

# Préface

La deuxième édition de cet ouvrage portant le titre de *Régulation et automatisme des systèmes frigorifiques* fait suite à un premier ouvrage édité en 2010 qui a connu un large succès auprès d'un public de professionnels et d'étudiants impliqués dans des études appliquées d'ingénieurs en génie frigorifique. Tout particulièrement les auditeurs de l'IFFI (Institut français du froid industriel et du génie climatique) ont pu apprécier la clarté, l'exhaustivité et le caractère concret de cet ouvrage ainsi que des exposés des auteurs qui interviennent régulièrement dans cet institut.

Depuis quelques années, le génie frigorifique connaît des évolutions techniques, réglementaires et professionnelles profondes. En effet, les contraintes réglementaires et économiques – que l'on sait durables – devraient favoriser dans les années à venir le développement et la mise en place d'équipements et de systèmes frigorifiques répondant à des exigences accrues de performance : fiabilité, sûreté, sobriété en fluide frigorigène mais également efficacité énergétique. Ce dernier point apparaît comme une nouvelle demande des exploitants et des maîtres d'ouvrage conscients de l'augmentation à venir des coûts énergétiques et soucieux de montrer au grand public leur attachement à une technologie frigorifique à moindre impact sur l'environnement.

Les composants majeurs (compresseurs, échangeurs de chaleur, dispositif de détente...) équipant les systèmes frigorifiques ont fait l'objet de nombreux développements techniques innovants pour répondre à ces exigences : rendement et efficacité élevés, dispositif d'adaptation aux charges frigorifiques variables, acceptation de fluides frigorigènes « nouveaux »...

Au-delà du développement de composants à haute performance, l'enjeu majeur pour les professionnels du génie frigorifique réside certainement dans la conception, la mise en œuvre et l'exploitation de systèmes frigorifiques intégrant ces différentes technologies de composants. Dans le processus de conception, c'est la cohérence dans la sélection des composants techniques

ainsi que la pertinence des modes et des techniques de régulation qui permettront d'obtenir un système frigorifique efficace, fiable et répondant aux exigences de l'exploitant. Lors de l'exploitation, sans aucun doute, l'obtention des performances nominales du système et le maintien dans le temps de celles-ci ne pourront être réalisés que grâce à un contrôle régulier des paramètres de la régulation et du pilotage de l'installation.

Il apparaît clairement que la maîtrise des méthodes et technologies des dispositifs de régulation et de pilotage des installations frigorifiques est l'une des compétences incontournable de tout professionnel du génie frigorifique.

En réponse à ces nouveaux défis techniques, nous devons à MM. Prigent et Auclerc d'avoir rédigé un ouvrage particulièrement pédagogique qui, sous une forme synthétique, aborde tous les éléments méthodologiques, techniques et applicatifs indispensables à la pratique de la régulation et des automatismes par les « frigoristes ». Nous ne pouvons que recommander à tous – étudiants, pédagogues et professionnels – la lecture et la mise en pratique des savoirs et des règles de l'art exposés dans cet ouvrage.

Christophe MARVILLET

*Directeur de l'IFFI*

*(Institut français du froid industriel et du génie climatique)*

# Table des matières

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Préface</b>   | <b>V</b>  |
| <b>Remerciements</b>                                     | <b>XI</b> |
| <b>Introduction</b>                                      | <b>1</b>  |
| <b>Chapitre 1 : Les types d'actions en régulation</b>    | <b>3</b>  |
| 1.1 Régulation Tout Ou Rien                              | 6         |
| 1.2 Action proportionnelle (P)                           | 8         |
| 1.3 Action intégrale (I)                                 | 10        |
| 1.4 Action dérivée (D)                                   | 10        |
| 1.5 Action proportionnelle, intégrale et dérivée (PID)   | 11        |
| 1.6 Expression mathématique d'un PID mixte               | 15        |
| 1.7 Méthode Ziegler-Nichols (boucle fermée)              | 16        |
| <b>Chapitre 2 : Mesures</b>                              | <b>17</b> |
| 2.1 Signaux  | 17        |
| 2.2 Capteurs   | 19        |
| <b>Chapitre 3 : Les organes mécaniques de régulation</b> | <b>41</b> |
| 3.1 Thermostat   | 43        |
| 3.2 Pressostat   | 45        |
| <b>Chapitre 4 : Régulation de base</b>                   | <b>51</b> |
| 4.1 Thermostatique                                       | 51        |
| 4.2 Pressostatique                                       | 52        |
| 4.3 Mixte  | 52        |

|  |            |
|--|------------|
| <b>Chapitre 5 : Cascade et plage neutre</b>              | <b>57</b>  |
| 5.1 Cascade pressostatique/thermostatique                | 58         |
| 5.2 Plage neutre pressostatique/thermostatique           | 63         |
| <b>Chapitre 6 : Les vannes de régulation</b>             | <b>67</b>  |
| 6.1 Critères de sélection d'une vanne                    | 67         |
| 6.2 Les vannes Tout Ou Rien                              | 69         |
| 6.3 Vanne amont et vanne aval                            | 70         |
| 6.4 Vanne hydraulique                                    | 79         |
| <b>Chapitre 7 : Les détendeurs</b>                       | <b>81</b>  |
| 7.1 Détendeur capillaire                                 | 81         |
| 7.2 Détendeur thermostatique interne et externe          | 82         |
| 7.3 Détendeur électrique                                 | 92         |
| 7.4 Détendeur industriel                                 | 93         |
| <b>Chapitre 8 : L'alimentation en fluide frigorigène</b> | <b>99</b>  |
| 8.1 Flood (thermosiphon)                                 | 99         |
| 8.2 Régime noyé  | 104        |
| 8.3 Fluide frigorigène pompé                             | 106        |
| <b>Chapitre 9 : Le dégivrage</b>                         | <b>111</b> |
| 9.1 Naturel  | 112        |
| 9.2 Électrique   | 113        |
| 9.3 À l'eau  | 117        |
| 9.4 Gaz chaud  | 117        |
| <b>Chapitre 10 : La chaîne de sécurité</b>               | <b>123</b> |
| 10.1 Compresseur à pistons                               | 124        |
| 10.2 Compresseur Scroll                                  | 124        |
| 10.3 Compresseur à vis                                   | 126        |

|   |            |
|---|------------|
| <b>Chapitre 11 : La variation de vitesse</b>            | <b>129</b> |
| 11.1 Constitution                                       | 129        |
| 11.2 La sélection                                       | 131        |
| 11.3 Précautions d'installation                         | 131        |
| 11.4 Intérêts   | 133        |
| 11.5 Limites d'utilisation                              | 134        |
| <b>Chapitre 12 : Le purgeur automatique</b>             | <b>135</b> |
| 12.1 Fonction   | 135        |
| 12.2 Schéma de principe                                 | 136        |
| 12.3 Mise en œuvre                                      | 138        |
| 12.4 La recherche d'incondensables                      | 138        |
| 12.5 Automatisation                                     | 141        |
| <b>Chapitre 13 : Les roof-tops</b>                      | <b>143</b> |
| 13.1 Composition  | 143        |
| 13.2 Positionnement                                     | 145        |
| 13.3 Régulation   | 146        |
| <b>Chapitre 14 : Les meubles frigorifiques de vente</b> | <b>149</b> |
| 14.1 Régulation « maître/maître »                       | 151        |
| 14.2 Régulation « maître/esclave »                      | 153        |
| 14.3 Points périphériques                               | 154        |
| <b>Chapitre 15 : Automatismes</b>                       | <b>159</b> |
| 15.1 Architecture                                       | 159        |
| 15.2 Automate programmable et automate de régulation    | 161        |
| 15.3 Les langages de programmation                      | 163        |
| 15.4 Les ressources internes                            | 166        |
| 15.5 Les pupitres opérateurs                            | 168        |
| 15.6 Chien de garde et précautions                      | 168        |
| 15.7 Programme et structure                             | 169        |
| 15.8 Définition des cartes entrées/sorties              | 170        |

|  |            |
|--|------------|
| <b>Chapitre 16 : Supervision</b>         | <b>171</b> |
| 16.1 Architecture                        | 171        |
| 16.2 Fonctionnalités                     | 171        |
| 16.3 Logiciels                           | 173        |
| 16.4 Communication                       | 175        |
| 16.5 Alarmes et communication à distance | 178        |
| <b>Chapitre 17 : Cas d'études</b>        | <b>181</b> |
| 17.1 Exemple 1                           | 181        |
| 17.2 Exemple 2                           | 183        |
| 17.3 Exemple 3                           | 185        |
| 17.4 Exemple 4                           | 186        |
| 17.5 Exemple 5                           | 189        |
| 17.6 Exemple 6                           | 189        |
| 17.7 Exemple 7                           | 191        |
| 17.8 Exemple 8                           | 194        |
| 17.9 Exemple 9                           | 195        |
| 17.10 Exemple 10                         | 199        |
| 17.11 Exemple 11                         | 201        |
| 17.12 Exemple 12                         | 203        |
| <b>Bibliographie</b>                     | <b>205</b> |
| <b>Index</b>                             | <b>207</b> |