

**THESE de DOCTORAT de L'Université PARIS VI**

Spécialité :

**Informatique**

présentée

par M<sup>r</sup> Houari Abdelkrim SAHRAOUI

pour obtenir le grade de DOCTEUR de L' Université PARIS VI

Sujet de la thèse :

**Application de la méta-modélisation à la génération des outils de  
conception et de mise en oeuvre des bases de données.**

soutenue le 1<sup>er</sup> Juin 1995

devant le jury composé de :

J-C. DERNIAME  
R. MISSAOUI  
J-F. PERROT  
M. BOUZEGHOUB  
P. LAUBLET  
G. BLAIN

Président-Rapporteur  
Rapporteur  
Directeur de thèse  
Examinateur  
Examinateur  
Examinateur

## RÉSUMÉ

La construction des outils de conception et de mise en oeuvre des bases de données est une activité complexe, compte tenu de la masse de connaissances qu'elle met en jeu. La réduction de cette complexité nécessite une structuration de ces connaissances.

Dans cette optique, nous proposons un système d'aide à la construction de ces outils basée sur les techniques de méta-modélisation. Le principe de la démarche sous-jacente à ce système est de voir un outil de conception et de mise en oeuvre des bases comme la somme de trois éléments : (1) Un éditeur de schémas conceptuels basé sur un formalisme de modélisation, (2) une représentation *logique* correspondant à la famille du (ou des) SGBD cible(s), et (3) un mécanisme de transformation des schémas conceptuels en schémas logiques. A ces trois éléments s'ajoutent des mécanismes de traductions des schémas logiques en codes dans les différents langages de description des SGBD.

Notre système permet de générer de manière automatique et économique des éditeurs de schémas conceptuels à partir des descriptions des formalismes de modélisation. Il permet en outre de décrire les représentations logiques des SGBD. Il permet enfin de décrire les mécanismes de transformations des schémas conceptuels en schémas logiques par des systèmes de règles.

Nous avons utilisé ce système pour reconstruire des outils existants. Les résultats de ces expériences ont permis d'envisager un travail de généralisation de cette démarche à la construction des outils de développement du logiciel.

## ABSTRACT

The development of the database design tools is a complex activity because of the mass of knowledge it implies. A way to reduce this complexity is to make this knowledge more structured.

To do that, we propose a system that assists developers in building database design tools, based on metamodeling techniques. The core of our system approach is to see such tools as composed of three parts : (1) a conceptual-scheme editor guided by a modeling formalism, (2) a logical description of the type of the target DBMS, and (3) a transformation mechanism that map conceptual schemes into logical schemes. Others mechanisms are added to translate logical schemes into codes related to the different DBMS description languages.

Our system lead to generate in an automatic and economical fashion conceptual-scheme editors from modeling-formalism descriptions. In other hand, It allows to make logical descriptions of DBMS. It allows finally to describe transformation mechanisms by the use of rule systems.

We have used this system to build some existing tools. The results of our experiments allow us to plan to generalize this approach to the development of CASE tools.

# TABLES DES MATIÈRES

Introduction.....	1
-------------------	---

## CHAPITRE 1. ÉTAT DE L'ART :

### UN PROBLÈME, LE DÉVELOPPEMENT DES OUTILS DE CONCEPTION DES BASES DE DONNÉES. UNE TECHNIQUE, LA MÉTA-MODÉLISATION.

1.1. INTRODUCTION.....	8
------------------------	---

#### **PARTIE A : LES OUTILS DE CONCEPTION DES BASES DE DONNÉES ET LES PROBLÈMES LIÉS À LEUR DÉVELOPPEMENT**

1.2. LES MODÈLES DE DONNÉES.....	9
----------------------------------	---

1.2.1 LA NOTION DE REPRÉSENTATION DANS L'IA.....	9
--	---

1.2.2 LES MODÈLES DE DONNÉES POUR LES BASES DE DONNÉES.....	10
---	----

1.2.2.1 <i>Modèle relationnel</i> .....	12
---	----

1.2.2.2 <i>Modèle objets</i> .....	14
------------------------------------	----

1.2.2.2.1 Le paradigme objet.....	14
-----------------------------------	----

1.2.2.2.2 Le modèle objets d'ODMG.....	15
--	----

1.2.2.3 <i>Modèles sémantiques</i> .....	16
--	----

1.2.2.3.1 Généralités.....	16
----------------------------	----

1.2.2.3.2 Le modèle entité/association et ces extensions.....	17
---	----

1.2.2.3.3 Autres exemples de modèles sémantiques.....	19
---	----

1.3. LA CONCEPTION DES BASES DE DONNÉES VUE COMME UNE ACTIVITÉ DE TRANSFORMATION DE SCHÉMAS.....	21
---	----

1.3.1 TRANSFORMER; POURQUOI?.....	21
-----------------------------------	----

1.3.2 TRANSFORMER; COMMENT?.....	24
----------------------------------	----

1.3.3 EXEMPLES DE TRANSFORMATIONS.....	24
--	----

1.3.3.1 <i>E/A vers relationnel</i> .....	24
---	----

1.3.3.2 <i>OO vers relationnel</i> .....	25
--	----

1.3.3.3 <i>E/A vers OO</i> .....	25
----------------------------------	----

1.3.3.4 <i>MORSE vers relationnel</i> .....	27
---	----

1.3.3.5 <i>MORSE vers OO</i> .....	27
------------------------------------	----

1.3.3.6 <i>Relationnel vers E/A</i> .....	28
---	----

1.4. LES OUTILS DE CONCEPTION DE BASES DE DONNÉES.....	29
--	----

1.4.1 GÉNÉRALITÉS.....	29
------------------------	----

1.4.2 OUTILS VISANT LES SGBDR.....	30
------------------------------------	----

1.4.2.1 <i>SECSI</i> .....	31
----------------------------	----

1.4.2.2 DRIVER.....	31
1.4.2.3 OMTool&Schemer.....	31
1.4.2.4 OPSODRA.....	32
1.4.3 OUTILS VISANT LES SGBDOO.....	33
1.4.3.1 KHEOPS.....	33
1.4.3.2 InterSem.....	33
<b>1.5. LE DÉVELOPPEMENT DES OUTILS DE CONCEPTION DES BASES DE DONNÉES.....</b>	<b>34</b>
<b><u>PARTIE B</u> : L'UTILISATION DE LA MÉTA-MODÉLISATION DANS LA GÉNÉRATION DES OUTILS DE DÉVELOPPEMENT DU LOGICIEL.</b>	
<b>1.6. LA MODÉLISATION POUR LE DÉVELOPPEMENT DU LOGICIEL.....</b>	<b>36</b>
1.6.1 LA MODÉLISATION ET LES MÉTHODES.....	37
1.6.2 LA MODÉLISATION ET LES OUTILS DE DÉVELOPPEMENT DU LOGICIEL.....	39
1.6.2.1 Classification des outils de développement du logiciel.....	40
<b>1.7. MÉTA-MODÉLISATION.....</b>	<b>42</b>
1.7.1 GÉNÉRALITÉS.....	42
1.7.2 LE MÉTA-MÉTA-MODÈLE (OU MÉTA-FORMALISME).....	43
1.7.2.1 Les méta-modèle génériques :.....	44
1.7.2.2 Les formalismes hiérarchiques.....	45
1.7.2.3 Les différentes variantes du modèle E/A.....	45
<b>1.8. MÉTA-OUTILS DE DÉVELOPPEMENT DU LOGICIEL.....</b>	<b>47</b>
1.8.1 GÉNÉRALITÉS.....	47
1.8.2 ÉTUDE DE QUELQUES SYSTÈMES EXISTANTS.....	48
1.8.2.1 Les Méta-outils.....	49
1.8.2.1.1 GraphOR.....	49
1.8.2.1.2 TRAMIS.....	49
1.8.2.1.3 Ateliers de méthodes.....	50
1.8.2.1.4 ABACO.....	50
1.8.2.1.5 OSMOSIS.....	51
1.8.2.1.6 MetaEdit+.....	52
1.8.2.2 Les outils de conception de systèmes d'information.....	52
1.8.2.2.1 INFOKIT.....	52
1.8.2.3 Les méta-outils d'acquisition des connaissances.....	53
1.8.2.3.1 PROTÉGÉ II.....	53
1.8.3 SYNTHÈSE.....	54
1.8.3.1 Les objectifs.....	54
1.8.3.2 Les méta-formalismes.....	54
1.8.3.3 Les formalismes.....	57
1.8.3.4 Les langages.....	57
<b>1.9. CONCLUSION.....</b>	<b>59</b>

## CHAPITRE 2. MÉTAGEN, PROBLÉMATIQUE ET APPROCHE

2.1. INTRODUCTION.....	62
2.2. CONTEXTE : RÉFLEXIONS SUR L'UTILISATION DE L'EXPÉRIENCE DU DOMAINE DANS LE DÉVELOPPEMENT DU LOGICIEL.....	62
2.2.1 LA "NOUVELLE" CRISE DU GÉNIE LOGICIEL .....	62
2.2.2 LES SOLUTIONS PROPOSÉES.....	63
2.2.3 L'ORIENTATION "DOMAINE" .....	64
2.3. DEUX SYSTÈMES DE MODÉLISATION.....	67
2.3.1 VUE GLOBALE.....	68
2.3.2 MISE EN OEUVRE DE LA MÉTA-MODÉLISATION DANS MÉTAGEN.....	70
2.3.3 PASSAGE ENTRE LES DEUX SYSTÈMES DE MODÉLISATION .....	71
2.4. LE FORMALISME I3R.....	73
2.4.1 INTRODUCTION .....	73
2.4.2 LES CONCEPTS .....	74
2.4.2.1 <i>Les méta-individus et les individus</i> .....	74
2.4.2.2 <i>Les méta-relations, les rôle et les relations</i> .....	75
2.4.2.3 <i>Les rubriques</i> .....	75
2.4.2.4 <i>Les représentations graphiques</i> .....	76
2.4.3 LES CONTRAINTES.....	76
2.4.4 REPRÉSENTATION DES FORMALISMES .....	77
2.5. UNE APPROCHE FAVORISANT LE PROTOTYPAGE.....	80
2.6. CONCLUSION.....	81

## CHAPITRE 3. MÉTAGEN, ARCHITECTURE ET FONCTIONNALITÉS

3.1. INTRODUCTION.....	84
3.2. EXEMPLE (MORSE-VERS-SQL).....	84
3.3. ARCHITECTURE DE MÉTAGEN .....	85
3.3.1 LE NIVEAU "MÉTA" .....	85
3.3.1.1 <i>L'éditeur de méta-modèles</i> .....	85
3.3.1.1.1 Instruments pour la description des formalismes .....	86
3.3.1.1.2 Paramétrisation des éditeurs de modèles.....	88
3.3.1.2 <i>Le compilateur de méta-modèles</i> .....	88
3.3.1.3 <i>L'éditeur de règles</i> .....	90
3.3.2 LE NIVEAU "APPLICATION".....	92
3.3.2.1 <i>Les éditeurs de modèles</i> .....	92

3.3.2.2	<i>La validation des modèles</i> .....	93
3.3.2.3	<i>La transformation des modèles</i> .....	94
<b>3.4.</b>	<b>CONSTRUCTION D'UN MÉTA-MODÈLE</b> .....	<b>94</b>
3.4.1	DESCRIPTION DES CONCEPTS .....	94
3.4.2	HABILLAGE GRAPHIQUE DES CONCEPTS .....	98
3.4.3	CONSTRUCTION DES MENUS POUR LES ÉDITEURS .....	100
3.4.4	CRÉATION DE LA BASE DE VALIDATION .....	102
<b>3.5.</b>	<b>EXPRESSION DES TRANSFORMATIONS</b> .....	<b>103</b>
3.5.1	TRANSFORMATION DE TYPE "MÉTA-MODÈLE VERS MÉTA-MODÈLE" .....	103
3.5.1.1	<i>Primitives de transformation</i> .....	104
3.5.1.2	<i>Ecriture des règles</i> .....	105
3.5.1.3	<i>Expression du contrôle</i> .....	106
3.5.2	TRANSFORMATION DE TYPE "MÉTA-MODÈLE VERS LANGAGE" .....	107
<b>3.6.</b>	<b>CONCLUSION</b> .....	<b>107</b>

## **CHAPITRE 4. GÉNÉRATION DES OUTILS DE CONCEPTION DE BASES DE DONNÉES. UN EXEMPLE : INTERSEM**

<b>4.1.</b>	<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>110</b>
<b>4.2.</b>	<b>INTERSEM</b> .....	<b>110</b>
4.2.1	PRINCIPES .....	110
4.2.2	LE MÉTA-MODÈLE EAE .....	111
4.2.3	LE GÉNÉRATEUR DE SCHÉMAS OBJETS .....	113
4.2.4	LES PROBLÈMES RÉVÉLÉS PAR L'ÉTUDE DE INTERSEM .....	115
<b>4.3.</b>	<b>SOLUTION MÉTAGEN</b> .....	<b>116</b>
4.3.1	PRINCIPE .....	116
4.3.2	MÉTA-MODÈLE UTILISATEUR .....	117
4.3.3	MÉTA-MODÈLE IMPLÉMENTEUR .....	119
4.3.3	SPÉCIFICATION DE LA TRANSFORMATION .....	120
4.3.4.1	Phase de regroupement .....	121
4.3.4.1.1	Rôle et principes .....	121
4.3.4.1.2	Base de règles .....	123
4.3.4.1.3	Exemple .....	128
4.3.4.1.4	Remarques sur la phase de regroupement .....	129
4.3.4.2	<i>Phase de transition</i> .....	129
4.3.4.2.1	Rôle et principes .....	129
4.3.4.2.2	Base de règles .....	133
4.3.4.2.3	Exemple .....	135
4.3.4.3	<i>Phase de génération de code</i> .....	136

4.4. ARCHITECTURE DES OUTILS DE CONCEPTION DE BASES DE DONNÉES DANS MÉTAGEN.....	138
---	-----

<b>Conclusion.....</b>	<b>141</b>
------------------------	------------

<b>Bibliographie.....</b>	<b>145</b>
---------------------------	------------

<b>Annexes A</b> : Code généré pour le méta-modèle EAE du prototype InterSem.....	163
--	-----

<b>Annexes B</b> : Les bases de règles de transformation du prototype InterSem.....	195
--	-----