n = 13)	Conduite des installations - Bilans - Améliorations.
<b>E-M</b>	E.3 - M.1	(n = 11)	Bilans - Améliorations - Mise au point des procédures, gestion des matériels.
<b>M</b>	M.1 - M.2	(n = 12)	Mise au point des procédures, gestion des matériels - Analyse des symptômes - diagnostic.

Il faut noter particulièrement le couple **E.3 - M.1** qui témoigne de l'imbrication de l'**Exploitation et de la Maintenance**, la personne qui effectue les bilans de l'exploitation préparant également les opérations de maintenance.

## 2.2 - Les couples d'unités d'intervention non contiguës

<b>C</b>	C.2 - C.4	(n = 17)	Transposition des besoins nouveaux et des contraintes économiques en applications industrielles - Calcul de l'installation.
----------	-----------	----------	---

(2) L'analyse porte sur les couples d'unités d'intervention dont la fréquence d'apparition est au moins égale à 10.

<b>C-I</b>	C.3 - I.4	(n = 10)	Définition des caractéristiques générales du système - Préparation des essais et mesures.
	C.3 - I.7	(n = 14)	Définition d'un système et analyse des résultats d'essais ou bien intégration des résultats d'essais lors de la conception d'un système nouveau.
	C.3 - I.8	(n = 13)	
	C.4 - I.2	(n = 10)	Calcul d'un système et mise en chantier.
	C.4 - I.3	(n = 17)	Calcul d'un système et montage et suivi de chantier.
	C.4 - I.4	(n = 15)	Calcul d'un système et préparation des essais et mesures.
	C.4 - I.6	(n = 13)	Calculs, essais, etc.
	C.4 - I.7	(n = 18)	Calcul d'un système et bilans et analyses du fonctionnement.
	C.4 - I.8	(n = 23)	Calculs et bilans de chantiers, d'essais, etc.
	C.5 - I.3	(n = 12)	Études d'exécution et suivi de chantier.
	C.5 - I.8	(n = 11)	Études d'exécution, organisation et bilan d'un chantier.
<b>I</b>	I.3 - I.6	(n = 11)	Suivi de chantier, mise en route et bilan d'un chantier ou d'une installation expérimentale.
	I.3 - I.8	(n = 13)	
	I.4 - I.6	(n = 21)	Définition des essais et réalisation des essais (ou mise en route).
	I.4 - I.7	(n = 31)	Définition des essais, analyse et bilan des essais (ou mise en route).
	I.4 - I.8	(n = 11)	
	I.5 - I.7	(n = 11)	Raccordement d'un matériel pour essais ou mise en route et analyse des résultats.
<b>E</b>	E.1 - E.3	(n = 16)	Définition et bilan de l'exploitation.
<b>M</b>	M.1 - M.4	(n = 11)	Préparation et bilan de la maintenance.
	M.2 - M.4	(n = 11)	Diagnostic des pannes et bilan de la maintenance.

L'analyse des deux types d'associations montre également que certains couples d'unités d'intervention n'apparaissent jamais ; c'est en particulier le cas de toutes les combinaisons possibles entre l'Installation et d'une part l'Exploitation 1 (« Organisation - Contrats - Consignes ») d'autre part, l'Exploitation 2 (« Conduite des installations »).

On constate donc **une « coupure » dans l'intervention des personnels sur le système thermique, les participants à l'installation ne contribuant pas à l'exploitation.** Dans bien des cas, le système thermique « change de mains » et à ce moment-là il devient la propriété de l'utilisateur, la prestation du constructeur étant terminée. Ceci peut expliquer la non-intervention des personnels d'installation en exploitation.

### 2.3 - Les associations d'unités d'intervention et les emplois

Les couples d'unités d'intervention les plus fréquents constituent dans beaucoup de cas l'ossature de l'emploi de certains ingénieurs, techniciens ou agents de maîtrise.

Tableau 19

Associations d'unités d'intervention et appellations d'emplois

Appellations d'emplois*	Couples d'unités d'intervention
Ingénieur d'études .....	C.2 - C.4 / I.1 - I.8 / I.2 - I.8
Ingénieur projet .....	C.2 - I.4 / C.2 - I.7
Ingénieur d'affaires .....	C.3 - I.3 / I.3 - I.6 / I.3 - I.8
Chargé d'affaires .....	C.3 - I.3 / C.5 - I.2 / C.5 - I.3 / I.1 - I.8 / I.2 - I.8
Chef de chantier .....	C.4 - I.1 / C.4 - I.2 / C.4 - I.3 / C.5 - I.2 / C.5 - I.3 / I.1 - I.8 / I.2 - I.8 / I.3 - I.6 / I.3 - I.8
Conducteur de travaux .....	C.4 - I.1 / C.4 - I.2 / C.4 - I.3
Ingénieur d'essais, de mise en route, de plate-forme .....	C.3 - I.4 / I.4 - I.7 / I.4 - I.8 / I.4 - I.6 / I.6 - I.8
Technicien d'essais, de mesures, de mise en route .....	I.4 - I.6 / I.5 - I.7 / I.6 - I.8
Ingénieur de procédé .....	E.1 - E.3
Contremaître exploitation maintenance .....	E.3 - M.2 / M.2 - M.4
Ingénieur d'entretien .....	E.1 - E.3
Chef de service maintenance .....	E.1 - E.3 / M.1 - M.4
Chef de quart, de bloc .....	E.1 - E.3 / E.1 - M.1 / E.3 - M.2

\* Appellations utilisées dans les entreprises.

Cette mise en correspondance n'a pas un caractère normatif mais correspond aux situations observées.

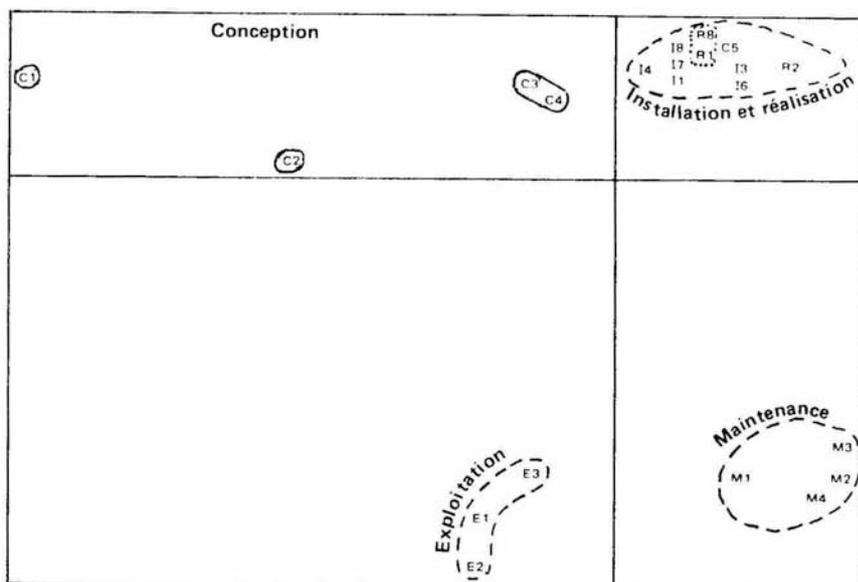
### 2.4 - Analyse systématique des associations d'unités d'intervention

L'analyse statistique, effectuée sur les données relatives aux associations d'unités d'intervention pour chaque individu, permet d'apporter des éléments de réponse à la

question suivante : comment se répartissent les unités d'intervention dans la population ?

On observe une « opposition forte » (ou distance) entre les groupes Conception - Installation et Maintenance - Exploitation (axe horizontal) et une « opposition moins forte » entre les groupes Conception et Installation d'une part, et entre les groupes Exploitation et Maintenance d'autre part (3).

**Graphique 3**  
**Représentation des associations d'unités d'intervention**



(3) La méthode statistique consiste à représenter les 175 individus dans un espace à 23 dimensions (représentant les unités d'intervention).

Les coordonnées d'un individu seront : 1 dans les unités d'intervention auxquelles il participe et 0 dans les autres. Si l'on se place au cœur de ces 175 points (nuage), c'est-à-dire à leur « centre de gravité », on peut choisir, passant par ce point, la droite qui rencontre le plus de points possible ou qui passe le plus près possible des 175 individus. Cette droite représente « l'axe principal d'inertie du nuage ». Par rapport à cet axe principal, les différentes situations de travail (points du nuage) mais aussi les unités d'intervention (axes de l'espace) ont une position relative bien définie.

Dans le graphique 3, ci-dessus, l'axe vertical du plan de projection figure l'axe principal d'inertie.

Ce graphique indique la projection des 23 unités d'intervention en fonction de leur « proximité » relative dans l'espace. On trouve que chaque groupe d'unités d'intervention constituant une étape a une position très isolée sur le plan de projection.

Cf. A. Hathout, **Manuel d'utilisation de la Bibliothèque BIB**, document ronéoté, CEREQ, 1977.

L'ordre des différentes étapes sur la projection graphique n'est pas l'ordre chronologique des différentes étapes de transformation du système. Ceci signifie qu'il y a plus de personnes qui font de la Conception et de l'Exploitation que de la Conception et de la Maintenance donc que, dans l'espace, l'Exploitation est plus « proche » de la Conception que de la Maintenance.

On remarque que dans la projection, l'unité d'intervention de Conception 5 (Études d'exécution) est mêlée (donc très proche) aux unités d'intervention de la Réalisation et de l'Installation.

### 3 - LES ASSOCIATIONS D'ÉTAPES DE TRANSFORMATION DU SYSTÈME

Les conclusions du traitement informatique, comme l'étendue restreinte de la plage d'intervention, permettent de réduire la diversité des associations d'unités d'intervention : on considère qu'un thermicien qui intervient sur une seule unité participe à une étape de la transformation du système (ex. l'individu X intervenant en C.4, I.6, M.1, M.2 sera considéré comme participant à la Conception, l'Installation et la Maintenance).

Ce travail permet de construire le tableau suivant.

**Tableau 20**

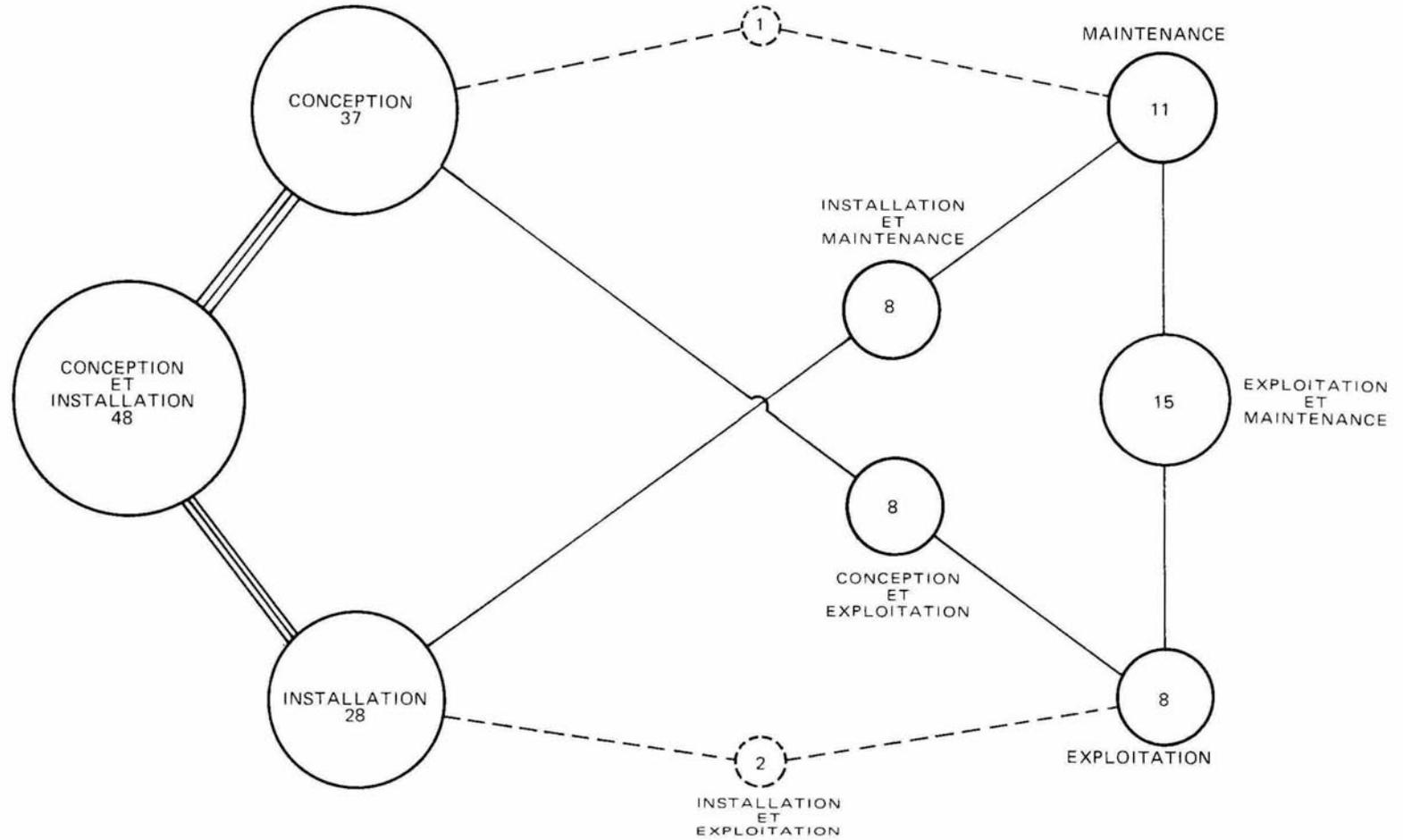
**Répartition des intervenants dans les associations d'étapes**

Étapes et associations d'étapes*	Nombre d'intervenants
Conception .....	37
Installation .....	28
Exploitation .....	8
Maintenance .....	11
Conception et installation .....	48
Conception et exploitation .....	8
Conception et maintenance .....	1
Installation et Exploitation .....	2
Installation et Maintenance .....	8
Exploitation et Maintenance .....	15
Conception, Installation, Maintenance .....	3
Conception, Exploitation, Maintenance .....	3
<b>TOTAL .....</b>	<b>172</b>

\* Les étapes Réalisation et Installation, compte tenu du faible nombre des « thermiciens » intervenant en réalisation, sont associées dans ce traitement.

Ce tableau est transposé dans le schéma de la page suivante.

Répartition des « thermiciens » selon les étapes et associations d'étapes de transformation du système



On constate que :

- **bon nombre de thermiciens interviennent à la fois en Conception et en Installation ;**
- **bien d'autres interviennent en Exploitation et en Maintenance ;**
- cette dichotomie n'est pas générale : huit thermiciens interviennent en Conception et en Exploitation, huit autres en Installation et en Maintenance ;
- **une coupure existe entre l'Installation et l'Exploitation ;**
- **il n'y a pratiquement pas de « bouclage » de la transformation du système** (un seul intervenant en Conception et Maintenance).

Il serait tentant devant la netteté de ces associations et exclusions d'en inférer une bipolarisation de la spécialité « thermicien », l'une centrée sur la « Conception-Installation », l'autre sur « l'Exploitation-Maintenance » et de transposer cette bipartition dans les formations correspondantes. Ce serait céder à une interprétation un peu rapide en négligeant les conditions dans lesquelles se forment les fonctions dans l'entreprise : les partitions observées résultent de choix d'organisation du travail tout autant que de contraintes techniques. En effet, le recours parcimonieux à des spécialistes en thermique et le recours fréquent à des non-spécialistes pour nombre d'interventions, reflètent le fait que l'entreprise a usé d'expédients pour gérer ses problèmes d'énergie au coup par coup dans la mesure où elle n'a pas eu jusqu'à présent à répondre à des contraintes prioritaires ou n'a pas pu ou su faire appel à ces spécialistes.

Or, la structure du système d'intervention observée en 1977 précède les débats sur le problème des économies d'énergie destinés à sensibiliser les entreprises à la nécessité de prendre en charge la fonction énergétique. Il peut en résulter l'émergence d'une fonction thermique à part entière dans l'entreprise, ce qui n'a pas été le cas jusqu'ici et dont la nécessité comme les conditions d'apparition sont loin d'être établies (cf. chapitre V).

## **TECHNOLOGIES ET FONCTIONS DANS L'EMPLOI ACTUEL**

Dans les chapitres précédents, le travail des personnels techniques sur le système thermique a été analysé sous l'angle de leur contribution au système d'intervention (plage d'intervention, associations d'unités et d'étapes, analyse des unités).

L'analyse de l'emploi actuellement occupé par les « thermiciens » constitue un changement de perspective. On a vu précédemment la diversité des appellations, témoignage de la rareté des emplois totalement « thermiciens » et de l'habituelle imbrication de la composante thermique du travail avec d'autres composantes plus ou moins prégnantes (automatismes, métallurgie, chimie, ...). La mosaïque d'activités qui en résulte constitue la réalité de l'emploi des thermiciens.

Par « emploi actuel », il faut entendre l'emploi occupé par les personnels interrogés au moment de l'enquête. La description en termes de technologies et de fonctions a été faite par les intéressés eux-mêmes à partir de listes-types (1).

### **1 - LES TECHNOLOGIES DANS L'EMPLOI ACTUEL**

#### **1.1 - Technologies pratiquées dans l'emploi actuel**

Deux faits sont marquants dans le tableau 21 :

- quelques technologies seulement sont assez pratiquées, 7 sur les 17 susceptibles d'être présentes dans l'activité d'un « thermicien » (84,6 %) ;
- la thermique et la thermodynamique sont largement pratiquées.

(1) Cf. annexe II.

Tableau 21

## Technologies pratiquées dans l'emploi actuel

Technologies	Présence dans l'emploi actuel (en %)
Thermodynamique .....	33,6
Électrotechnique .....	18,1
Thermique .....	11,0
Mécanique .....	9,0
Chaudronnerie .....	4,5
Mesures physiques .....	4,2
Chimie .....	4,2
Mécanique des fluides .....	2,9
Métallurgie .....	2,5
Dessin .....	2,2
Automatismes .....	1,9
Génie civil .....	1,6
Physique .....	1,2
Informatique .....	(3)
Électronique .....	(2)
Mercatique .....	(2)
Acoustique .....	(1)
Ensemble .....	100 % (309)

**Ainsi, chaque contenu d'activité des « thermiciens » semble inclure la pratique de peu de technologies et paraît bien souvent centré sur la « thermique-thermodynamique ».** Cette dernière constatation paraît être une évidence mais il faut se garder de tirer enseignement de l'étude des technologies pratiquées dans l'emploi actuel avant de prendre en compte les pratiques conjointes d'autres technologies.

## 1.2 - Construction du noyau technologique de l'emploi actuel

Le noyau technologique de l'emploi actuel, qui représente l'essentiel des technologies pratiquées dans l'exercice de l'emploi, est obtenu par rapprochement successif de certaines technologies avec d'autres. On établira de la même façon (jusque dans les détails des regroupements de technologie), le noyau technologique des emplois du passé professionnel autour duquel se construit le potentiel d'acquis technologiques.

L'expression même de « noyau technologique », utilisée pour qualifier l'essentiel des technologies pratiquées, nécessite de préciser le sens des mots utilisés, car la

terminologie disponible est limitée. Il est important de ne pas confondre noyau technologique et technologie dans les commentaires. Ainsi, qualifier le noyau technologique par un terme nommant une technologie, ne veut pas dire qu'elle est nécessairement seule et unique dans l'emploi des intervenants sur le système thermique puisque des intégrations et des abandons ont été opérés pour construire l'indicateur du potentiel d'acquis technologiques. Par exemple, le dessin ou la mercatique ne sont pas pris en compte si on relève l'utilisation conjointe de la thermodynamique ou l'électronique dans le même emploi (2).

**De ce fait, selon que le même mot caractérise une des technologies de l'emploi d'un « thermicien » ou qualifie le noyau technologique de cet emploi, il désigne des contenus technologiques, proches certes, mais sensiblement différents.**

L'exemple ci-après en donne une illustration.

Terme	Sens selon le contexte d'utilisation	
	Description d'un emploi	Caractérisation du noyau technologique
Mécanique	Définition habituelle de la technologie	Regroupement des technologies habituellement appelées mécanique, chaudronnerie, métallurgie.
Électro-technique		Regroupement des technologies habituellement appelées électro-technique, automatismes, électronique, mesures physiques.

Ainsi, écrire qu'il y a x thermiciens dont le noyau technologique de l'emploi actuel est thermodynamique ne signifie nullement qu'ils n'utilisent pas d'autres technologies ni qu'aucun autre thermicien n'utilise la thermodynamique.

### 1.3 - Les noyaux technologiques de l'emploi actuel

On a obtenu les noyaux technologiques suivants :

TEM : Thermodynamique, Electrotechnique, Mécanique
TE : Thermodynamique, Electrotechnique
TM : Thermodynamique, Mécanique
T : Thermodynamique
E : Electrotechnique
M : Mécanique

(2) Dans les rares cas où ce type de technologie (dessin, formation, ...) était la seule donnée pour le passé professionnel, le noyau technologique a été désigné « autre ».

Les « thermiciens » interrogés sont, pour partie, des personnels en situation de premier emploi. Il est donc intéressant de voir s'il y a une différence entre les composantes technologiques de leurs emplois et celles des emplois occupés par des « thermiciens » ayant un passé professionnel.

**Tableau 22**

**Répartition de la population selon les différents noyaux technologiques**

Noyaux technologiques	Personnel ayant un passé professionnel		Premiers emplois
	Effectifs	%	Effectifs
TEM	18	12,1	2
TE	45	30,2	5
TM	23	15,4	2
T	38	25,5	10
E	12	8,1	4
M	8	5,4	9

*Personnels ayant un passé professionnel*

Ceux dont l'emploi actuel a un noyau technologique thermodynamique-électrotechnique sont les plus nombreux (30,2 %) ; viennent ensuite ceux dont le noyau technologique est seulement thermodynamique (25,5 %) ; puis ceux dont le noyau technologique comprend la thermodynamique et la mécanique (15,4 %), et enfin ceux dont le noyau technologique comprend les trois technologies (TEM) (12,1 %).

Ces données mettent en lumière **l'importance dans un travail sur système thermique d'autres technologies telles que l'électrotechnique et la mécanique et plus généralement le travail des métaux.**

Ceci ne peut être sans conséquence sur la formation des personnels.

*Personnels en situation de premier emploi*

Le noyau technologique dominant est thermodynamique ; vient ensuite le noyau thermodynamique-électrotechnique ; ordre inverse de celui observé pour les emplois occupés par des personnels ayant un passé professionnel. **Il semblerait donc que les jeunes débutants soient proportionnellement plus nombreux à occuper des emplois à noyau technologique thermodynamique seulement.**

Cette différence résulte probablement de la conjonction de deux facteurs : la création de formations spécifiques au cours de ces dernières années et la recherche, par les entreprises, de personnels spécialisés capables de répondre rapidement aux diverses urgences créées par les problèmes énergétiques actuels.

En conclusion, il apparaît que :

- les contenus d'activités des thermiciens sont bien centrés sur la pratique de la « thermique-thermodynamique » et fréquemment associés à un nombre limité d'autres technologies (électrotechnique, mécanique) ;
- les emplois à noyau technologique seulement thermodynamique sont en plus grande proportion parmi les débutants lesquels, par ailleurs, interviennent plus en installation et moins en exploitation que les personnels « confirmés » (3).

## 2 - LES FONCTIONS DANS L'EMPLOI ACTUEL

Au cours des entretiens, on a noté les fonctions dominantes des personnes interrogées, leur répartition est la suivante :

**Tableau 23**  
**Les fonctions dans l'emploi actuel**

Fonctions	Personnels ayant un passé professionnel		Premiers emplois
	Effectifs	%	Effectifs
Recherche .....	6	4,0	1
Conception .....	47	31,6	8
Exploitation, fabrication	24	16,1	1
Installation .....	26	17,5	8
Maintenance .....	16	10,7	3
Technico-commerciale	0	—	—
Conception et installation .....	18	12,1	4
Conception et technico-commerciale .....	3	2,0	1
Exploitation et maintenance .....	6	4,0	—
<b>TOTAL .....</b>	<b>146</b>	<b>100,0</b>	<b>26</b>

(3) La proportion des débutants dans l'échantillon est faible mais le centrage de leurs emplois sur la thermodynamique correspond à une tendance générale.

### *Personnels ayant un passé professionnel*

La plus grande partie (31,6 %) des personnels rencontrés intervient en Conception, ensuite, en proportion pratiquement équivalente, des personnels interviennent en Installation ou en Exploitation, ou en Maintenance, ou en Conception/Installation (entre 17,5 et 10,7 %).

Dans le cas où les personnels participent à deux fonctions, le couple Conception-Installation est le plus fréquent, suivi du couple Exploitation-Maintenance.

### *Personnels en situation de premier emploi*

En se référant aux fonctions des personnels ayant un passé professionnel, il apparaît que les jeunes en situation de premier emploi sont proportionnellement plus nombreux à occuper des fonctions d'Installation et moins nombreux à occuper des fonctions d'Exploitation, la place de la Conception étant la même.

Ceci confirme tout à fait les propos des responsables d'entreprise au moment de l'enquête : la fonction Installation est très formatrice : obligation de se « débrouiller » sur un chantier parfois lointain, apprentissage des « relations » entre les différents corps de métier, etc. De plus, les déplacements fréquents conviennent généralement mieux à des jeunes.

A l'inverse, la fonction Exploitation est considérée par ces mêmes responsables comme peu accessible aux personnels dont c'est le premier emploi : il faut connaître à fond l'Installation, avoir fait du chantier et de la Maintenance pour être efficace en Exploitation.

## **LA PLACE DES SYSTÈMES THERMIQUES DANS L'ORGANISATION DES ENTREPRISES**

L'étude ne comporte pas une analyse spécifique des organisations dans lesquelles ont été observés les systèmes thermiques. Mais ceux-ci n'existant qu'au travers des structures d'entreprises, il importe de les situer par rapport à l'organisation des entreprises.

Les informations qui étayent ce chapitre sont extraites des entretiens libres qui ont précédé ou accompagné l'enquête systématique.

Que constate-t-on ?

### **1 - LA PRISE EN CHARGE PARTIELLE DU SYSTÈME THERMIQUE**

Généralement, les entreprises sont spécialisées en Conception (ingénierie) ou en Conception-Réalisation-Installation ou encore en Exploitation-Maintenance, mais avec des glissements occasionnels entre ces différentes étapes. Ainsi, des entreprises spécialisées en Exploitation-Maintenance peuvent se charger de l'extension ou de la modification du système thermique qu'elles exploitent. Elles assumeront alors les opérations de conception et d'installation qui conviennent. De même des entreprises assurant la conception et l'installation sont conduites à intervenir sur des problèmes d'exploitation ou de maintenance, le plus souvent à titre d'expert.

Au sein de ces spécialisations, des partitions successives résultent de la sous-traitance de la réalisation de certains équipements, régulations, échangeurs, ... ou d'une partie de l'installation (isolation, conduits, ...) ou de travaux particuliers (mises à l'épreuve, contrôles radio-actifs...).

Mais cette distribution des interventions entre entreprises ne présente pas vraiment de caractères différents de ceux observés pour d'autres systèmes d'interventions (système automatisé, système informatique, ...). Les répercussions sur la spécialisation des personnels et la définition des contenus du travail sont aussi comparables. Selon la partie du système dont traitent les entreprises on aura avant tout, soit des exploitants, soit des installateurs, ... On peut y voir une liaison avec la forte coupure entre Conception-Installation d'une part et Exploitation-Maintenance d'autre part, observée dans l'analyse des associations d'étapes de transformation du système.

**La prise en charge du système thermique est donc segmentée** par rapport aux étapes et unités d'intervention, **spécialisée** (par rapport aux technologies mises en œuvre) et **sélective** (par rapport à certaines opérations très particulières). Mais si ces caractéristiques ne sont pas propres au système thermique, les divers degrés de reconnaissance du système en tant que tel sont, par contre, spécifiques aussi bien au niveau de l'organisation d'une entreprise qu'au niveau de l'activité des personnels techniques.

## 2 - L'ÉMERGENCE PROGRESSIVE DU SYSTÈME THERMIQUE

**Les systèmes thermiques repérés par l'analyse dans des secteurs d'activité très variés** (cf. échantillon) **ne sont pas, tant s'en faut, perçus comme tels dans les entreprises**. Ils existent de façon autonome ou sont masqués par les équipements de production et les critères de gestion de la production. Tout dépend du rôle du système thermique dans l'entreprise : objet de l'activité (constructeur de four, ...) moyen ou auxiliaire de production (four de traitement thermique, étude, climatisation, centrale vapeur, ...).

### 2.1 - Le système thermique, objet autour duquel se construit l'entreprise

C'est le rôle que joue le système thermique dans des entreprises telles que : société d'ingénierie, d'expertise ; constructeur de matériels thermiques ; petit installateur de chauffage et de climatisation ; société d'exploitation ; entreprise de maintenance et d'assistance... **Leur organisation traduit la recherche d'une prise en charge efficiente des unités d'intervention**. Ceci s'observe, quelles que soient la taille de l'entreprise, l'étendue géographique ou technologique de son marché (région, France, pays étrangers ; équipements lourds de production, instrumentation, ...).

**Il y a reconnaissance du système thermique en tant que tel** tout simplement parce qu'il fait vivre l'entreprise.

Ceci se traduit par :

- des appellations d'emplois explicitement « thermiques » (cf. chapitre I, point 2) ;
- des contenus de travail à composante manifestement thermique (les appella-

tions des emplois recouvrant ces contenus de travail ne sont pas forcément explicitement « thermiques ») ;

— une recherche de compétences et de développement de connaissances spécifiques dans les pratiques de recrutement et de promotion ou d'affectation.

Enfin on remarque une sensibilité certaine aux nouveaux profils dessinés par les formations initiales actuelles. Mais cela ne se traduit pas nécessairement par une recherche systématique de ces formations lors des recrutements. Les formations électrotechnique, mécanique sont toujours appréciées.

## 2.2 - Le système thermique, moyen ou auxiliaire de la production

Le système thermique, en tant que tel, n'est pris en charge que de façon masquée, occasionnelle ou n'est même pas perçu par toute une partie de la production.

### • Le système thermique disparaît dans le système de production.

Un équipement qui a été conçu en tant que système thermique, un tunnel de séchage par exemple, n'est plus considéré lors de son exploitation qu'en tant que moyen d'obtenir certaines caractéristiques du produit (degré de siccité, durcissement, ...). Jusqu'à une époque récente les paramètres d'exploitation ne prenaient pas en compte l'obtention des meilleures conditions énergétiques du fonctionnement du système, indépendamment d'une amélioration des caractéristiques du produit, mais cette situation est encore loin d'être exceptionnelle.

### • Le système thermique n'est pas perçu par toute une partie du personnel.

Dans une production dont les besoins en vapeur varient beaucoup, il n'y a pas vraiment de recherche dans l'organisation de la production d'une réduction des à-coups. Cette optimisation n'étant pas nécessaire pour la production, on ne prend pas en compte l'amélioration qu'elle pourrait entraîner dans l'exploitation de la centrale vapeur (1).

### • Le système thermique est réduit à ses composantes technologiques.

Lors de la défaillance d'une unité de climatisation dans un bâtiment important, la recherche de la panne et de ses causes s'appuie sur un raisonnement qui n'intègre pas les différentes technologies concernées et oublie facilement le bâtiment. Plus généralement, s'opère une déformation de la représentation du système (vision mécanique, vision électronique, ...).

Ces exemples illustrent les obstacles à la prise en charge explicite des systèmes thermiques et les freins multiples à l'émergence et au développement de besoins en personnels compétents pour intervenir sur ces systèmes.

---

(1) Cette situation avait conduit lors de l'échantillonnage à réduire le nombre des observations envisagées et à n'étudier certains secteurs d'activité (textile, bois, ...) que sous l'angle ingénierie et construction et non sous l'angle de l'exploitation qui se ramène à la seule production de vapeur.

### 3 - CONCLUSIONS

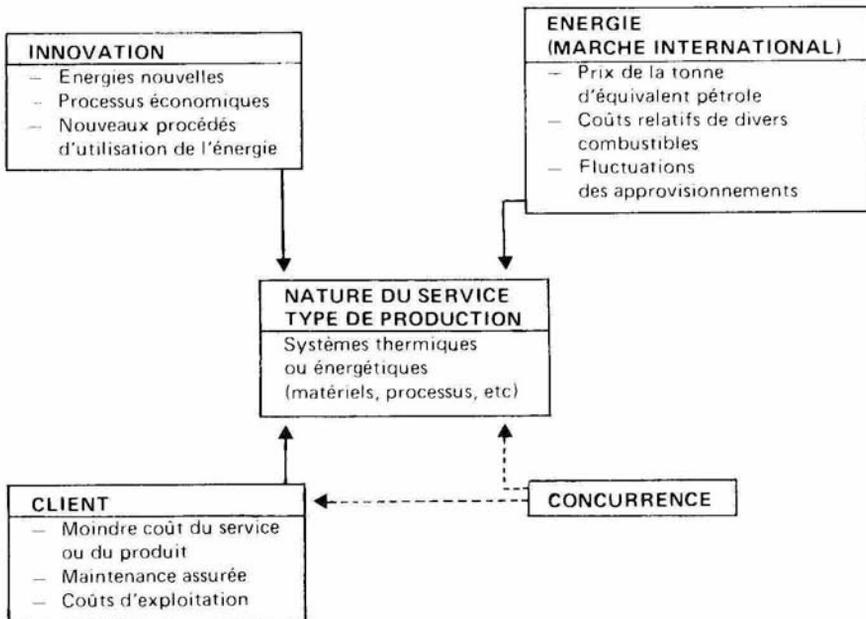
Les modalités de la prise en charge par les entreprises du système thermique expliquent pourquoi il faut que des événements extérieurs à elles se produisent pour que ces systèmes émergent en tant que tels et se répercutent dans le contenu d'activité des personnels techniques :

- la distribution et la participation des interventions sur le système thermique dans l'activité des personnels techniques vont de la non-différenciation d'avec des opérations sur des matériels à l'identification à l'objet du travail ;
- la recherche de compétences permettant de traiter tout ou partie du système est plus ou moins explicitée dans les définitions de fonction, les appellations d'emplois et dans les critères de recrutement ou d'affectation :
- l'expression manifeste d'un besoin de personnel « spécialisé » reste peu fréquente (par rapport au nombre et à la diversité des systèmes fonctionnant ou en préparation).

L'influence respective des multiples données économiques intervenant dans la politique de l'énergie d'une entreprise est loin d'être clarifiée ; elles sont schématisées page suivante. Du jeu de ces facteurs, constamment en redéfinition, dépendent l'expression et la recherche du besoin de prise en charge spécifique du système thermique.

L'existence latente de besoins de compétences spécifiques est certaine mais son émergence est fortement dépendante de l'évolution du contexte économique et des formes que prendront la satisfaction de ces besoins : interventions ponctuelles d'experts, création d'emplois spécialisés, formation des personnels mis en place, transformation des procédures de travail, voire même de l'organisation des entreprises.

## Données économiques intervenant dans la politique de l'énergie d'une entreprise



Troisième partie

## **LA FORMATION DES COMPÉTENCES PROFESSIONNELLES**

## LES FORMATIONS MISES EN ŒUVRE DANS LE SYSTÈME THERMIQUE

Dans la deuxième partie, la population d'intervenants a été traitée comme support du système d'intervention. Elle est maintenant considérée comme agent d'un processus de formation dans lequel entrent en jeu la formation initiale, la formation complémentaire et l'expérience professionnelle.

Par rapport à l'objet de l'étude, les intervenants — toutes entreprises et tous emplois confondus — forment une **population stratégique** — et non pas statistique — c'est-à-dire activement concernée par le processus de formation qui conduit au développement des compétences professionnelles mises en œuvre dans le système thermique.

Dans ce chapitre, on procédera à une description globale des caractéristiques de formation de cette population stratégique. La répartition socio-professionnelle de la population est la suivante (voir tableau 17 pp. 61-62) :

— 96 ingénieurs et cadres .....	soit 54,8 %
— 71 techniciens, dessinateurs, agents de maîtrise .....	soit 40,6 %
— 8 ouvriers .....	soit 4,6 %

Cette population comporte très peu d'ouvriers du fait que, dans la majorité des cas, bien que travaillant sur système thermique, ces ouvriers mettent en œuvre des compétences qui relèvent du travail des métaux (usinage, soudage, chaudronnerie, ...) et que la thermique est totalement absente de leur travail. Les huit ouvriers rencontrés sont pratiquement des exploitants de centrale.

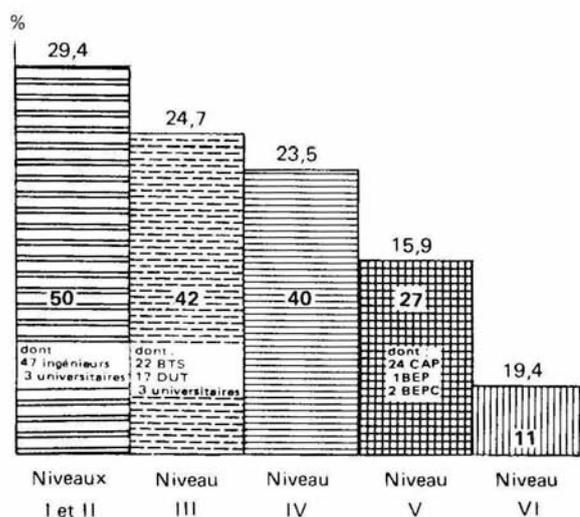
## 1 - LES FORMATIONS INITIALES

A été considérée comme formation initiale toute formation suivie avant l'entrée dans la vie active. Elle est décrite par deux critères : le niveau de formation et la spécialité de la formation (1).

### 1.1 - Niveau de la formation initiale

Les personnels intervenant sur des systèmes thermiques ont pour la plupart une formation initiale d'un niveau égal ou supérieur à celui de technicien. Les ingénieurs et les techniciens supérieurs représentent plus de la moitié de la population.

**Graphique 4**  
**Niveaux de formation des thermiciens**



(1) Cf. annexes II et III.

(2) Cf. annexe III.

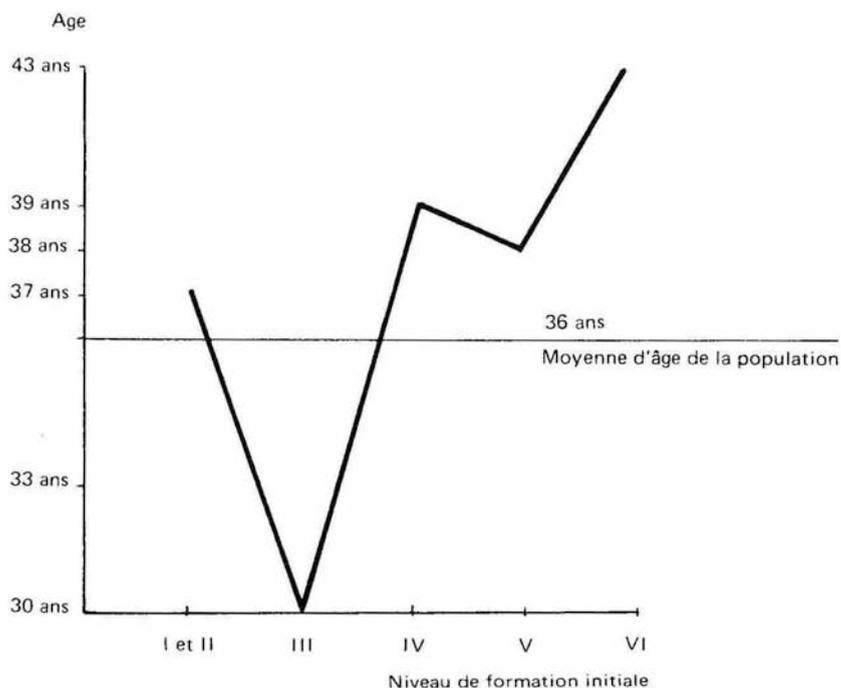
## 1.2 - Age des « thermiciens » et niveau de formation initiale

Si l'on examine l'âge des intervenants en fonction de leur formation initiale, on constate que les titulaires de DUT et de BTS sont plutôt jeunes, moins de 30 ans pour les DUT et moins de 45 ans pour les BTS. Ceci provient du fait que ces formations sont relativement récentes (les IUT de génie thermique ont été créés en 1968).

Par contre les personnels ayant reçu une formation de niveaux I et II et de niveau V se retrouvent également répartis dans toutes les tranches d'âge (la moyenne s'élevant quand le niveau baisse, phénomène général).

Le graphique ci-dessous représentant la moyenne d'âge de la population par niveau de formation confirme les indications données ci-dessus.

**Graphique 5**  
**Moyenne d'âge des « thermiciens »**  
**selon le niveau de formation initiale**



### 1.3 - Spécialité de la formation initiale

La spécialité de formation la plus représentée est la mécanique (26 % des effectifs) ; viennent ensuite l'électrotechnique (14 %) puis des formations multitechnologiques ou générales (respectivement 13 % et 8 %). La thermique occupe la cinquième position avec onze personnes, soit 6,5 % du total.

Il apparaît que les personnels intervenant sur les systèmes thermiques actuellement n'ont pratiquement pas reçu de formation initiale en thermique. Ceci n'est pas étonnant dans la mesure où ce type de formation (particulièrement au niveau III) est de création récente.

**Tableau 24**  
**Répartition de la population**  
**selon la spécialité de la formation initiale**

Spécialité de formation initiale	Effectif
Mécanique .....	45 (26,5 %)
Electrotechnique.....	24 (14,1 %)
Multitechnologie* .....	21 (12,3 %)
Formation générale* .....	14 (8,2 %)
Thermique.....	11 (6,5 %)
Chimie.....	11 (6,5 %)
Electronique.....	9 (5,3 %)
Froid et climatisation .....	6
Chaudronnerie.....	5
Mesures physiques .....	4
Dessin .....	3
Physique.....	3
Génie civil.....	2
Métallurgie .....	2
Automatismes .....	1
Divers ou non précisé.....	14
<b>Total.....</b>	<b>175</b>

\* A été classé en formation générale tout diplôme dont l'intitulé ne porte pas de dénomination technique particulière. De même, a été considérée comme une formation multitechnologique toute formation technique ne se référant pas à une technologie particulière.

#### 1.4 - Niveau et spécialité de la formation initiale

##### MÉCANIQUE

On constate une forte représentation des personnes ayant reçu une formation initiale de niveau IV

Niveaux I et II : 3 ingénieurs  
Niveau III : 5 DUT, 3 BTS  
Niveau IV : 12 Bac (F1) 9 BT

##### ELECTROTECHNIQUE

On observe une répartition de la population sensiblement équivalente dans les niveaux de formation

Niveaux I et II : 5 ingénieurs  
Niveau III : 1 DUT, 5 BTS  
Niveau IV : 7 BT  
Niveau V : 6 CAP

##### MULTITECHNOLOGIE

Les ingénieurs classés dans cette spécialité sont d'origine variée

Niveaux I et II : 20 ingénieurs  
Niveau III : 1 universitaire

##### CHIMIE

Niveaux I et II : 7 ingénieurs  
Niveau III : 3 techniciens  
Niveau I : 1 technicien

##### THERMIQUE

Niveaux I et II : 3 ingénieurs  
Niveau III : 5 DUT, 2 BTS  
Niveau IV : 1 BT

##### FROID ET CLIMATISATION

Niveaux I et II : 1 universitaire  
Niveau III : 5 BTS

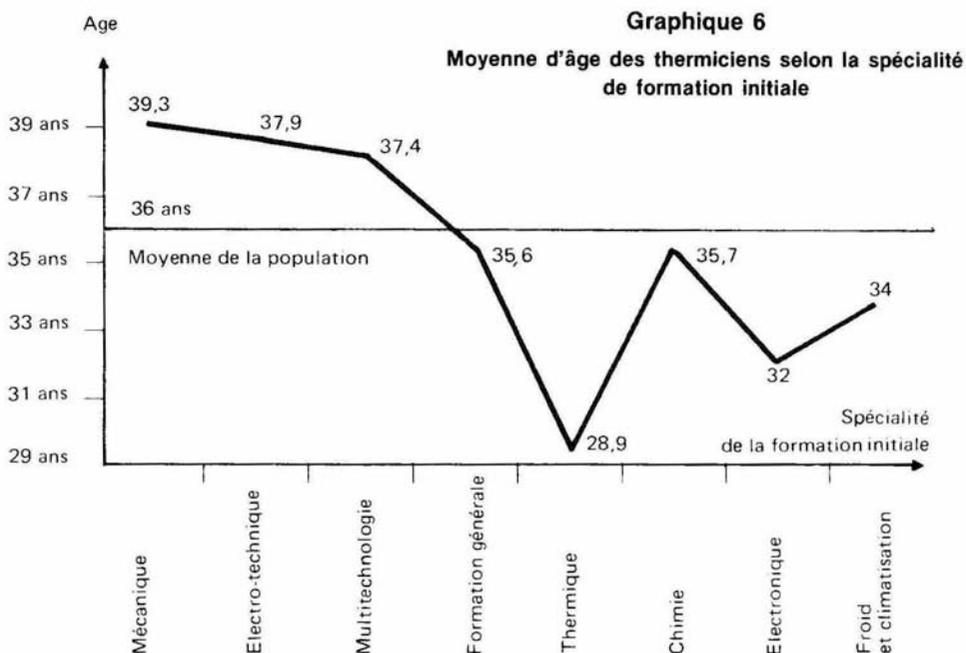
##### FORMATION GÉNÉRALE

Niveaux I et II : 1 diplôme universitaire  
Niveau III : 1 diplôme universitaire  
Niveau IV : 5 Bac  
Niveau V : 2 BEPC  
Niveau VI : 5 CEP

Dans les spécialités thermique et froid et climatisation, on trouve essentiellement des personnes ayant suivi une formation de niveau III, il s'agit en fait des DUT de génie thermique et des BTS froid et climatisation et installations thermiques.

Cette analyse montre également la diversité, tant par niveau que par spécialité, des formations initiales suivies par les personnels interrogés.

## 1.5 - Age des « thermiciens » et spécialités de la formation initiale



Le graphique ci-dessus confirme les remarques précédentes : les personnes ayant reçu une formation en thermique sont jeunes.

Les intervenants ayant reçu une formation initiale en mécanique sont en moyenne les plus âgés. Ils se sont, à un moment donné, orientés vers les activités sur système thermique.

Ce phénomène n'est pas dû à l'absence de formation initiale en thermique puisqu'il y a encore des jeunes mécaniciens qui travaillent sur des systèmes thermiques.

**Les intervenants sur le système thermique ont suivi des formations initiales de niveaux et de spécialités très diverses.** Toutefois, **deux spécialités ont relativement plus d'importance : mécanique et électrotechnique.** Par ailleurs, les formations de niveau supérieur ou égal à celui de technicien rassemblent plus de la moitié des personnels.

Ce niveau de formation assez élevé et cette « spécialisation » sont la traduction, dans le profil des intervenants actuels, d'un phénomène essentiel jusqu'aux premières années de la « crise de l'énergie » : la disparition rapide et la non existence du système thermique en tant que tel dans la plupart des processus de production (3).

(3) Cf. Deuxième partie, chapitre V.

N'existant comme tel que lors de sa conception (C.1 à C.4 essentiellement) et que pour certaines opérations des interventions d'installation, d'exploitation et de maintenance (études générales, analyses, bilans, ...), le système thermique ne pouvait être pris en charge que par des personnels assez qualifiés. Ceci explique pourquoi l'échantillonnage construit à partir du repérage d'un travail sur le système thermique ne comprend aucun emploi non qualifié et si peu d'emplois correspondant au niveau V de formation.

La très fréquente réduction du système à ses seules composantes technologiques a entraîné la recherche de compétences dans ces technologies : recherche de personnels formés en mécanique et électrotechnique surtout.

## 2 - LES FORMATIONS COMPLÉMENTAIRES

Les actions de formation complémentaire suivies par les « thermiciens » ont été caractérisées par : l'organisme dispensateur de la formation — la durée — le contenu technologique et le contenu non technologique de la formation.

### 2.1 - La formation complémentaire avant l'emploi actuel

Cent quarante quatre « thermiciens » ont occupé un ou plusieurs emplois avant leur emploi actuel. Parmi eux soixante-trois personnes n'ont suivi aucune action de formation complémentaire, cinquante-cinq personnes ont suivi un ou deux stages de formation complémentaire, vingt-six en ont suivi plus de deux (de trois à sept).

- *Les organismes dispensateurs de la formation complémentaire*

**Tableau 25**  
**Institutions de formation**

Cadre de la formation	Eff.	%
Entreprise elle-même .....	55	30,4
Organismes privés de formation .....	51	28,2
CNAM .....	26	14,4
Organismes publics de formation .....	22	12,1
Organismes de formation très spécialisée :		
IFCE - APAVE - CETIAT - COSTIC - IFFI .....	17	9,4
Non précisé .....	10	5,5
<b>Total .....</b>	<b>181</b>	<b>100</b>

Il apparaît que sur cent quatre vingt une actions de formation suivies par quatre-vingt une personnes, 30 % d'entre elles sont organisées par l'entreprise elle-même et environ autant par d'autres organismes privés. Les organismes de formation spécialisés en thermique n'effectuent que 10 % des actions de formation.

- *La durée des actions de formation*

Dans 32 % des cas, la durée des actions de formation n'a pu être précisée ; dans les autres cas, il apparaît que les actions de formation longues (durée estimée à plus de 30 équivalent-jours) sont les plus fréquentes (35 % des cas). Ensuite, apparaissent les actions d'une durée d'une semaine puis de deux semaines. Les formations d'une durée comprise entre quinze jours et un mois sont peu fréquentes (8 %) de même que les actions très courtes (moins de 3 jours).

Les actions de formation de longue durée sont principalement constituées par des cours annuels type CNAM ou des actions répétitives en langues par exemple.

- *Le contenu de la formation complémentaire*

On a d'abord établi une distinction entre formations à contenu non technologique et formations à contenu technologique. Puis, parmi ces dernières, les formations à dominante thermique ont été détaillées. On a ainsi distingué la thermique « théorique » — la connaissance des matériels thermiques — la connaissance de processus de fabrication avec phénomène thermique important — les connaissances relatives aux techniques de mesure — la conduite des installations thermiques.

Tableau 26

**Le contenu technologique de la formation**

Thème de la formation	Eff.	%
Thermique théorique .....	24	18,6
Matériels thermiques .....	13	10,1
Processus de fabrication utilisant des phénomènes thermiques .....	8	6,2
Conduite d'installations thermiques .....	7	5,4
Electronique .....	10	7,8
Automatismes .....	15	11,6
Autres technologies .....	50	38,7
Métrique .....	2	1,5
Total .....	129	100

Parmi les cent quatre vingt une actions de formation recensées seulement cinquante-deux concernent le thermique. Au sein de celles-ci, les actions de formation en thermique théorique sont les plus nombreuses (24).

**Tableau 27**

**Le contenu non technologique de la formation**

Thème de la formation	Eff.	%
Mathématiques - physique - chimie .....	25	37,9
Gestion - économie - statistique .....	9	13,6
Relations humaines .....	8	12,1
Langues vivantes .....	8	12,1
Autres .....	5	7,6
Droit des affaires - finances .....	5	7,6
Formation - encadrement .....	4	—
Sécurité .....	2	—
Total .....	66	100

Les actions de formation générale en mathématiques-physique-chimie sont les plus nombreuses. Il s'agit essentiellement de cours du CNAM. Ces cours sont parfois classés dans les deux types de formation ce qui explique que le total des deux types de formations dépasse le nombre des actions recensées (181).

**2.2 - La formation complémentaire dans l'emploi actuel**

Deux cent douze actions de formation ont été suivies par cent douze des cent soixante dix personnes interrogées, soit 66 %.

En général, les personnels ont suivi au plus trois actions de formation. Cependant, cinquante et une personnes en ont suivi une (45,5 %), trente-neuf en ont suivi deux (35,8 %) et douze en ont suivi trois (11,6 %).

• *Les organismes dispensateurs de la formation complémentaire*

Les actions de formation sont dispensées par des organismes privés et l'entreprise elle-même (34 % et 25 %). Les organismes spécialisés en thermique ne les assurent que dans 12 % des cas, ce qui est, somme toute, relativement faible.

**Tableau 28**  
**Institutions de formation**

Cadre de la formation	Eff.	%
Organismes privés de formation .....	72	33,9
Entreprise elle-même .....	53	25,0
Organismes publics de formation .....	33	15,6
Organismes de formation très spécialisée :		
IFCE - APAVE - CETIAT - COSTIC - IFFI .....	26	12,3
CNAM .....	15	7,1
Non précisé .....	13	6,1
<b>Total .....</b>	<b>212</b>	<b>100</b>

- *La durée des actions de formation*

Les actions de formation d'une durée d'une semaine dominant. Viennent ensuite celles d'une durée supérieure à un mois. On remarquera que dans le passé professionnel, les actions de formation les plus fréquentes ont une durée supérieure à un mois.

- *Le contenu de la formation complémentaire*

**Tableau 29**  
**Le contenu technologique de la formation**

Thème de la formation	Eff.	%
Thermique théorique .....	36	27,7
Matériels thermiques .....	15	11,5
Processus de fabrication utilisant des phénomènes thermiques .....	7	5,4
Conduites d'installations thermiques .....	5	3,9
Electronique .....	4	3,0
Automatismes .....	13	10,0
Autres technologies .....	45	34,6
Métrieque .....	5	3,9
<b>Total .....</b>	<b>130</b>	<b>100,0</b>

Les actions de formation concernant la thermique deviennent dominantes (63/130). La thermique théorique arrive en tête des actions de formation technologique thermique. Viennent ensuite les stages de connaissance des matériels, pratiqués très souvent chez les constructeurs.

**Tableau 30**

**Le contenu non technologique de la formation**

Thème de la formation	Eff.	%
Langues vivantes .....	24	28,3
Mathématiques-physique-chimie .....	15	17,6
Gestion-économie-statistique .....	15	17,6
Relations humaines .....	11	12,9
Formation - Encadrement.....	6	7,1
Sécurité .....	6	7,1
Autres.....	4	4,7
Droit des affaires - Finances.....	4	4,7
<b>Total .....</b>	<b>85</b>	<b>100</b>

Les actions de formation en langues vivantes sont suivies des actions de formation générale scientifique. Par rapport à la situation précédant l'emploi actuel, il y a une forte poussée des formations en langues vivantes.

### 2.3 - Conclusions

Le contenu « thermique théorique » apparaît prépondérant, qu'il s'agisse des formations complémentaires avant ou pendant l'emploi actuel.

La nécessité d'un approfondissement théorique semble accompagner l'intervention des personnels qui, étant donné le caractère récent des formations initiales spécialisées, ne pouvaient être vraiment préparés à un travail sur système thermique. Elle est également liée à la reconnaissance du système thermique en tant que tel. Ceci confirme les remarques faites à la fin de l'étude des formations initiales suivies par les intervenants.

## 3 - LE PASSÉ PROFESSIONNEL

Par « passé professionnel » on désigne l'ensemble des activités professionnelles depuis l'entrée dans la vie active jusqu'à l'emploi occupé au moment de l'enquête.

Les emplois antérieurs des personnels ont été caractérisés selon plusieurs critères : la durée, la dominante énergétique ou non, la technologie dominante de l'emploi, les technologies non dominantes, les fonctions exercées (4).

Lorsqu'un individu déclarait avoir eu plusieurs emplois identiques par rapport à ces caractéristiques, ceux-ci comptent pour un seul. De plus cinq emplois au maximum ont été pris en compte. Dans la population observée, cent quarante quatre personnes ont occupé un ou plusieurs emplois avant leur emploi actuel, ce qui constitue un stock de trois cent trente huit emplois à analyser.

### 3.1 - La durée du passé professionnel

La population a, pour les deux tiers, moins de treize ans d'expérience professionnelle avant l'emploi actuel :

— de 1 à 6 ans inclus	: 43 soit : 29,9 %
— de 7 à 10 ans inclus	: 35 soit : 24,3 %
— de 11 à 13 ans inclus	: 20 soit : 13,9 %
— de plus de 13 ans	: 46 soit : 31,9 %

### 3.2 - Le nombre d'emplois du passé professionnel

Les personnes interrogées ont occupé en général moins de quatre emplois différents avant leur emploi actuel.

1 emploi	: 34 personnes soit : 23,6 %
2 emplois	: 54 personnes soit : 37,5 %
3 emplois	: 37 personnes soit : 25,7 %
4 emplois	: 10 personnes soit : 6,9 %
5 emplois	: 9 personnes soit : 6,2 %

(4) Ce sont les intéressés eux-mêmes qui ont décrit leurs emplois à partir des critères qui leur étaient donnés.

**Tableau 31**

**Importance relative des fonctions  
dans les emplois du passé professionnel**

Fonctions	Présence dans les emplois (en %)
Conception .....	24,4
Exploitation.....	24,0
Installation - Mise en route .....	22,4
Maintenance.....	16,3
Recherche.....	4,4
Technico-commerciale.....	3,1
Autres.....	2,8
Gestion personnel - Formation.....	2,6

**3.3 - Les fonctions exercées dans le passé professionnel**

Les fonctions exercées ont été notées pour chaque emploi du passé professionnel. On obtient ainsi l'importance relative de chaque fonction dans l'ensemble des trois cent trente huit emplois constituant le passé professionnel des intervenants.

Parmi les quatre fonctions les plus importantes : Conception, Exploitation, Installation, Maintenance, seule cette dernière est un peu moins fréquente (16 %) contre 23 % environ pour les trois précédentes.

Il n'apparaît pas de cheminement privilégié, du point de vue des fonctions, pour l'accès au travail sur système thermique.

**3.4 - La technologie dominante des emplois du passé professionnel**

Cent soixante dix neuf emplois sur trois cent trente huit décrits peuvent être considérés comme étant à dominante énergétique. Cette distinction paraît intéressante dans la mesure où l'on peut supposer que la structure des technologies dominantes de ces emplois est différente de celle des emplois « non-énergétiques ».

Tableau 32

**Caractérisation technologique des emplois « énergétiques »  
et des emplois « non-énergétiques »**

Technologies	Emplois « énergétiques » en %	Emplois « non-énergétiques » en %
Thermique .....	13,4	—
Thermodynamique.....	29,1	(1)
Electrotechnique .....	17,3	23,3
Dessin.....	8,4	18,2
Mécanique.....	6,7	15,1
Electronique .....	(2)	5,0
Automatismes .....	(3)	(4)
Mesures physiques.....	(3)	(1)
Génie civil.....	(3)	(5)
Génie chimique .....	3,9	5,7
Physique .....	(4)	9,8
Métallurgie.....	(3)	(1)
Chaudronnerie .....	3,3	5,7
Informatique .....	(2)	(3)
Administration - Finances - Formation.....	(2)	5,0
Autres .....	(3)	5,0
Non précisé.....	3,9	3,8
Ensemble .....	100 % (179)	100 % (159)

L'examen du tableau 32 conduit à plusieurs observations :

- **Dans les emplois à dominante énergétique**, la thermodynamique et la thermique sont évidemment des technologies très présentes. On remarque toutefois que l'électrotechnique précède la thermique et que suivent immédiatement le dessin et la mécanique.
- **Dans les emplois à dominante non-énergétique**, la technologie la plus représentée est l'électrotechnique suivie du dessin et de la mécanique.

La technologie « dessin » est surtout utilisée par les techniciens de bureau d'étude. On ne peut dans ce cas préciser le « sujet » du dessin : mécanique - bâtiment - électrique - chaudronnerie - etc.

\*  
\* \*

**En conclusion :**

- lorsque les emplois sont à dominante énergétique, les technologies les plus fréquemment utilisées dans l'emploi sont, bien sûr, la thermodynamique et la thermique, mais aussi, bien souvent, l'électrotechnique, la mécanique et le dessin ;
- lorsque les emplois sont « non-énergétiques », l'électronique, la mécanique et le dessin dominant.

Il s'agit là de constatations globales portant sur l'ensemble des emplois du passé professionnel de tous les thermiciens. La multiplicité des technologies utilisées ne doit pas être interprétée comme l'utilisation simultanée de ces technologies dans un emploi donné. Seule l'étude des noyaux technologiques permettra d'apprécier l'ampleur et la diversité des pratiques conjointes des technologies.

## LE PROCESSUS DE FORMATION PRÉPARANT AU TRAVAIL SUR SYSTÈME THERMIQUE

L'étude séparée des formations initiales, complémentaires et du passé professionnel répond très imparfaitement à cette interrogation : comment le passé des « thermiciens » les prépare-t-il à leur travail actuel ?

On considère que les formations initiales, complémentaires et le passé professionnel sont les trois composantes du processus de formation conduisant les « thermiciens » à développer leurs compétences professionnelles.

Pour analyser ce processus de formation dans sa fonction de préparation au travail (1), on a construit un indicateur : le potentiel d'acquis technologique qui intègre des éléments de ces trois composantes. Le rôle donné au passé professionnel, aussi important que celui de la formation initiale, se justifie par le fait que si l'on distingue les « thermiciens » ayant des passés professionnels « énergétiques » et « non énergétiques », il ressort que 35 % ont toujours eu des emplois à composante « énergétique », que 28 % ont abordé ce domaine avec leur emploi actuel et que 63 % ont eu un passé mixte à base d'emplois tant « énergétiques » que « non énergétiques ».

Le choix d'un indicateur basé sur les technologies résulte, d'une part, de la nécessité d'avoir au moins un élément de description commun pour la formation initiale, la formation complémentaire et le passé professionnel et, d'autre part, de la recherche des données significatives tant dans le domaine de l'activité professionnelle que dans celui de la formation. L'indicateur choisi permet de satisfaire à ces deux conditions.

---

(1) Par préparation au travail, on entend connaissances et pratiques antérieures de technologies « proches » de celles nécessaires pour le travail actuel.

On remarquera que les données sur les formations et les emplois sont, dans cette perspective, rapportées à chaque individu et non plus considérées globalement comme dans les traitements précédents. Ainsi pour rechercher comment le passé des « thermiciens » les prépare à leur travail actuel, on ne cherche pas à établir une relation entre l'ensemble de ces passés et l'ensemble des emplois actuels mais, pour chaque individu, on compare sa situation passée et sa situation présente. Puis on regroupe ceux qui ont eu une évolution semblable pour obtenir les différents types de préparation au travail sur système thermique.

## 1 - LE POTENTIEL D'ACQUIS TECHNOLOGIQUES

### 1.1 - Construction

Pour obtenir un seul indicateur on procède en trois temps :

- tout d'abord les diverses technologies pratiquées au cours des emplois antérieurs à l'emploi actuel sont ramenées à une seule donnée : le noyau technologique du passé professionnel ;
- puis on cherche à caractériser la relation existant entre ce noyau technologique et la formation initiale suivie par le « thermicien » ;
- enfin, on apprécie l'action de la formation complémentaire.

- *Le noyau technologique du passé professionnel*

Sa construction est identique à celle du noyau technologique de l'emploi actuel (2). On a donc sept noyaux technologiques.

TEM : thermodynamique, électrotechnique, mécanique
TE : thermodynamique, électrotechnique
TM : thermodynamique, mécanique
T : thermodynamique
E : électrotechnique
M : mécanique

Autres : dessin, formation, etc.

---

(2) Cf. Deuxième partie, chapitre IV.

- *La relation entre le noyau technologique du passé professionnel et la formation initiale*

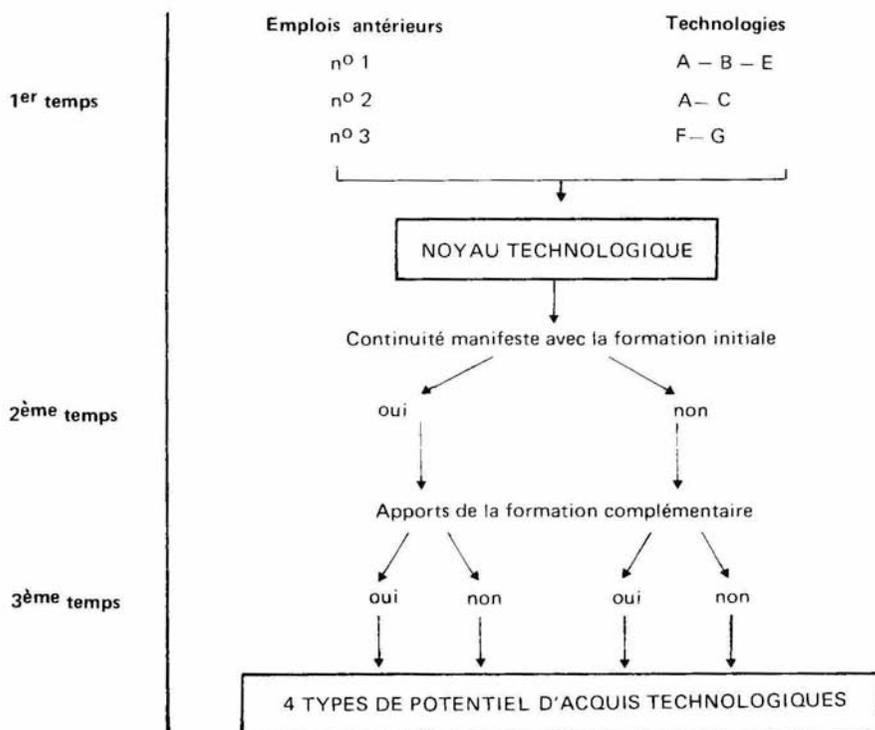
Précédant nécessairement les pratiques professionnelles, la formation initiale peut être considérée comme la base du développement des acquis professionnels. On cherchera à établir s'il y a, ou non, une continuité manifeste entre cette formation initiale et ces acquis professionnels (3).

- *L'action de la formation complémentaire dans la constitution du potentiel d'acquis technologiques*

Compte tenu de la diversité des domaines couverts par la formation complémentaire, on n'a retenu que les formations relevant de la thermique, qu'il s'agisse d'actions de perfectionnement ou d'acquisitions premières.

- *Schéma de construction de l'indicateur du potentiel d'acquis technologiques*

Les développements précédents peuvent être schématisés ainsi :



(3) La détermination de la continuité ou de l'absence de liaison manifeste résulte du rapprochement entre la spécialité de la formation initiale (cf. Codes en annexe) et le noyau technologique du passé professionnel en tenant compte de l'ensemble des données qui ont servi à la construire.

## 1.2 - Les différents types de potentiels d'acquis technologiques

En appliquant ce schéma de construction à l'ensemble des noyaux technologiques, on obtient le tableau suivant :

**Tableau 33**  
**Construction des potentiels d'acquis**  
**Eléments et typologie**

Relation avec les formations  Noyau technologique du passé professionnel	Continuité manifeste avec la formation initiale		Pas de continuité manifeste avec la formation initiale		TOTAUX
	Formation complémentaire				
	Oui	Non	Oui	Non	
Thermodynamique Electrotechnique Mécanique	TEM 1 (10)	TEM 3 (3)	TEM 2 (12)	TEM 4 (5)	30
Thermodynamique Electrotechnique	TE 1 (2)	TE 3 (3)	TE 2 (12)	TE 4 (3)	20
Thermodynamique Mécanique	TM 1 (4)	TM 3 (1)	TM 2 (17)	TM 4 (5)	27
Thermodynamique	T 1 (1)	T 3 (3)	T 2 (3)	T 4 (5)	12
Electrotechnique	E 1 (4)	E 3 (6)	T 2 (14)	T 4 (5)	29
Mécanique	M 1 (3)	M 3 (1)	M 2 (10)	M 4 (3)	17
TOTAUX	24	17	68	26	135
Autres	L'hétérogénéité de la classe « autres » ne permet pas de mise en relation avec la formation.				9

Tous les thermiciens ont pu être ainsi caractérisés par un potentiel d'acquis technologiques comme a été caractérisé par un noyau technologique l'emploi qu'ils occupent.

Pour illustrer le sens de chacun de ces potentiels, on développera deux types de potentiel d'acquis technologiques :

**TEM 1** « Thermicien » dont les acquis professionnels sont organisés autour d'un noyau thermodynamique-électronique-mécanique, enrichi par des actions de formation complémentaire relatives à la thermique et primitivement créé par sa formation initiale.

**E 4** « Thermicien » dont les acquis professionnels sont organisés autour d'un noyau électronique, non enrichi par des actions de formation complémentaire en données thermiques et qui n'a pas été primitivement créé par sa formation initiale.

Par la construction de cet indicateur, on a donc obtenu une information globalisée sur le passé des « thermiciens » interrogés, alors qu'on ne disposait auparavant que d'informations juxtaposées sur leur formation initiale, leurs formations complémentaires et leur passé professionnel.

### 1.3 - Les rôles respectifs des composantes du potentiel d'acquis technologiques

- *La composante passé professionnel*

Il n'y a pas de noyau technologique dominant mais trois noyaux d'importance semblable (TEM : 30 ; E : 29 ; TM : 27) et deux noyaux moins fréquents (TE : 20 ; M : 17).

On retrouve les trois composantes technologiques principales du passé professionnel de nombreux personnels techniques travaillant actuellement dans l'industrie.

En ce sens bien des « thermiciens » ne se différencient pas des autres personnels techniques.

Toutefois on remarquera que si douze « thermiciens » ont un passé professionnel centré sur le thermodynamique (T), d'autres en sont, pour le moins éloignés (dessin, génie chimique, informatique, ... classés en « Autres »).

- *La composante formation*

De façon générale, la non continuité entre les acquisitions technologiques de la formation initiale et celles du noyau professionnel est marquante (70 % des situations). Que recouvre cette constatation ?

L'acquisition ou le développement par des actions de formation complémentaire de compétences professionnelles en thermique, a été notée dans 68 % des passés professionnels. Le rôle de la formation complémentaire est donc assez important (4) mais il est complexe.

Les potentiels d'acquis caractérisés par la non continuité entre la formation initiale et le noyau technologique du passé professionnel mais enrichis en thermique par la formation complémentaire représentent respectivement 63 % des TM, 60 % des TE et 59 % des M, c'est-à-dire bien plus de la moitié des potentiels définis par ces noyaux technologiques. De plus, on a vu que parmi les actions de formation suivies dans le passé professionnel celles qui avaient un rapport avec la thermique (52/181) étaient plutôt du type approfondissement des connaissances, que connaissance du matériel ou conduite d'installation. La place de ces actions de formation croîtra ensuite dans l'emploi actuel (68/130).

**Il semble bien que, dans la constitution du potentiel d'acquis technologiques, la formation complémentaire a plutôt un rôle de compensation à l'absence ou à l'insuffisance de la formation initiale qu'un rôle d'accompagnement de la vie professionnelle (5).**

#### • *Conclusions*

**Il est manifeste que, des trois composantes du processus de formation, c'est essentiellement le passé professionnel qui prépare les personnels techniques à intervenir sur le système thermique.** On le supposait déjà à l'examen de la « continuité énergétique » des passés professionnels (6).

Au début de cette étude, on notait que le domaine technologique et technique dans lequel travaillent les « thermiciens » était nouveau, non du point de vue de la connaissance scientifique, mais de celui de la maîtrise industrielle et même de la reconnaissance industrielle. En conséquence, on ne pouvait trouver dans l'étude du passé des « thermiciens » ni l'appel à des formations centrées sur « la thermique », ni la pratique de technologies centrées sur « la thermique » (ce qui ressort bien de l'étude du noyau technologique du passé professionnel).

Ainsi, dans la préparation au travail sur système thermique le passé professionnel joue un rôle prépondérant mais bien différencié.

---

(4) Le nombre des « thermiciens » ayant acquis ou développé, au cours de leur passé professionnel des connaissances relevant de la thermique, est même remarquable puisque, pour la plupart, ces actes de formation ont eu lieu avant que les effets de la Loi du 16 juillet 1971 puissent s'être faits sentir.

(5) La différenciation du rôle de la formation complémentaire s'estompe quelque peu dans les potentiels d'acquis à noyau technologique TEM. A l'encontre de la tendance générale, on observe tout autant de continuité entre formation initiale et passé professionnel. Mais ceci est probablement dû au fait que dans le traitement de l'information, la correspondance de la spécialité de la formation initiale avec l'une des trois technologies du noyau suffisait à établir la continuité.

(6) Cf. chapitre I.

## 1.4 - Les rôles de préparation au travail du potentiel d'acquis technologiques

### • Préparation spécifique

Le potentiel d'acquis technologiques organisé autour d'un noyau technologique thermodynamique (T) prépare spécifiquement à l'emploi de « thermicien ». Seuls quelques ajustements seront nécessaires. Un tel potentiel favorise les approfondissements de connaissances et compétences relevant de la thermique.

### • Préparation partielle

Les potentiels d'acquis technologiques organisés autour d'un noyau technologiques, thermodynamique, électrotechnique et mécanique (TEM), ou thermodynamique et électrotechnique (TE) ou thermodynamique et mécanique (TM), préparent partiellement à l'emploi de « thermicien ». En effet, cette pluralité technologique sera plus ou moins favorisante selon que les domaines d'application du travail seront marqués par telle ou telle technologie.

### • Préparation non spécifique

Les potentiels d'acquis technologiques organisés autour d'un noyau technologique soit électrotechnique (E), soit mécanique (M), qui sont a priori assez éloignés de la thermique ne préparent pas spécifiquement à l'emploi de thermicien. Tout dépendra des possibilités de transposition, d'adaptation de la personne mais aussi de celles offertes par l'emploi : la composante thermique du travail pouvant être principale ou secondaire, voire marginale.

### • Préparation non manifeste

Le potentiel d'acquis technologiques organisé autour d'un noyau technologique « Autres » (informatique, gestion, formation, ...) ne paraît pas du tout préparer à tenir un emploi de thermicien.

De tels potentiels imposent des transformations importantes des compétences et pratiques professionnelles des activités antérieures avec, certes, des phénomènes de transfert sur des points très particuliers et difficiles à appréhender (type de raisonnement, méthode d'analyse, ...), mais nécessitent, en tout état de cause, d'importantes acquisitions de connaissances et compétences nouvelles.

L'intervention des thermiciens sur le système thermique est-elle différenciée selon le rôle du potentiel d'acquis technologiques dans la préparation au travail ?

## 2 - LE POTENTIEL D'ACQUIS TECHNOLOGIQUES ET LES UNITÉS D'INTERVENTION

Afin de connaître le rôle différencié du potentiel d'acquis technologiques dans l'intervention des thermiciens, on a mis en relation deux séries de données sur la

population : sa répartition selon les unités d'intervention d'une part, et selon les rôles de préparation au travail des potentiels d'acquis technologiques, d'autre part.

Etant donné la diversité des associations d'unités d'intervention (cent-quinze combinaisons différentes pour cent-soixante-quinze contenus d'activité), on changera d'échelle pour ce traitement. On se repérera aux étapes de transformation du système thermique regroupant les unités d'intervention plutôt qu'aux unités élémentaires. L'analyse du travail sur système thermique (7) a, en effet, mis en évidence deux types de « thermiciens » : ceux qui interviennent en Conception-Installation et ceux qui interviennent en Exploitation-Maintenance. Elle a aussi montré une coupure entre l'installation et l'exploitation.

Mais peut-on en conclure que ce ne sont pas les mêmes « thermiciens » ?

Si l'on examine la situation de préparation du travail sur système thermique des personnels intervenant dans les différentes étapes de transformation, on note des différenciations marquées.

#### • **Intervenants en Conception-Installation**

Un peu plus de la moitié d'entre eux sont partiellement préparés à un travail sur système thermique ; un dixième seulement est spécifiquement préparé.

*En cela, ces « thermiciens » ne se distinguent en rien de l'ensemble des intervenants.*

#### • **Intervenants en Installation exclusivement**

La situation de préparation non spécifique est le cas de plus de la moitié d'entre eux. Les situations de préparation spécifique et de préparation partielle, l'une et l'autre plus rares, ont la même importance.

*Ces « thermiciens » se différencient nettement de l'ensemble des intervenants. C'est aussi parmi eux que se trouve la plus forte proportion de premiers emplois.*

#### • **Intervenants en Exploitation-Maintenance**

Les situations de préparation partielle et non spécifique, d'égale importance, sont quasiment les seules observées. Il n'y a qu'un seul premier emploi.

*Ces « thermiciens » se différencient nettement de l'ensemble des intervenants.*

### **2.1 - Préparation au travail sur système thermique et différenciation dans la participation aux étapes de transformation du système**

L'étude du rôle du potentiel d'acquis technologiques dans la préparation à un travail sur système thermique éclaire l'accès aux unités d'intervention sur le système thermique.

---

(7) Cf. Deuxième partie, chapitre 3.

Tableau 34

Rôle du potentiel d'acquis dans la participation aux étapes du système (personnels ayant un passé professionnel)

Étapes de trans-formation Rôle du potentiel d'acquis	Conception + Installation	Conception	Installation	Exploitation + Maintenance	Totaux effectifs	Ensemble des intervenants
Préparation spécifique	9,5	9,7	15,8	(1)	(11)	8
Préparation partielle	62,0	58,0	15,8	50,0	(52)	52,0
Préparation non spécifique	12,0	19,3	58,0	43,0	(21)	31,0
Préparation non manifeste	12,0	9,7	—	—	(8)	6,0
Sans information	(2)	(1)	(1)	—	(4)	(5)
Effectifs totaux	(42)	(31)	(19)	(14)	(96)	(149)

Premier emploi	(6)	(6)	(9)	(1)	(22)	15,0
----------------	-----	-----	-----	-----	------	------

Il apparaît donc que les « thermiciens » intervenant en Conception-Installation n'ont pas le même potentiel d'acquis technologiques que ceux intervenant en Installation et ceux intervenant en Exploitation. Ces derniers se différencient entre eux :

- le potentiel d'acquis technologiques des « concepteurs-installateurs » les prépare assez directement à leur travail ;
- la préparation au travail sur système thermique des « installateurs » n'est pas spécifique, (les « installateurs thermiciens », davantage en situation de préparation non spécifique, sont aussi les plus nombreux dans les premiers emplois) ;
- la préparation des personnels d'Exploitation et de Maintenance est tantôt partielle, tantôt non spécifique.

## 2.2 - Conclusions

L'intervention en Installation est la voie d'accès au système thermique la plus ouverte. Ceci confirme ce qui a été noté lors de l'étude de l'emploi actuel : la fonction Installation est formatrice.

**L'intervention en Exploitation-Maintenance est une voie d'accès au système thermique fermée aux premiers emplois, mais relativement ouverte aux personnels techniques ayant un passé professionnel assez éloigné de la « thermique ».**

**L'intervention en Conception et en Conception-Installation semble demander l'expérience professionnelle la plus resserrée sans pour autant être concentrée sur la « thermique ».**

## 3 - POTENTIEL D'ACQUIS TECHNOLOGIQUES ET EMPLOI ACTUEL

Après avoir précisé à l'aide du potentiel d'acquis technologiques la relation entre la préparation au travail et la participation des thermiciens à tel ou tel groupe d'unités d'intervention, on recherchera des relations entre emploi actuel et potentiel d'acquis.

### 3.1 - Potentiel d'acquis technologiques et emploi actuel des personnels ayant un passé professionnel

Prendre en compte toute la diversité des potentiels d'acquis technologiques entraîne une trop grande dispersion de l'information. On réduira donc ce potentiel à une seule composante : le noyau technologique du passé professionnel. Le tableau 35 établit un parallèle entre noyau technologique de l'emploi actuel et noyau technologique du passé professionnel.

Tableau 35

**Noyau technologique des emplois actuels de « thermiciens » et caractéristique des passés professionnels**

Noyau technologique de l'emploi actuel du passé professionnel	Noyau technologique de l'emploi actuel					
	TEM 18	TE 45	TM 23	T 38	E 12	M 8
	▲	▲	▲	▲	▲	▲
TEM 30	TEM 8	TEM 10	TEM 3	TEM 7	TEM 1	TEM 1
	+	+	+	+	+	+
TE 20 ●	TE 0	TE 13	TE 0	TE 5	TE 1	TE 0
	+	+	+	+	+	+
TM 27 ●●	TM 4	TM 4	TM 6	TM 8	TM 0	TM 3
	+	+	+	+	+	+
T 12	T 2	T 2	T 1	T 6	T 1	T 0
	+	+	+	+	+	+
E 29	E 3	E 11	E 3	E 5	E 7	E 0
	+	+	+	+	+	+
M 17 ●●	M 0	M 2	M 7	M 0	M 2	M 4
	+	+	+	+	+	+
Autres 9	autres 1	autres 1	autres 3	autres 4	autres 0	autres 0
		●●		●●●		

NT: noyau technologique

● ●● ●●● : 1 2 3 non classés

Que révèle cette mise en relation du passé professionnel des « thermiciens » et de leur emploi actuel ?

— **Noyau TEM :**

Près de la moitié des « thermiciens » occupant un emploi à noyau technologique TEM sont en continuité technologique totale avec leur passé professionnel.

— **Noyau TE :**

Le noyau TE de l'emploi actuel se retrouve dans le passé professionnel de la moitié de ceux qui occupent un tel emploi, mais partiellement accompagné de la mécanique. Observons que le passage d'un passé à prédominance électrotechnique à un emploi thermodynamique-électrotechnique est presque aussi important que les situations de continuité directe.

— **Noyau TM :**

A peine plus du tiers des « thermiciens » occupant un emploi à noyau TM sont en continuité technologique totale avec leur passé professionnel. L'origine mécanique seule est nette.

— **Noyau T :**

Si le noyau T de l'emploi actuel se retrouve dans le passé professionnel des deux tiers des « thermiciens » occupant un tel emploi, c'est très largement associé à d'autres technologies. Les passés professionnels des « thermiciens » occupant un emploi à noyau T sont les plus diversifiés de tous.

— **Noyau E :**

Plus de la moitié des « thermiciens » occupant un emploi à noyau E sont en continuité technologique totale avec leur passé professionnel.

— **Noyau M :**

Il est remarquable que pour tous les « thermiciens » occupant un emploi à noyau M, la mécanique était déjà pratiquée dans leur passé professionnel.

Ainsi, le rapprochement des noyaux technologiques de l'emploi actuel et de ceux du passé professionnel fait apparaître des additions, suppressions et substitutions de technologies.

**Les passages du passé professionnel à l'emploi actuel sans constantes technologiques sont rares. Dans l'ensemble, la continuité est forte entre le noyau technologique du potentiel d'acquis technologiques et celui de l'emploi actuel.**

### 3.2 - Emploi actuel des personnels en situation de premier emploi et formation initiale

Tableau 36

Noyau technologique de l'emploi actuel et formation initiale  
(Premier emploi)

Noyau technologique Emploi actuel	Spécialité de la formation initiale
TEM : 2	1 électronique, 1 chimie
TE : 5	3 thermique 1 formation générale, 1 automatisme
TM : 2	2 mesures physiques
T : 10	2 thermique, 2 multitechnologie 1 physique, 2 mécanique, 2 mesures physiques, 1 chimie
E : 4	2 thermique, 2 électronique
M : 3	2 mécanique, 1 dessin

A quatre exceptions près, les technologies principales des premiers emplois sont en continuité avec la spécialité de formation initiale des personnes concernées. En effet, deux personnes formées en mécanique ont un emploi à noyau technologique thermodynamique, deux personnes formées en thermique ont un emploi à noyau technologique-électrotechnique. Dans le premier cas, il s'agit d'un ingénieur d'affaires en matériel thermique, formé dans une école à dominante mécanique et d'un bachelier mécanique qui effectue des calculs de pertes de charge. Dans le deuxième cas, deux diplômés d'IUT génie thermique travaillent sur des boucles d'essais et effectuent des mesures essentiellement à base d'électrotechnique. Bien que la nature de l'échantillon ne permette pas de tirer de conclusion généralisante, on remarque pour les « thermiciens » en situation de premier emploi une bonne adéquation entre la formation initiale et le noyau technologique de cet emploi.

## **CONCLUSIONS**

Les nouvelles conditions du marché et de la distribution de l'énergie ont créé et développé une sensibilisation des entreprises à la composante énergétique de leurs activités.

Peut-on en inférer un appel de compétences nouvelles, sous quelles formes ?

Quelles sont les conditions d'adaptation de l'appareil de formation initiale à cette nouvelle situation ?

Dans la conduite d'une politique énergétique et la recherche de la maîtrise de la consommation d'énergie, les politiques de formation peuvent jouer un rôle d'accélération ou de frein dans la mise en place de pratiques nouvelles de gestion de l'énergie dans les entreprises. C'est dans le but de contribuer au développement et à la redéfinition des formations initiales centrées sur les activités du domaine énergétique-thermique qu'a été conçue l'étude des interventions des personnels techniques sur le système thermique, soigneusement étayée par l'analyse de situations concrètes.

## I - LA DÉCOUVERTE RÉCENTE DU SYSTÈME THERMIQUE

Evoquer la découverte récente du système thermique peut sembler paradoxal. C'est pourtant une réalité irréfutable. Les systèmes thermiques ont toujours existé dans le monde industriel mais, dans la plupart des cas, ils disparaissaient plus ou moins complètement dans les processus de fabrication. La crise de l'énergie bouleverse actuellement cette situation et fait apparaître le système thermique en tant que tel dans la production (1).

- D'une façon générale le système était occulté par l'organisation même de la production et les procédures de travail, (sauf lorsqu'il était l'objet de l'activité de l'entreprise).

Lorsque le système thermique est moyen ou auxiliaire de production, les paramètres de fabrication ne prenaient en compte l'obtention de meilleures conditions énergétiques du fonctionnement des équipements constituant le système thermique que si elles entraînaient des améliorations du produit fabriqué.

---

(1) Deuxième partie, chapitre V.

Le système thermique n'est progressivement plus réduit à ses caractéristiques technologiques ou à ses utilisations. Mais perçu globalement en tant que système.

- La nécessité économique et l'obligation réglementaire de tenir compte du prix de l'énergie et de sa rareté relative ont contraint les entreprises à une approche énergétique de leurs productions : les systèmes théoriques ont émergé.

Les secteurs d'activité gros consommateurs d'énergie ont été les premiers concernés mais progressivement la plupart des secteurs de l'économie se trouvent impliqués (2).

- Corollairement, apparaît une recherche plus ou moins efficiente des mesures et des compétences propres à assurer la maîtrise des systèmes thermiques.

- Il s'agit donc d'une mutation non pas technique mais économique, liée au coût croissant de l'énergie.

## II - LES RÉPONSES ACTUELLES A CETTE SITUATION NOUVELLE

### 1 - Les stratégies des entreprises

- Apparition de l'objectif économie d'énergie dans la gestion de la production.

Les délais de réalisation sont bien souvent courts : il faut aller vite, parer au plus pressé pour un coût minimum et avec un amortissement rapide des investissements (au maximum trois ans et fréquemment moins).

- Recherche d'une optimisation de l'utilisation de l'énergie par redéfinition totale ou partielle de la gestion de la production sans modifications notables des équipements.

- Interventions ponctuelles dans les installations de production.

C'est le cas le plus général parce qu'il ne bouleverse pas le processus de production et que ses conséquences favorables sont aisément perçues (mise en place d'une chaudière de récupération, calorifugeage, recyclage de l'air, ...).

- Redéfinition des processus de production existants avec transformation des étapes de la fabrication.

Cette redéfinition est généralement entreprise seulement en conjonction avec une amélioration ou une modification du produit, (ceci a été rarement observé mais des projets de telles redéfinitions sont en préparation).

- Prise en compte nouvelle ou accrue des données énergétiques dans la conception d'un produit et l'ingénierie d'une installation de production.

---

(2) Première partie, chapitre I.

- Accentuation des recherches d'économie d'énergie dans la conception des systèmes thermiques.

Elles portent sur la réduction des pertes et la récupération de chaleur mais aussi sur une nouvelle conception des matériels. Cela peut aller du changement d'un équipement (brûleur mixte, ...), de la substitution de matière (plastique-métal), d'une utilisation nouvelle de recyclage de l'air, de l'amélioration de l'isolation à la création d'un four, en passant par tous les moyens de contrôle du fonctionnement d'un système (instruments de mesure, régulations diverses, conduite par micro-processeur et ordinateur).

## 2 - Les moyens de ces stratégies

- Appel à des experts généralement effectué sous forme du recours à une société spécialisée pour faire des bilans, des analyses de la valeur des diagnostics et proposer des solutions. On assiste à un développement rapide de tels bureaux d'études et cabinets de conseils.
- Création de matériels nouveaux consommant moins d'énergie ou fondés sur des applications de principes nouveaux ou redécouverts.
- Transformation des structures des entreprises.

On constate l'apparition de services fonctionnels (avec un personnel très réduit) mettant en place un contrôle strict des consommations, incitant les services opérationnels à réexaminer leur activité sous l'angle énergétique et recherchant les opportunités créées par les transformations de la production. Les services n'ont qu'un rôle de conseil et de suggestion, leur champ de décision concerne les aspects juridiques et commerciaux des problèmes énergétiques (contrats avec EDF, ...).

- Utilisation des dispositions prises par les pouvoirs publics pour aider les entreprises : avantages concernant les prêts pour des investissements conduisant à des économies d'énergie ; allègements ou exonérations de taxes ; crédits et subventions accordés par l'Agence pour les Economies d'Energie.
- Définitions nouvelles des contenus d'emplois liés au système thermique et création d'emplois nouveaux.
- Recherche d'hommes capables de faire face à ces situations nouvelles soit au sein du personnel en place, soit par recrutement de jeunes diplômés arrivant sur le marché du travail.

Ces deux derniers points seront développés dans les pages qui suivent.

### III - LES RÉPONSES FUTURES

L'obligation de maîtriser la consommation et l'utilisation de l'énergie est devenue un fait irréversible. Les réponses à cette situation nouvelle sont multiples. Nécessité faisant loi, elles sont parfois précipitées, quelquefois incohérentes, fréquemment insuffisantes. La pertinence à court et à moyen terme des réponses est très délicate à établir car les perspectives d'évolution du marché des diverses énergies et de leur importance respective dans l'économie, n'apparaissent pas clairement. On ne peut dire aujourd'hui que ces perspectives se précisent.

Mais il est acquis que le contrôle énergétique est impératif et que des mesures appropriées doivent être prises. Elles seront de grande ampleur et influenceront tant le fonctionnement général des entreprises que le dispositif de formation initiale. L'étude des interventions des personnels techniques sur le système thermique dans la perspective de la recherche des compétences professionnelles à développer, permet de discerner des réponses probables sur les points suivants :

- la saisie des problèmes énergétiques,
- l'appel de compétences,
- la configuration des emplois,
- les évolutions du dispositif de formation.

#### 1 - La saisie des problèmes énergétiques

Bien que la recherche d'une optimisation de la consommation et de l'utilisation de l'énergie se heurte encore à de nombreux obstacles, la généralisation des préoccupations énergétiques à tous les secteurs d'activité va s'accroître.

- Les stratégies des entreprises pour contrôler la composante énergétique de leurs activités entrent dans une phase nouvelle : redéfinition partielle ou totale des procédés de fabrication et des processus de production.
- Le rythme de passage des industries à la phase nouvelle du contrôle et de la réduction de la consommation dépendra certainement de la rapidité de l'élévation du coût de l'énergie et de l'extension des contraintes réglementaires.

L'effort a d'abord porté sur la réduction des gaspillages. On peut considérer qu'ils ont été largement recensés et analysés et que les mesures adéquates pour les combattre sont au point. Leur suppression effective est bien engagée et s'amplifie, entraînant la création de matériels nouveaux et, corrélativement, d'emplois (3).

---

(3) Une estimation récente du ministère de l'Industrie évalue à 50 000 les emplois qui pourraient être créés pour contribuer à la fabrication des matériels nécessaires pour atteindre les objectifs d'économie de 3 millions de t.e.p./an représentant des investissements de quelque huit milliards de francs.

Toutefois la disparition des gaspillages ne suffira pas à atteindre les objectifs de réduction de la consommation d'énergie. Un examen en profondeur des processus de production et des pratiques de consommation s'avère nécessaire.

Dans les prochaines années, se développeront les redéfinitions partielles ou totales des procédés de fabrication et des processus de production, ce qui s'expérimente déjà dans certains secteurs avec souvent l'appui des pouvoirs publics (cimenterie, verre, aciérie, textile, ...).

Mais les investissements sont lourds, ils ne deviendront prioritaires que si leur rentabilité est évidente. Aussi paradoxal que cela paraisse, il faudra encore de fortes augmentations du coût de l'énergie dans les productions de beaucoup de secteurs d'activité pour que les décisions d'investissement deviennent nombreuses et effectives. A moins que les diverses mesures d'incitation aux économies d'énergie (contrats de branche, primes, allègements fiscaux, ...) soient renforcées par des contraintes réglementaires rigoureuses. Les actions de sensibilisation nombreuses et variées semblent jusqu'à présent n'avoir eu que des effets limités et passagers (4).

De tels changements dans la saisie des problèmes énergétiques sont liés à la disparition progressive de la compréhension du système par ses seules caractéristiques technologiques ou par ses seules utilisations et à la généralisation d'une approche globale (5).

Cette transformation, plus ou moins rapide et étendue, semble être la condition nécessaire à l'expression de besoins accrus de compétences destinés à prendre en charge le système thermique.

## 2 - L'appel de compétences

L'extension de cette prise en charge fera naître très probablement un double appel de compétences :

- Recherche de personnels très spécialisés, tant ingénieurs que techniciens, pour des interventions d'expertises (bilans, analyses, diagnostics et propositions de modifications) ainsi que pour des interventions de dépannage et d'entretien.
- Approfondissement des compétences et connaissances de l'ensemble des intervenants sur le système.

Concernant, pour l'instant, surtout les exploitants cette demande d'amélioration des connaissances s'étendra aux personnels qui, à l'heure actuelle, interviennent dans les systèmes thermiques mais sans les traiter comme tels (cf. I).

---

(4) En 1978, la consommation d'énergie a augmenté de façon telle que les économies réalisées les années précédentes ont presque été effacées (plus de 5 % d'augmentation).

(5) Cf. I, p. 177.

Par ailleurs, des connaissances spécialisées et adaptées devront de plus en plus être acquises par les utilisateurs des systèmes et par les personnels qui devront tenir compte dans leur travail de l'émergence généralisée des systèmes thermiques. Un peu à l'image de ce qui se produit actuellement avec l'informatique.

### 3 - La configuration des emplois

En corrélation avec l'appel de compétences se dessinent déjà deux configurations d'emplois bien différenciées :

- des emplois de thermiciens,
- des emplois à composante thermique.

- Les emplois que l'on peut réellement appeler emplois de thermiciens.

Ils ont une plage d'intervention sur le système thermique très étendue et sont définis indépendamment de cette plage d'intervention, par référence à la fonction d'analyse approfondie de tout ou partie du système.

Les exigences de compétences seront variées. Elles se traduiront soit par la spécialisation des emplois de thermiciens, dans une technologie particulière (situation actuelle), soit par une orientation multitechnologique.

- Les emplois à composante thermique.

Leurs plages d'intervention sur le système thermique couvrent, dans l'ensemble, seulement quelques unités d'intervention et concernent rarement à la fois l'installation et l'exploitation.

La coupure entre ces deux étapes de transformation du système a déjà été observée dans le travail actuel des intervenants. Elle ne peut disparaître sans un bouleversement de la division du travail entre entreprises. En effet, cette séparation correspond au transfert de la responsabilité du système thermique du constructeur à l'utilisateur. Les personnels de l'un ne se confondent pas avec ceux de l'autre même lorsqu'il s'agit des services d'une même entreprise.

La réunion d'activités relatives à « l'exploitation-maintenance » à « l'installation-conception » voire à « la conception-maintenance » deviendra plus fréquente pour tous les niveaux de qualification (6).

Cette extension n'est pas seulement liée au phénomène technique que représente l'automatisation croissante des systèmes thermiques, laquelle étend la plage d'intervention des personnels, mais dépend aussi d'une nouvelle répartition du travail : l'introduction d'activités de maintenance dans l'exploitation elle-même, qui atténue la nette séparation actuelle entre ces deux fonctions.

---

(6) L'association fréquente d'activités relatives à l'exploitation et à la maintenance a été relevée, pour le moment, surtout dans le travail des personnels de niveau hiérarchique élevé.

- Peut-on apprécier l'importance que prendront ces deux configurations d'emplois ?
- La demande d'emplois de thermiciens (au sens défini ci-dessus) va connaître une vive inflation — les prémices en apparaissent déjà — mais ne se maintiendra que pendant quelques années.

En effet, l'accélération brusque de la demande, en grande partie liée à la conjoncture, ne durera que le temps, pour les entreprises, de répondre aux contraintes énergétiques en remettant en ordre leurs productions avec le concours des thermiciens qu'elles recrutent, ou par l'intervention d'experts.

Après cette période, ce seront essentiellement des entreprises consommant beaucoup d'énergie ou dont l'activité est centrée sur la thermique et des sociétés de conseil qui feront une place permanente aux emplois spécialisés de thermiciens. Dans les autres entreprises, certains thermiciens en place devront faire face à des évolutions de carrière hors de leur spécialité.

- Le développement des emplois à composante thermique est une tendance profonde et irréversible.

Il est lié à la généralisation et à la systématisation du contrôle de l'utilisation de l'énergie par le passage des entreprises à la phase nouvelle de ce contrôle : la redéfinition partielle ou totale des procédés de fabrication et des processus de production.

Selon quelle ampleur et avec quelle rapidité ce développement se fera-t-il ? Seul le rythme de ce passage donnera une réponse. Et l'on sait quelles en sont les conditions (7).

#### 4 - Les évolutions du dispositif de formation

Les infléchissements ou les transformations du dispositif de formation initiale sont du ressort des institutions éducatives. Cependant l'étude appelle quelques réflexions.

- L'actualisation des formations technologiques spécialisées préparant aux emplois de thermiciens.

Elle doit tenir compte de l'accroissement important, puis du tassement progressif de la demande de thermiciens. Déjà engagée dans la phase de croissance, cette évolution se traduira dans un avenir plus ou moins éloigné, par des évolutions dans la nature des activités, des technologies ou des fonctions accessibles aux thermiciens.

---

(7) Cf. 3.1.

Il est donc nécessaire, dès la formation initiale des spécialistes en thermique, de les préparer à de larges adaptations futures sans compter uniquement sur des actions de formation en cours de carrière.

En effet, les jeunes formés arrivent sur un marché du travail qui leur sera favorable pendant quelques années seulement.

- L'évolution des autres formations technologiques

Leur rôle n'est pas de préparer spécifiquement à un travail sur système thermique, elles ont chacune leur objectif propre. Néanmoins, un travail à caractère entièrement ou partiellement thermique fait partie du champ des possibles pour les formés. Cela deviendra de plus en plus fréquent, on l'a montré précédemment (8).

Une inflexion doit être engagée afin que des spécialistes d'autres technologies soient préparés à aborder des activités à composante énergétique-thermique plus ou moins importante.

Comment faire place aux connaissances relevant de l'énergétique thermique et conserver les objectifs et la pertinence de chacune de ces formations ? Un long débat s'amorce.

- Généralisation de l'initiation à l'énergétique dans l'ensemble du dispositif de formation initiale technologique et non technologique.

La clé de la maîtrise économique de l'énergie passe aussi, on le sait bien, par sa maîtrise sociale. On a montré que le changement radical qui commence à s'opérer dans la façon d'aborder les systèmes thermiques (9) devra se généraliser pour que cette maîtrise soit atteinte (10).

S'il est urgent que l'on transforme la formation de ceux qui s'atteleront à cette tâche, il n'est pas utopique de songer à introduire très tôt dans le dispositif de formation initiale des connaissances relevant de l'énergétique-thermique afin d'en favoriser la maîtrise sociale.

Quelles que soient les orientations et objectifs des formations, il convient de préparer tous les formés à avoir des comportements appropriés à la maîtrise de la consommation et de l'économie d'énergie dans la vie professionnelle comme dans la vie quotidienne.

---

(8) Cf. 2.2 et 3.2.

(9) Cf. 1.1.

(10) Cf. 2.1.

## **ANNEXES**

Annexe I :  
Guide d'entretien

Annexe II :  
Spécialités  
de formation initiale ;  
Technologie des emplois

Annexe III :  
Niveaux de sortie du système éducatif

Annexe IV :  
Les unités d'intervention  
du système thermique

## Annexe I

### **Guide d'entretien :** **Informations à recueillir et thèmes de discussion**

#### *PREMIER TEMPS : CADRAGE*

##### *A - Identification de l'établissement*

- Nom et raison sociale.
- Nom de l'entreprise ou du groupe auquel appartient l'établissement.
- Secteurs d'activité de l'établissement.
- Organisation actuelle et date de son existence.
- Production de l'établissement : biens (lesquels), services (lesquels).
- Systèmes énergétiques associés aux productions.
- Liaisons avec l'environnement (sous-traitance, co-traitance, fournitures).
- Développement prévu des systèmes thermiques (évolution).

##### *B - Recherche des systèmes de production et d'utilisation de l'énergie*

- Énergies primaires.
- Système de transformation de l'énergie.
- Différents systèmes énergétiques utilisés.
- Quelles étapes de la transformation du système sont concernées ? (conception, réalisation, installation, exploitation, maintenance).
- Systèmes de récupération.
- Optimisation, économie d'énergie.

## *DEUXIÈME TEMPS : SÉLECTION D'UN SYSTÈME THERMIQUE*

- Description technique avec schéma si nécessaire.
- Personnes concernées dans et hors de l'établissement :
  - sur chacune des étapes de transformation du système thermique prise en charge totalement ou partiellement dans l'établissement (conception, réalisation, installation, exploitation et maintenance), ventilation du personnel par catégorie professionnelle, activité dominante de chacun et service d'appartenance.
- Principes particuliers de répartition du travail au sein de la population concernée.
- Régime de travail et astreintes.
- Pratiques de l'entreprise par rapport au marché du travail. Problèmes et contraintes au niveau de la formation et du recrutement du personnel.
- Perspectives d'évolution de ce système :
  - au plan technique : optimisation et économies d'énergie,
  - répercussions éventuelles sur la main-d'œuvre :
    - qualitativement (niveaux et spécialités de formation) ;
    - quantitativement (embauche, transfert de personnel, etc.).

## *TROISIÈME TEMPS : IDENTIFICATION D'UN GROUPE D'INTERVENANTS*

- Liste des intervenants interrogés : appellation, catégorie, fonction, service.
- Formation initiale suivie.
- Histoire professionnelle : utilisation d'un questionnaire fermé.

## *QUATRIÈME TEMPS : ENTRETIEN AVEC LES INTERVENANTS CHOISIS*

*Éléments de guidage de la description du travail de l'intervenant sur le système*

### **a) Déclenchement de l'intervention :**

- signaux du système
- consignes et instructions générales ou au coup par coup
- commandes, planning
- services, personnes : sous-traitant éventuel
- documentation : gammes, catalogues, revues...
- matériel utilisé (de calcul, d'analyse, etc.)

### **b) Démarche de l'intervenant :**

- paramètres pris en compte
- solutions possibles

- consultations nécessaires
- limites d'intervention
- c) **Validation de l'intervention :**
  - par le système lui-même
  - auto-contrôle
  - contrôle par tierce personne
- d) **Produits de l'intervention :**
  - transformation matérielle du produit
  - compte rendu
  - devis
  - rapport...
- e) **Contraintes :**
  - contrainte de temps pour l'intervenant (cadence, etc.)
  - contrainte de coût (économies d'énergie à réaliser en fonction de la réglementation en vigueur, etc.)
  - contraintes d'approvisionnement (livraisons contingentées de fuel, etc.)
  - contraintes d'organisation, de sécurité
- f) **Relation de l'individu :**
  - avec d'autres personnes du service ou d'autres services
  - avec des personnes de l'extérieur
  - avec des clients de l'établissement (aspect technico-commercial)

## Annexe II

### **Spécialités de formation initiale**

Electrotechnique (dont électricité, électromécanique)	Mesures physiques
Electronique	Chimie (et physicochimie)
Automatisme	Génie civil (bâtiment, menuiserie)
Mécanique (dont tourneur, ajusteur)	Physique (dont physique atomique)
Chaudronnerie	Dessin
Métallurgie, traitement thermique	Formation générale
Thermique	Formation multitechnologie
Froid et climatisation	Autres

### **Technologies des emplois**

Électrotechnique (dont électricité, électromécanique)	Mesures physiques
Électronique	Acoustique
Automatismes (dont pneumatique hydraulique)	Génie chimique, chimie
Mécanique	Informatique
Chaudronnerie (dont tuyautage, tôlerie, serrurerie)	Génie civil (dont charpente métallique et résistance des matériaux)
Métallurgie (dont résistance des matériaux)	Physique (dont génie atomique)
Thermique (dont isolation, calculs)	Dessin
Thermodynamique	Mercatique, devis
Mécanique des fluides	Administrative, financière, formation Autres

## Annexe III

### Niveaux de sortie du système éducatif

- Niveau VI : Premier cycle du second degré (6<sup>e</sup> à 3<sup>e</sup> pratique et CPPN) et formations professionnelles en 1 an (CEP et CPA).
- Niveau V bis : 3<sup>e</sup> I, II, II aménagée et classe de second cycle court professionnel avant l'année terminale.
- Niveau V : Année terminale des cycles courts professionnels et second cycle long avant la classe terminale.
- Niveau IV : Classes terminales de l'enseignement secondaire et abandons de l'enseignement supérieur avant obtention d'un diplôme de niveau III.
- Niveau III : Diplôme de type bac. + 2 ans (DUT, BTS, instituteurs, DEUG, écoles de santé...).
- Niveaux II et I : Diplôme de second et 3<sup>e</sup> cycles ou des grandes écoles.

## Annexe IV

### **Les unités d'intervention du système thermique**

- Conception 1 : Étude des phénomènes thermiques dans des perspectives industrielles.
- Conception 2 : Transposition des besoins nouveaux et des impératifs économiques en applications industrielles.
- Conception 3 : Définition des caractéristiques générales du système.
- Conception 4 : Calculs de l'installation en avant-projet - Choix des équipements - Prix et financement.
- Conception 5 : Études d'exécution.
- Installation 1 : Organisation générale.
- Installation 2 : Préparation des chantiers.
- Installation 3 : Montage et suivi de chantier.
- Installation 5 : Mise en condition de fonctionnement.
- Installation 6 : Mise en route - Mesures - Essais.
- Installation 7 : Bilans techniques et analyses critiques du fonctionnement des appareils et des équipements.
- Installation 8 : Constitution des dossiers - Bilans et évaluations financiers - Réception.
- Exploitation 1 : Organisation - Contrats - Consignes.
- Exploitation 2 : Conduite des installations.
- Exploitation 3 : Bilans - Améliorations.
- Maintenance 1 : Mise au point des procédures - Gestion des matériels.
- Maintenance 2 : Analyses des symptômes - Diagnostic.
- Maintenance 3 : Dépannage et entretien préventif.
- Maintenance 4 : Conclusions techniques et financières.

## Liste des tableaux

	Pages
Tableau 1 : Étapes de transformation de l'énergie .....	27
Tableau 2 : Coefficients de conversion en tonnes d'équivalent pétrole (Tep) des divers combustibles .....	30
Tableau 3 : Bilans énergétiques corrigés en fonction des conditions climatiques moyennes annuelles .....	32
Tableau 4 : Consommations de combustibles et d'électricité dans l'industrie française .....	36
Tableau 5 : Structure des consommations de combustibles des secteurs résidentiel, tertiaire et commercial .....	37
Tableau 6 : Structure des consommations de combustibles des sous-secteur transports .....	37
Tableau 7 : Programme nucléaire français jusqu'en 1985 .....	39
Tableau 8 : Écoles publiques d'ingénieurs sous tutelle du ministère des Universités .....	43
Tableau 9 : Écoles publiques d'ingénieurs dépendant d'autres ministères .....	44
Tableau 10 : Universités délivrant les DEA et maîtrises à caractère énergétique-thermique .....	45
Tableau 11 : Établissements préparant au DUT Génie thermique .....	46
Tableau 12 : Lycées préparant aux BTS « énergétique-thermique » .....	47
Tableau 13 : BTn, BT, CAP et BEP du domaine « énergétique-thermique » .....	48
Tableau 14 : Principaux organismes publics dispensant des formations complémentaires « énergétique-thermique » .....	53
Tableau 15 : Principaux organismes privés dispensant des formations complémentaires « énergétique-thermique » .....	54
Tableau 16 : Activités des établissements dans lesquels ont été effectuées les observations .....	59
Tableau 17 : Répartition des emplois, supports d'observation .....	61
Tableau 18 : Plage d'intervention des thermiciens .....	124
Tableau 19 : Associations d'unités d'intervention et appellations d'emplois .....	127
Tableau 20 : Répartition des intervenants dans les associations d'étapes .....	129

	Pages
Tableau 21 : Technologies pratiquées dans l'emploi actuel .....	134
Tableau 22 : Répartition de la population selon les différents noyaux technologiques .....	136
Tableau 23 : Les fonctions dans l'emploi actuel .....	137
Tableau 24 : Répartition de la population selon les spécialités de formation initiale .....	150
Tableau 25 : Institutions de formation .....	153
Tableau 26 : Le contenu technologique de la formation .....	154
Tableau 27 : Le contenu non technologique de la formation .....	155
Tableau 28 : Institutions de formation .....	156
Tableau 29 : Le contenu technologique de la formation .....	156
Tableau 30 : Le contenu non technologique de la formation .....	157
Tableau 31 : Importance relative des fonctions dans les emplois du passé professionnel .....	159
Tableau 32 : Caractérisation technologique des emplois « énergétiques » et des emplois « non énergétiques » .....	160
Tableau 33 : Construction des potentiels d'acquis - Éléments et typologie .....	166
Tableau 34 : Rôle du potentiel d'acquis dans la participation aux étapes du système .....	172
Tableau 35 : Noyau technologique des emplois actuels de « thermiciens » et caractéristique des passés professionnels .....	174
Tableau 36 : Noyau technologique de l'emploi actuel et formation initiale .....	176

## Liste des graphiques

	Pages
Graphique 1 : Évolution de la consommation de combustibles par branche d'activité .....	34
Graphique 2 : Évolution de la consommation d'électricité par branche d'activité .....	35
Graphique 3 : Représentation des associations d'unités d'intervention	128
Graphique 4 : Niveaux de formation des thermiciens .....	148
Graphique 5 : Moyenne d'âge des « thermiciens » selon le niveau de formation initiale .....	149
Graphique 6 : Moyenne d'âge des thermiciens selon la spécialité de la formation initiale .....	152

---

ACHEVÉ D'IMPRIMER  
SUR LES PRESSES DE  
GRAPHIC EXPANSION S.A.  
9, av. du Général-Leclerc, NANCY  
D.L. 1233 - 1<sup>er</sup> trimestre 1981

---

# SERVICES DU CENTRE D'ETUDES ET DE RECHERCHES SUR LES QUALIFICATIONS (CEREQ)

9, rue Sextius-Michel, 75732 Paris Cedex 15

Tél. : 575.62.63

## CONSEILLERS

**Conseiller scientifique** : Vincens (Jean), professeur à l'Université de Toulouse I.  
**Conseillers pédagogiques** : Bégarra (Raphaël), inspecteur général de l'instruction publique ; Cénat (Jean-Luc), chargé de mission d'inspection générale ; Grandbois (Roger), inspecteur général de l'instruction publique ; Janod (Robert), inspecteur principal de l'enseignement technique ; Philippe (Roger), doyen d'inspection générale ; Biencourt (Louis), chargé de mission d'inspection générale.

## DIRECTION

- **Secrétariat de direction**  
M<sup>lle</sup> Dumoutier (Catherine)
- **Adjoint au Directeur pour la recherche et les publications**  
M. Iribarne (Alain d')
- **Mission des liaisons internationales**  
M. Bertrand (Olivier)
- **Adjoint au Directeur pour les affaires générales et administratives**  
N...
- **Mission des relations avec les conseils de la formation et de l'emploi**  
M<sup>lle</sup> Soullisse (Odette)
- **Chargé de mission pour les enseignements supérieurs**  
M<sup>me</sup> Pagès (Josette)
- **Chargé de mission pour les enseignements technologiques**  
M<sup>lle</sup> Meylan (Françoise), inspectrice de l'information et de l'orientation

## SERVICES

- **Service administratif et financier**  
Chef du service :  
M<sup>me</sup> Ferrari (Sylviane), conseiller administratif des services universitaires
- **Service Informatique**  
Chef du service :  
M. Iagolnitzer (Edmond)
- **Service d'information et de documentation**  
Chef du service :  
N...  
Centre documentaire  
M. Blondet (Daniel)

## DEPARTEMENTS

- **DEPARTEMENT DE LA QUALIFICATION DU TRAVAIL**  
Chef du département : M. Cessieux (René)  
Chargé d'analyser les formes et le contenu du travail humain ; de décrire les emplois et leur organisation ; de rechercher les évolutions du travail en vue de l'information professionnelle, la formation et l'emploi des jeunes et des adultes ; de contribuer à la normalisation de la documentation sur les activités professionnelles et à l'amélioration des nomenclatures, définitions ou codes utilisés dans ce domaine.  
**Repertoire français des emplois** :  
M. Kirsch (Jean-Louis), M. Simula (Pierre)
- **DEPARTEMENT DE L'EMPLOI ET DES PREVISIONS**  
Chef du département : M. Menu (Dominique)  
Chargé d'établir les liaisons entre le fonctionnement du système éducatif et l'évolution de la situation de l'emploi à court, moyen et long termes ; de mettre en œuvre les études du Centre pour enrichir les prévisions sur l'offre et la demande de qualifications afin notamment de préciser les estimations sur les besoins en formation et les débouchés professionnels ; de procéder à des bilans approfondis dans les secteurs économiques et les régions en vue de déterminer les équilibres entre les emplois et les formations.  
**Bureau des statistiques professionnelles**  
Chef de bureau : M. Maréchal (Pierre)  
Chargé de répondre aux besoins du Centre liés à l'exécution de ses programmes ; de satisfaire les demandes particulières d'organismes extérieurs ; d'améliorer l'information statistique sur les professions ; d'appliquer ses recherches au rapproche-
- ment et à l'exploitation comparée des données chiffrées sur l'emploi et les formations.
- **DEPARTEMENT DES FORMATIONS ET CARRIERES**  
Chef du département : M. de Virville (Michel)  
Chargé de procéder à l'évaluation professionnelle des formations conduisant à la qualification ; d'étudier les modalités et les conditions du passage de la formation à l'activité, notamment dans le cas des jeunes ; d'observer les carrières suivant l'utilisation des connaissances initiales et les besoins de l'éducation des adultes ; de créer et d'actualiser régulièrement l'information systématique sur l'insertion et les cheminements professionnels des jeunes et des adultes après leur formation.  
**Observatoire national des entrées dans la vie active** :  
Chargé des enquêtes : M. Gensbittel (Michel-Henri)  
Chargé des questions régionales : M. Biret (Jean)
- **MISSION PEDAGOGIQUE**  
Chef de la mission : M<sup>lle</sup> Lantier (Françoise)  
Chargée d'étudier les innovations techniques et leurs effets sur le travail selon les besoins de l'actualisation ou de la modernisation des formations ; d'associer les travaux du Centre à la recherche sur les objectifs de l'enseignement par l'analyse des compétences professionnelles à développer ; d'assurer, avec le concours des conseillers pédagogiques, les liaisons nécessaires avec l'Institut national de recherche pédagogique, les institutions ou les organismes de formation.

Pour tous renseignements concernant les publications du CEREQ  
s'adresser au Service d'Information et de Documentation (Tél. : 575.62.63 - poste 218)



**centre d'études  
et de recherches  
sur les  
qualifications**

9, rue Sextius Michel 75732 Paris Cedex 15

LA DOCUMENTATION FRANÇAISE 29-31 QUAI VOLTAIRE · 75340 PARIS CEDEX 07  
TEL : 261-50 10 · TELEX : 204826 DOCFRAN PARIS

Imprimé en France

ISBN : 2-11-000631-5

AM2155