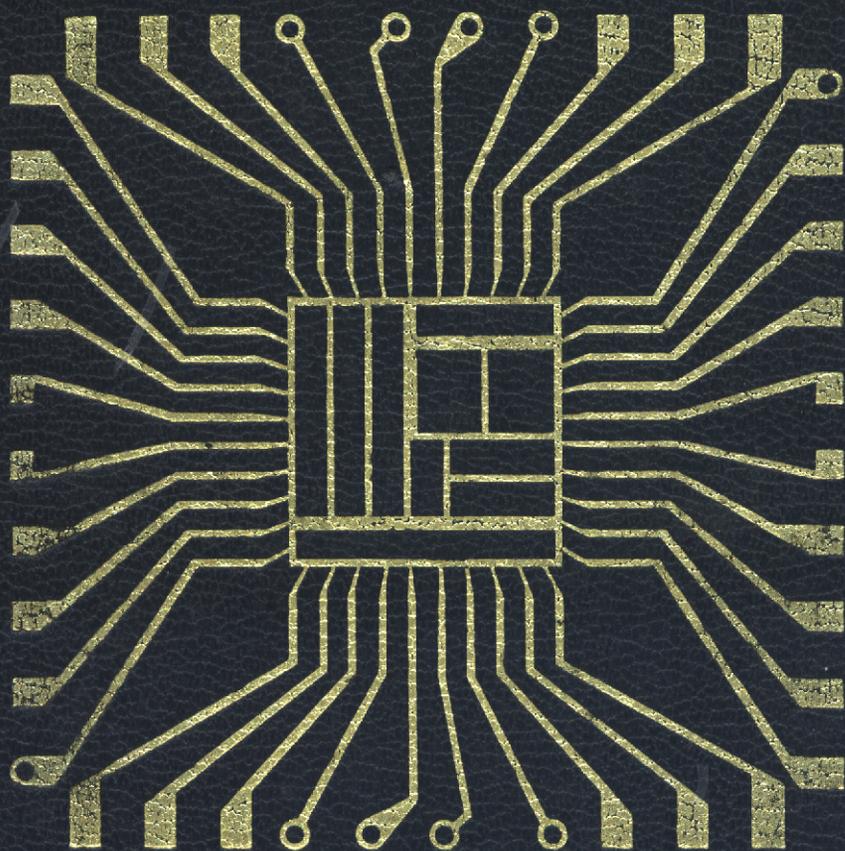


SCIENCES ET PRATIQUES DE L'INFORMATIQUE



Bordas informatique

SYSTÈMES D'INFORMATION ET BASES DE DONNÉES



par

GALACSI

Nom collectif de : H. BRIAND, J.B. CRAMPES,
C. DUCATEAU, Y. HEBRAIL, D. HERIN-AIME,
J. KOULOUMDJIAN, R. SABATIER

Préface de

Jacques ARSAC

Correspondant de l'Académie des Sciences

Bordas informatique

GALACSI (Groupe d'Animation et de Liaison pour l'Analyse et la Conception de Systèmes d'Information) est le nom collectif de :

H. BRIAND, Professeur, directeur de la MIAGE de Nantes

J.B. CRAMPES, Maître-assistant à l'IUT de Toulouse

C. DUCATEAU, Professeur à l'IUT de Clermont-Ferrand

Y. HEBRAIL, Professeur à l'IUT de Villetaneuse

D. HERIN-AIME, Maître-assistante à la MIAGE de Nice

J. KOULOUMDJIAN, Professeur à l'IUT de Lyon

R. SABATIER, Professeur à l'IUT de Paris

5807

La présente édition a été achevée
d'imprimer en juin 1988

© BORDAS, PARIS, 1986

ISBN : 2-04-013348-8

" Toute représentation ou reproduction, intégrale ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur, ou de ses ayants-droit, ou ayants-cause, est illicite (loi du 11 mars 1957, alinéa 1^{er} de l'article 40). Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code pénal. La loi du 11 mars 1957 n'autorise, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, que les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective d'une part, et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration "

Préface

C'est bien connu : l'informatique est un domaine en constante et profonde mutation. Mais pour beaucoup, ceci veut simplement dire que le matériel a considérablement changé en taille, poids, puissance, coût, sous la poussée de l'intégration des circuits. On s'émerveille devant l'arrivée de la micro-informatique, et l'on joue les prophètes. Mais on ignore le plus souvent une mutation probablement plus profonde, mais moins spectaculaire : les idées ont évolué, et continueront d'évoluer.

Jusque vers 1970, la programmation est demeurée à peu près inchangée. On analysait un problème en dessinant un organigramme, pièce essentielle de l'analyse et de la programmation, puis on codait le programme à partir de l'organigramme : travail de subalterne. L'évolution des langages de programmation n'avait pour but que de rendre le travail des esclaves moins pénible, ou moins fragile, ou plus aisément communicable et échangeable...

La recherche scientifique a profondément changé cet état de choses. Elle a mis en évidence la pauvreté de la démarche antérieure, produisant ce que l'on est bien obligé d'appeler aujourd'hui des évidences : on ne peut résoudre un problème si on ne l'a pas d'abord formulé clairement ; on ne peut obtenir la solution si l'on n'a pas d'abord spécifié avec précision ce que sont les données et les résultats, et quelles relations les lient... C'est ce que l'institutrice m'apprenait à l'école primaire ! Mais la recherche a aussi développé de nouvelles théories, et mis à la disposition du praticien de nouveaux outils.

Le travail de l'universitaire est d'une part de participer à cette recherche, mais aussi de voir comment elle affecte le travail du praticien, et de dispenser un enseignement qui mette les nouveaux outils au service de tous sous une forme claire et compréhensible. Cela suppose une double compétence, théorique et pratique. Cela suppose aussi quelques talents pédagogiques.

Ce livre est un modèle du genre. Il présente de façon simple et convaincante certains outils nouveaux issus de la recherche informatique, tels que les réseaux de Petri ou les systèmes relationnels.

Mais la transformation venue des recherches en informatique est plus profonde. Il ne s'agit pas que de disposer de nouveaux outils : c'est la façon même de voir

les choses qui change. Il m'a toujours paru évident que le contexte de la gestion induisait sur la programmation des hypothèses simplificatrices : les méthodes d'analyse qui ont connu le succès en gestion sont inutilisables dans d'autres contextes. Ce livre montre bien pourquoi, en débutant par la proposition d'un modèle de systèmes d'information, on ne fait pas face aux problèmes les plus généraux, mais seulement à ceux qui se posent à l'intérieur de ce modèle. Or celui-ci est très fortement marqué par l'approche relationnelle développée à propos des banques de données. Il se produit ainsi une cohérence profonde entre l'objet et l'outil, entre une vision du monde et un univers de pensée. D'une autre façon, on peut aussi dire que l'évolution « technologique » de l'informatique est une mutation culturelle. De nouveaux outils ouvrent de nouveaux horizons. Ceci n'est possible que parce que l'informatique est vraiment une science...

Que l'on me pardonne ces digressions ; je suis beaucoup trop attaché à essayer de comprendre ce qu'est vraiment l'informatique, et en ce sens ce livre m'a été précieux. Mais je crains de lui faire ainsi du tort. Ce n'est pas un livre de philosophie des sciences (même s'il m'a aidé en ce domaine). C'est un livre d'informatique de gestion, destiné à donner une présentation moderne, claire, documentée, facile à lire, de l'analyse et de la conception des systèmes d'information. Mise à jour des connaissances pour les professionnels, cours pour les étudiants, guide pédagogique pour les professeurs... Un livre à lire !

Jacques ARSAC

Avant-propos

L'ensemble des enseignants d'analyse des départements d'informatique des Instituts Universitaires de Technologie (IUT) se réunit tous les deux ou trois ans pour faire le point sur leurs expériences pédagogiques et présenter les dernières nouveautés techniques susceptibles de faire l'objet d'un enseignement dans les IUT.

Lors de l'assemblée des 10 et 11 mai 1979 à Lyon, l'ensemble des participants décidait la création d'un groupe de travail (le collectif d'analyse) ayant pour objectif essentiel la réalisation d'une étude faisant le point sur les développements récents des recherches techniques et pédagogiques en matière d'analyse de gestion. Toutes les personnes intéressées par cet objectif constituèrent ce collectif d'analyse, qui devint le Groupe d'Animation et de Liaison pour l'Analyse et la Conception de Systèmes d'Information (GALACSI). Ce groupe est composé d'enseignants d'IUT et de MIAGE (Maîtrise de Méthodes Informatiques Appliquées à la Gestion).

A la suite de diverses rencontres qui se sont situées à Nice, Paris, Clermont-Ferrand, Nantes, Toulouse et Lyon, le collectif présentait les résultats de ses travaux à une réunion d'enseignants en avril 1982.

Devant la qualité des résultats obtenus et le nombre important de documents originaux rédigés par les membres du collectif, la décision était alors prise de rassembler et structurer les résultats les plus caractéristiques dans un ouvrage plus spécialement destiné aux étudiants et enseignants d'analyse ainsi qu'aux analystes professionnels désirant enrichir et actualiser leurs connaissances.

En rédigeant cet ouvrage, le collectif a cherché à éviter deux écueils :

— présenter des résultats de recherche de pointe, souvent très théoriques, ne faisant pas actuellement l'objet d'applications directement utilisables par l'analyste et qui pourraient rebuter l'étudiant dont le souci principal est l'accès au monde du travail ;

— chercher à imposer une « doctrine officielle » pouvant s'avérer sclérosante ou faire des recommandations pédagogiques trop précises qui iraient à l'encontre de la personnalité et des méthodes de travail de chaque enseignant.

Avec cet ouvrage, notre ambition se limite essentiellement à présenter un ensemble d'outils et de matériaux susceptibles d'être intégrés à toute méthode d'analyse existante ou d'enseignement dispensé.

Dans ce but, l'ensemble des éléments proposés ont été répartis suivant une classification en modules eux-mêmes groupés suivant les trois étapes chronologiques classiques : l'étude de l'existant, l'analyse fonctionnelle et l'analyse organique.

Le schéma présenté à la page suivante montre l'articulation générale des modules en fonction de ces trois étapes.

Examinons quelques particularités du découpage proposé.

La première étape concernant l'étude de l'existant est précédée d'une présentation générale des organisations et de leur système d'information. Le but de cette présentation est de proposer un modèle général décrivant les organisations qui sera utilisé comme référence tout au long de l'analyse. De manière à ne pas trop éloigner le lecteur des problèmes concrets de l'analyse nous avons évité d'introduire des aspects trop théoriques, tels que l'analyse systémique ou l'analyse structurale, parfois utilisés pour décrire le fonctionnement et la structure des organisations sociales.

L'étape d'analyse fonctionnelle faisant largement appel à l'utilisation d'un certain nombre de modèles spécifiques reconnus par la communauté informatique, nous avons consacré un certain nombre de chapitres à la présentation de ces modèles que nous avons classés en deux catégories : les modèles de données et les modèles de traitement.

— Les modèles de données permettent d'une part de représenter les classes d'objets et de relations constituant les organisations (modèle entité-association), d'autre part de structurer les données elles-mêmes suivant un schéma type (modèle relationnel).

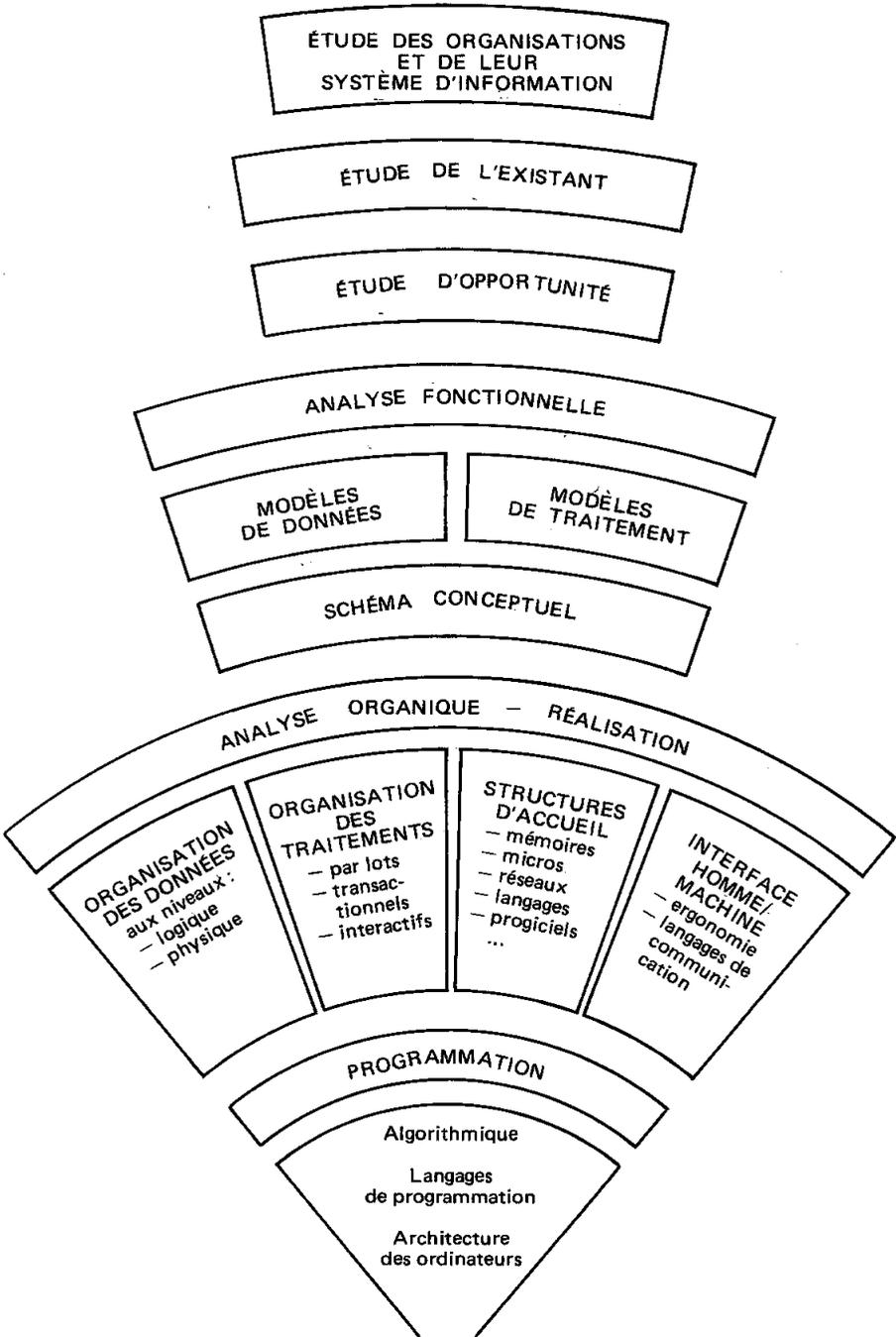
— Les modèles de traitement permettent de représenter les traitements du point de vue de leur structure (unités fonctionnelles, opérations, règles de gestion, procédures...), de leur logique (tables de décisions, organigrammes, algorithmes...) et de leur dynamique (diagrammes de circulation, réseaux de Petri...).

L'objectif de l'analyse fonctionnelle est d'établir un « schéma conceptuel » intégrant données et traitements qui constitue une **base de référence stable indépendante de tout matériel ou logiciel de base**. En effet, compte tenu de l'évolution rapide des techniques informatiques il devient de plus en plus indispensable de disposer d'une solution neutre de laquelle on pourra repartir lors d'une évolution du matériel ou du logiciel système (passage de fichiers à une base de données par exemple).

Selon les spécifications ANSI/SPARC, le schéma conceptuel correspond à la fois aux niveaux externe et conceptuel. Mais, alors que ANSI/SPARC rend plutôt compte du fonctionnement du SI*, le découpage en trois niveaux : conceptuel, logique et physique intéresse plus particulièrement la phase de construction du SI.

L'analyse organique consistant en une adaptation particulière de la solution fonctionnelle (schéma conceptuel) à un choix technique particulier (niveau interne selon ANSI/SPARC), est présentée ici suivant quatre modules distincts correspondant chacun à un ensemble de problèmes particuliers rencontrés lors de la réalisation :

- organisation des données en tables, listes, piles, fichiers, bases de données...
- organisation des traitements par lots, en mode transactionnel ou interactif ;
- structures d'accueil concernant des solutions techniques types, matérielles et logicielles ;



Articulation générale des modules

— interfaces matérielles et logicielles mettant en relation les utilisateurs et le système informatique.

Bien que ne concernant pas directement l'analyse, la phase de programmation a été représentée dans le schéma de manière à faire apparaître les connaissances spécifiques nécessaires à ce niveau.

Dans le cadre de cet ouvrage, seules les étapes d'étude de l'existant et d'analyse fonctionnelle sont présentées suivant trois parties concernant les modèles, les études préalables et l'analyse fonctionnelle.

Table des matières

Avant-propos	V
--------------------	---

CHAPITRE D'INTRODUCTION

CHAPITRE 1 – Les organisations et leur système d'information	3
1. Le système organisationnel	3
1.1. Les éléments constitutifs	3
1.2. Evolution de la structure d'un SO	5
1.3. Activité d'un SO	5
2. Le système de gestion	7
2.1. Le système de décision	7
2.2. Le système d'information	10
3. Constitution d'un système d'information de gestion	14
3.1. Représentation de la structure du système organisationnel	14
3.2. Représentation de l'activité opérationnelle	16
3.3. Le traitement de données	18
3.4. Le traitement de l'information naturelle	20
3.5. Rappel sur les différents types de caractéristiques	22
4. Le système d'information automatisé (SIA)	23

PREMIÈRE PARTIE – LES MODÈLES CONCEPTUELS

SECTION 1 – LES MODÈLES CONCEPTUELS DE DONNÉES

CHAPITRE 2 – Modèle entité-association	27
1. Les concepts de base	27
1.1. L'ensemble des valeurs utilisées	27
1.2. L'ensemble des entités prises en compte	28
1.3. Les attributs	31
2. Les concepts complémentaires	32
2.1. La cardinalité	32
2.2. Les dépendances fonctionnelles supplémentaires	34
2.3. Les concepts optionnels	36

3. La définition d'un langage de conception	37
4. Les limites du modèle entité-association	39
4.1. Absence des contraintes de mise à jour	39
4.2. Absence de contrôle de validation	39
5. Cas de figures des types d'associations	40
5.1. Le type d'associations a une des cardinalités	40
5.2. Le type d'associations n'a pas de cardinalités	41
CHAPITRE 3 – Modèle de données relationnel	43
1. Définition d'une relation	43
2. Contraintes sur une relation, schéma de relation	44
3. Dépendances fonctionnelles	46
3.1. Définition de la dépendance fonctionnelle	46
3.2. Propriétés des dépendances fonctionnelles	47
3.3. Dépendance élémentaire, dépendance directe	48
3.4. Différentes formes normales d'une relation	49
3.5. Interprétation des formes normales	51
3.6. Avantages de la troisième forme	51
3.7. Graphe des dépendances fonctionnelles	52
4. Dépendance multivaluée et quatrième forme normale	54
4.1. Définition des dépendances multivaluées	54
4.2. Propriétés des dépendances multivaluées	57
4.3. Quatrième forme normale	58
5. Equivalence du modèle rationnel et du modèle entité-association	59
5.1. Passage d'un schéma relationnel à un schéma entité-association ..	59
5.2. Passage d'un schéma entité-association à un schéma relationnel ..	62
CHAPITRE 4 – Modèle de type de messages et d'évaluation des rubriques d'un type de messages	67
1. Modèle de type de messages	67
1.1. Représentation d'un type de messages dans le modèle relationnel ..	67
1.2. Structure d'un type de messages	69
1.3. Critères associés à un type de messages	71
2. Représentation de l'évaluation des rubriques d'un type de messages ..	71
2.1. Transfert et reprise de calcul	72
2.2. Calcul	73
 SECTION 2 – LES MODÈLES CONCEPTUELS DE TRAITEMENTS	
CHAPITRE 5 – Modèle statique de traitements classiques	81
1. Les concepts du modèle	81
2. Les types de rubriques	85
3. Les types de lots	86
4. Les types d'opérations	88
4.1. Les opérations élémentaires	89
4.2. Les opérations composées	91

CHAPITRE 6 – Modèle statique de traitements : l’algèbre relationnelle	95
1. Opérations ensemblistes	95
1.1. Opération <i>union</i>	96
1.2. Opération <i>intersection</i>	97
1.3. Opération <i>différence</i>	97
1.4. Opération <i>produit cartésien</i>	98
2. Opérations relationnelles	99
2.1. Opération <i>projection</i>	99
2.2. Opération <i>sélection</i>	100
2.3. Opération <i>joint</i>	100
2.4. Opération <i>division</i>	104
3. Opérations de <i>calcul</i>	105
4. Utilisation des opérations de l’algèbre relationnelle	105
4.1. Représentation des données	106
4.2. Besoins en informations	106
4.3. Représentations des traitements nécessaires pour satisfaire les besoins en informations	106
 CHAPITRE 7 – Représentation de la dynamique dans les systèmes d’infor- mation par les réseaux de Petri	 111
1. Réseau de Petri	111
1.1. Graphe de Petri	111
1.2. Marquage d’un graphe de Petri	112
1.3. Réseau de Petri	112
1.4. Règles de déclenchement	113
1.5. Règles de consommation et de production de jetons	113
2. Représentation de la dynamique d’un SI à partir d’un exemple	113
2.1. Présentation de l’exemple	113
2.2. Représentation de la dynamique par un réseau de Petri	114
2.3. Illustration de la dynamique	117
 CHAPITRE 8 – Représentation de la dynamique dans les systèmes d’infor- mation par les graphes de fonctionnement	 123
1. Le graphe de fonctionnement	123
2. Principes de représentation du graphe	125
3. Exemple d’un graphe de fonctionnement	125

SECTION 3 – LES LANGAGES DE SPÉCIFICATION

CHAPITRE 9 – Les langages de spécification	133
1. Objectifs visés	133
2. Evolution des langages de spécification et des logiciels associés	134
3. Le langage de spécification DSL	135
3.1. Le langage de spécification du schéma conceptuel des données dans DSL	135
3.2. Le langage de spécification du schéma conceptuel des traitements dans DSL	138

**DEUXIÈME PARTIE – L'ANALYSE DE L'EXISTANT
OU L'ÉTUDE DE L'EXISTANT**

CHAPITRE 10 – Méthodologie de l'étude de l'existant	147
1. Délimitation et caractérisation du domaine de l'existant	147
1.1. Taille de l'organisation	147
1.2. Décomposition en sous-systèmes	148
2. La collecte des informations	148
2.1. Spécificité des tâches de collecte	148
2.2. La variété des tâches et les moyens de collecte	149
2.3. Classement logique des informations à recueillir	150
2.4. Classement pédagogique des moyens et procédures de collecte	153
3. Découpage des tâches de l'étude de l'existant	157
3.1. Tâches d'introduction	157
3.2. Tâches d'analyse du présent	157
3.3. Tâches montrant les contraintes et les désirs de l'organisation future	158
3.4. Tâches finales ou de conclusion	159
3.5. Graphe d'enchaînement	159
 CHAPITRE 11 – Représentations courantes des composantes générales de l'existant	 161
1. Quelques extraits de la présentation littérale de l'entreprise C.D.F. ...	161
1.1. Présentation générale	161
1.2. Etude détaillée des différentes opérations se déroulant lors d'une vente	162
2. Liste des postes de travail	164
3. Liste des documents	165
4. Fiche de fonction	165
5. Diagramme de circulation et de traitement des documents	165
Remarques	168
 CHAPITRE 12 – Représentations des données de l'existant	 169
1. Représentation des données de l'existant sous la forme d'une grille d'analyse de rubriques	169
2. Représentation des données de l'existant en vue de l'emploi d'un schéma entité-association	171
3. Représentation des données de l'existant par le schéma relationnel ...	171
4. Modèles de dictionnaires de données	174
5. Modèle de type de messages	175
 CHAPITRE 13 – Représentations des traitements de l'existant	 177
1. Application des modèles statiques classiques	178
1.1. Expression en langage algorithmique	178
1.2. Expression au moyen d'une table de décision simplifiée	178
1.3. Expression au moyen d'un graphe d'enchaînement d'opérations ..	178
1.4. Expression au moyen d'un organigramme	180

2. Application du modèle de traitement de l'algèbre relationnelle 180
 2.1. Représentation des données du système d'information existant . . 180
 2.2. Résultats de l'enquête concernant les traitements 181
 2.3. Représentation des traitements 181
 3. Application du modèle : réseau de Petri 184
 4. Application du modèle de la représentation de la dynamique par les graphes de fonctionnement 184

CHAPITRE 14 – Etude d'opportunité et cahier des charges 187

1. Objet 187
 2. Pertinence d'une information 187
 3. Critiques et propositions de solutions 190
 4. Le rapport d'opportunité 191
 4.1. Objet 191
 4.2. Contenu du rapport d'opportunité 192
 5. Le cahier des charges et le plan directeur 192
 5.1. Le cahier des charges 193
 5.2. Le plan directeur de réalisation 195

**TROISIÈME PARTIE – L'ANALYSE FONCTIONNELLE :
 CONSTRUCTION DU SCHÉMA CONCEPTUEL**

SECTION 1 – CONSTRUCTION DU SCHÉMA CONCEPTUEL DE DONNÉES

CHAPITRE 15 – Recherche des rubriques et de leurs liaisons 199

1. Méthodes de recherche des rubriques d'entrée 199
 1.1. L'approche ascendante 199
 1.2. L'approche descendante 200
 1.3. Etude d'une méthode ascendante 200
 2. Détermination des dépendances fonctionnelles entre rubriques 202
 2.1. Recherche des dépendances entre deux rubriques 202
 2.2. Recherche des dépendances à partie gauche composée 203
 2.3. Graphes de dépendances 204

CHAPITRE 16 – Construction du schéma conceptuel avec le modèle entité-association 205

1. Les deux méthodes de construction du schéma conceptuel 205
 1.1. La construction directe 205
 1.2. La construction en deux étapes 206
 2. Les règles de validation du schéma conceptuel 212
 2.1. Les règles pratiques de validation 212
 2.2. Les règles formelles de validation 213

CHAPITRE 17 – Méthodes de conception dans le cadre du modèle relationnel . 219

1. Introduction 219
 2. Equivalence de deux ensembles de schémas de relations 220

BIBLIOTHEQUE DU CERIST

3. Qualité d'un ensemble de schémas de relation	222
4. Recherche d'une couverture minimale d'un ensemble de dépendances	223
5. Les méthodes de conception	224
5.1. Les méthodes agrégatives	224
5.2. Les méthodes par décomposition	225

SECTION 2 – DÉTERMINATION DU SCHEMA CONCEPTUEL DES TRAITEMENTS

CHAPITRE 18 – Construction des traitements. Approche classique	231
1. Description des trois niveaux	231
1.1. Le niveau conceptuel	231
1.2. Le niveau logique	233
1.3. Le niveau physique	234
2. Détermination de la chronologie des opérations classiques	235
2.1. Enoncé d'un exemple de <i>paye</i>	235
2.2. Opérations déclenchées par un événement d'évolution	237
2.3. Opérations déclenchées par un événement d'activité	239
2.4. Opérations déclenchées par un événement d'évolution ou d'activité	243
2.5. Récapitulatif des opérations déclenchées par un événement	247
3. Exemples d'unités fonctionnelles	250
CHAPITRE 19 – Construction des traitements dans un contexte relationnel	259
1. Enoncé pour déterminer le graphe d'opérations	259
2. Détermination de la liste d'opérations	261
2.1. Recherche des opérations <i>joint</i> et <i>produit cartésien</i>	261
2.2. Opérations <i>projection</i>	263
2.3. Opérations <i>calcul</i>	263
2.4. Opérations <i>union</i>	263
2.5. Opérations <i>sélection</i>	264
3. Détermination de la liste des relations d'antériorité	264
3.1. Relations d'antériorité fondées sur la faisabilité	265
3.2. Relations d'antériorité fondées sur le respect des spécifications de l'utilisateur	266
4. Représentation du graphe d'opérations	267
4.1. Représentation matricielle du graphe	267
4.2. Recherche des niveaux	268
4.3. Représentation graphique	268
5. Enoncé pour déterminer la chaîne fonctionnelle	269
6. Structure générale de la chaîne fonctionnelle	269
7. Constitution des sous chaînes	271
7.1. Opération commune à plusieurs types de messages	271
7.2. Détermination de l'ensemble des opérations de chaque sous chaîne	272
7.3. Articulation des sous chaînes	272
7.4. Graphe d'opérations de chaque sous chaîne	273
7.5. Linéarisation du graphe d'opérations de chaque sous chaîne	273
8. Représentation de la chaîne fonctionnelle	274
Conclusion	277
Index	279