

Apport de la conception par objet pour l'élaboration des Systèmes d'Information sur l'Environnement. Application au programme ROSELT.

Olivier Gayte¹, Jean-Marc d'Herbès² et Maud Loireau²

Résumé

Cette note présente les principaux avantages de la modélisation objet pour la conception des Systèmes d'Information sur l'Environnement (SIE). En s'appuyant sur le formalisme des méthodes OMT et POLLEN, les auteurs présentent plusieurs cas de modélisation extraits du SIE de l'observatoire pilote ROSELT de Banizoumbou (Niger). La modélisation objet apporte une aide précieuse pour la conception des trois parties d'un SIE : la description de l'état du territoire ; l'analyse et la compréhension du fonctionnement du territoire ; la simulation de l'évolution du territoire.

Abstract

This note shows the main advantages of object modelling for Environmental Information System (EIS) design. By using the symbolic techniques from OMT and POLLEN methods, the authors present most examples of modelling from the Banizoumbou (Niger) EIS. Object modelling is a valuable help in designing the three parts of an EIS : description of the state of a territory, analysis and understanding of the territory's functioning and simulation of the territory's evolution.

Introduction

La conception des Systèmes d'Information sur l'Environnement (SIE) pose de nombreux problèmes aussi bien aux thématiciens qu'aux informaticiens. Les spécialistes, écologues ou environnementalistes, perçoivent généralement mal les possibilités offertes par les outils informatiques car ils éprouvent des difficultés à définir leurs besoins et ressentent souvent l'informatisation comme une contrainte importante très réductrice de leur connaissance et de leurs envies.

De leur côté, les informaticiens ont parfois des difficultés à concevoir des systèmes d'informations englobant des données très hétérogènes (cartes, séries temporelles,

images satellites) et nécessitant des traitements de toutes natures (statistiques, expertise, simulation, dynamique spatiale...).

Ces constatations ont conduit Gayte et al. (1997) à proposer une méthode de conception par objets spécialement adaptée aux SIE, à partir de la méthode OMT (Rumbaugh et al. 1991). Après avoir fixé le cadre de notre travail et rappelé les principes fondamentaux de cette technique, nous présentons les apports de la modélisation objet à la conception des SIE en prenant pour exemple les développements entrepris dans le cadre du programme ROSELT³ de l'OSS⁴.

Cadre

Cet article est issu d'un double travail de recherche appliquée :

- le développement d'une méthode d'analyse et de conception (Gayte et al. 1997)
- l'étude du territoire de l'observatoire ROSELT de Banizoumbou menée par J.M. d'Herbès et Maud Loireau entre 1991 et 1997.

dans le cadre du programme ROSELT de l'OSS (d'Herbes et al. 1997a, 1997b ; Loireau 1997a ; 1997b).

Une méthode de conception adaptée au SIE

La conception des Systèmes d'Information sur l'Environnement apparaît une opération délicate, pour les experts thématiciens comme pour les informaticiens (Rouet 1991, Pornon 1993, Caron et al. 1993). En effet, malgré leur intérêt indiscutable, les méthodes d'analyse traditionnelles ne permettent pas de résoudre des problèmes couramment rencontrés par les concepteurs de SIE :

- Localisation des entités dans l'espace ou dans le temps,
- Représentation des caractéristiques dynamiques,
- Spécification des contraintes d'intégrité topologique,
- Intégration des données complexes telles que des modèles mathématiques ou des images satellites, dans les systèmes d'information
- Intégration des processus de simulation dynamique.

Confrontés à des difficultés de ce type Gayte et al. (1997) ont proposé une méthode de conception par objets des Systèmes d'Information sur l'Environnement baptisée POLLEN. Celle-ci s'appuie sur deux principes communs à de nombreuses méthodes : l'utilisation de modèles graphiques pour représenter le système et le respect d'un certain nombre d'étapes logiques constituant le cycle de vie du système.

Les modèles permettent de décrire le système d'information selon trois points de vue complémentaires : les objets qu'il utilise (modèle objet), les services qu'il

¹ Institut des Aménagements Régionaux et de l'Environnement, Montpellier France. e-mail : Olivier.Gayte@iare.mnet.fr

² ORSTOM, BP 5045, 34032, Montpellier cedex 1



³ Réseau d'Observatoires de Surveillance Ecologique à Long Terme.

⁴ Observatoire du Sahara et du Sahel.

Fonds Documentaire IR
Cote : Bx 2436 Ex:

rend (modèle fonctionnel), et son **architecture** (modèle du système). Un modèle est composé d'une représentation graphique appelée diagramme et d'une description sous forme de dictionnaire. Concevoir un système informatique revient à construire ces trois modèles et à les affiner jusqu'à un niveau de détail suffisant.

Dans la suite de cette article, nous nous intéresserons exclusivement au modèle objet.

Le programme ROSELT

ROSELT (Réseau d'Observatoires de Surveillance Ecologique à Long Terme) est l'un des programmes clef de l'Observatoire du Sahara et du Sahel (OSS). Ses objectifs sont (1) d'améliorer les connaissances de base sur le fonctionnement et l'évolution à long terme des systèmes écologiques et agro-écologiques et sur la coviabilité des systèmes écologiques et des systèmes sociaux ; et (2) de contribuer à rendre les connaissances utilisables, par le regroupement, le traitement des données et leur mise à disposition, par l'identification d'indicateurs et de produits finalisés. ROSELT est construit à partir d'un réseau de sites d'observation proposés par les pays circum-sahariens et labellisés par l'OSS, sur la base de critères d'intérêt scientifique national et régional, d'acquis scientifiques existants, enfin de faisabilité opérationnelle (disponibilité d'équipes locales en particulier). Par ses objectifs, ROSELT est un outil d'observation, mais aussi de gestion. Cela implique que les données recueillies doivent permettre d'établir des diagnostics écologiques, mais aussi servir de support à des études plus prospectives débouchant sur des scénarios d'avenir. Cela implique une liaison étroite entre le système d'information et des outils spécifiques de modélisation permettant notamment de réaliser des simulations de dynamique spatiale.

L'une des difficultés conceptuelles, mais aussi des intérêts, de ce projet est liée à l'identification des interactions entre systèmes sociaux et systèmes écologiques, habituellement étudiés séparément. Ces interactions sont abordées à travers l'analyse des logiques de l'utilisation de l'espace et le calcul de bilans entre production de ressources naturelles (bois, ressources agricoles, ressources pastorales) et prélèvements par la population. Cette approche originale nécessite notamment la délimitation d'unités paysagères (ou Unités Spatiales de Référence), résultant de l'intersection d'unités écologiques et d'unités de gestion (d'Herbes et al. 1997a, 1997b ; Loireau 1997a ; 1997b).

Formalisme de la modélisation objet

Le formalisme du modèle Entités-Association, initialement décrit par Chen (1976) a fait l'objet de nombreux enrichissements et simplifications. Les modifications les plus récentes ont permis de faire évoluer cette technique en y apportant les principes de la conception par objet tels que l'héritage ou les opérations (méthodes). Nous

présentons ci-dessous le formalisme proposé par Rumbaugh et al. (1991) et étendu par Gayte et al. (1997).

Pour décrire les objets du système, il est nécessaire de les regrouper en **classes** qui constituent une description abstraite des objets comparables. La classe permet de décrire l'ensemble des caractéristiques communes à tous les objets qui la composent.

Une classe a un **nom** qui précise sa sémantique, elle est caractérisée par des **attributs** qui représentent la structure des objets et par des **opérations** qui expriment leur comportement. Les attributs explicitent la composition des objets, les opérations montrent ce qu'ils font ou ce qu'on peut leur faire faire.

Il est également possible de représenter les relations entre les objets appartenant à des classes différentes ou à une même classe. Ces différents types de relations entre objets sont : l'association, l'héritage (ou spécialisation), l'agrégation, la désagrégation spatiale, le lien fonctionnel.

La figure 1 présente le formalisme graphique utilisé pour la modélisation objet.

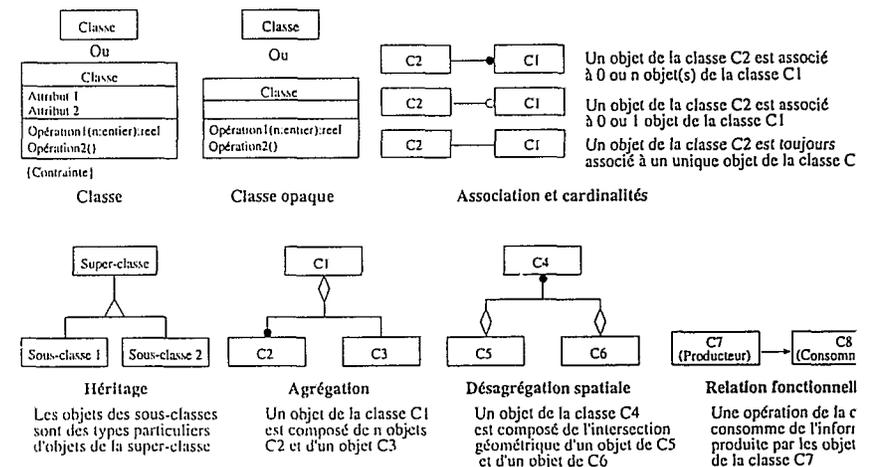


Fig.1 : Formalisme graphique utilisé pour la modélisation objet (d'après Rumbaugh et al. 1991 et Gayte et al. 1997)

Les objets opaques constituent un type particulier d'objets. Ils disposent d'une structure interne qui n'est pas connue et ils rendent des services qui sont par contre identifiés. Un poste de radio en est un bon exemple. Les utilisateurs ignorent sa composition interne et son fonctionnement mais cela ne les empêche nullement de bénéficier des fonctions mises à leur disposition : sélectionner une station, faire varier le volume...

L'utilisation des objets opaques est utile pour représenter de nombreux objets : entités spatiales, images, modèles mathématiques, système expert, capteur... En fait, cette notion permet de représenter tous les objets indispensables pour l'application, mais dont la structure est peu ou pas connue.

Utilisation de la modélisation objet pour les SIE

Un SIE est un ensemble de moyens humains et techniques permettant de connaître l'état d'un territoire, d'en suivre l'évolution, mais aussi d'en comprendre le fonctionnement afin de pouvoir donner des orientations quant à son avenir probable. Nous allons voir comment la modélisation objet peut intervenir dans l'analyse de ces trois parties d'un SIE :

- la représentation de la réalité
- l'analyse de cette réalité
- la simulation des hypothèses issues de ces analyses de la réalité.

Modélisation de la réalité - Description d'un territoire

La réalité dont il est ici question est en fait la vision qu'ont les experts thématiques du territoire. Il s'agit d'une vision réductrice qui correspond aux données de toutes natures recueillies par les experts et aux relations entre ces données.

Par exemple, dans le cadre de notre étude de cas (territoire d'une zone agropastorale sahélienne), les experts considèrent qu'un territoire est composé d'un certain nombre de parcelles formant une partition complète et fixe de l'espace (fig.2).

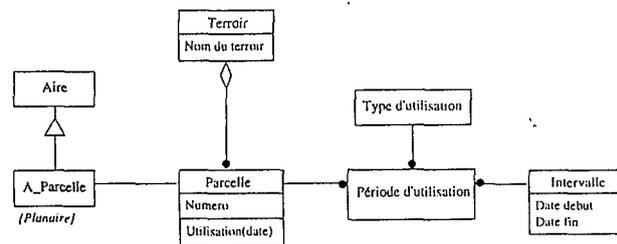


Figure 2 : Un exemple de représentation de la réalité

On voit déjà qu'il ne s'agit pas de LA réalité, car on pourrait admettre d'autres hypothèses, en acceptant par exemple que des parcelles agricoles puissent se diviser ou se souder au cours du temps, en formant une partition dynamique de l'espace. Chaque parcelle est dotée de caractéristiques considérées statiques (numéro de parcelle), modélisées comme attributs. On peut aussi associer aux parcelles des caractéristiques dynamiques, telle que l'utilisation (brousse, culture, jachère...) qui

peut varier d'une année sur l'autre. L'utilisation peut être représentée sous la forme d'une opération ayant une date comme paramètre : *Utilisation(date)*.

On peut enfin spécifier les caractéristiques spatiales en déclarant qu'une parcelle est associée à un objet spatial de type surfacique (classe *A_Parcelle*) correspondant à sa localisation géographique. La contrainte *{Planaire}* mentionnée sous la classe *A_Parcelle* permet de préciser que les parcelles forment une partition du territoire sans recouvrement, qu'il est possible de représenter par un graphe planaire.

Ce type de représentation, qui peut sembler trivial sur un simple exemple, prend tout son intérêt lorsque l'on multiplie les objets et leurs interactions. On dispose alors d'un document synthétique qui résume graphiquement ce qui prendrait de longues pages de description. A titre d'exemple, le modèle de l'application prototype Banizoumbou compte actuellement plus de 60 classes d'objets et plusieurs dizaines de relations.

Modélisation des besoins - Analyse

Une fois l'étape précédente réalisée, on peut se servir du diagramme objet et l'affiner en se posant des questions sur l'exploitation des données et leur utilisation. On peut enrichir le modèle et donc notre représentation de la réalité en définissant de nouvelles opérations sur les classes d'objets, ou bien en créant de nouveaux objets que l'on pourrait qualifier de virtuels, car ils n'ont pas de véritable existence. Dans notre exemple, l'un des objectifs est d'identifier des *unités de gestion* regroupant des parcelles faisant l'objet du même type de gestion agricole (durée du cycle culture/jachère, nature des pratiques...).

Pour cela, il est nécessaire de regrouper des parcelles et de pouvoir réaliser des calculs sur celles-ci, afin de vérifier leur homogénéité ou pour étudier séparément les caractéristiques des parcelles des différents terroirs.

Les objets de la classe *Espace d'Analyse* (EA) ont été créés à cette fin (fig.3). Ils sont définis comme une agrégation de parcelles et disposent de toutes les opérations que l'on désire appliquer à cet ensemble de parcelles. Par exemple l'opération *Durée moy. des cultures* calcule la moyenne des durées de la phase de culture pour toutes les parcelles composant l'EA, et l'opération *Graphe_Cycle_distance* fournit le graphique "durée moyenne du cycle en fonction de la distance au village".

Parmi tous les EA créés pour les besoins de l'analyse, un petit nombre correspond à de véritables unités de gestion (UG). On peut donc considérer les objets *Unités de gestion* comme un type particulier d'EA en faisant dériver par une relation d'héritage (= de spécialisation) les UG des EA.

L'intersection spatiale de ces Unités de Gestion avec des unités écologiques doit permettre de définir des unités paysagères ou Unités Spatiales de Référence (USR).

Ces USR constituent pour les experts environnementalistes la maille fondamentale d'étude et d'analyse du territoire car elles intègrent, par définition, à la fois les composantes sociales du territoire et les composantes écologiques.

La figure 3 illustre la représentation sous forme de diagramme objet des relations entre parcelles, UG et USR. On retrouve sur ce modèle les relations d'association, d'héritage, d'agrégation et de désagrégation, ainsi qu'un lien fonctionnel.

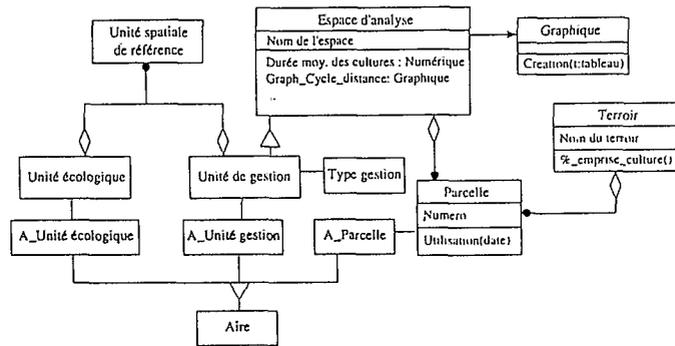


Figure 3 : Exemple de modélisation des fonctionnalités d'analyse

Le diagramme objet peut également faire apparaître les *indicateurs* que le SIE doit être en mesure de fournir aux utilisateurs. Un indicateur peut être défini comme "un paramètre ou une valeur calculée à partir d'un ensemble de paramètres, qui fournit des informations sur un phénomène ou sur son état" (OSS 1995).

En modélisation objet, un indicateur pourrait être défini comme :

Une opération d'une classe d'objets qui fournit un ensemble de valeurs (d'informations) permettant à un expert d'établir un diagnostic sur une problématique précise.

Par rapport à la définition précédente, cette proposition apporte une précision supplémentaire car elle oblige à rattacher un indicateur à une classe d'objets, donc à un niveau d'observation du territoire. Là où l'appellation "indicateur de désertification" suffisait, il est possible et nécessaire, de distinguer des indicateurs de désertification d'un territoire, d'un pays, d'une sous-région, d'une région, avec à chaque fois des modes de calcul et d'interprétation différents. Dans notre exemple, la proportion du terroir occupée par les activités agricoles, représenté par l'opération `%_emprise_culture`, est un indicateur très simple de la pression agricole sur un terroir. On pourrait définir un indicateur équivalent mais calculé de manière différente sur d'autres classes d'objets (pays, région...).

Si la représentation des indicateurs sous la forme d'opérations attachées à une classe est intéressante pour avoir une vision synthétique du SIE, elle doit en revanche être complétée par une description plus détaillée qui doit préciser :

- le mode de calcul détaillé de l'opération,
- la manière dont il doit être interprété, les échelles de références,
- son domaine d'utilisation.

Cette description peut-être obtenue à partir d'autres techniques de représentation, notamment le dictionnaire des fonctions (Gayte et al. 1997). C'est cette description qui doit constituer la véritable définition de l'indicateur et qui permet de faire la distinction entre les indicateurs et les simples opérations.

Prévision -Projection dans l'avenir

La capacité de faire de pronostics, c'est à dire d'effectuer des simulations à partir des hypothèses des scientifiques, est une des particularités les plus importantes des SIE. Les possibilités de modélisation mathématique et de simulation font appel à de très nombreuses techniques, souvent expérimentales, de mathématiques, d'intelligence artificielle et d'informatique théorique (équations différentielles, systèmes multi-agent, modèles probabilistes, systèmes experts, suites, réseau d'automates cellulaires...).

Si la modélisation objet est mal adaptée à la représentation de ces systèmes complexes, elle peut en revanche mettre en évidence la place de ces outils au sein de systèmes d'information. Pour cela il est nécessaire de considérer ces systèmes de simulation comme des objets opaques dont on ne cherchera, dans un premier temps, qu'à préciser les services qu'ils rendent aux utilisateurs, et les relations avec les autres classes du système. La figure 4 montre un extrait du modèle objet de l'application Banizoumbou.

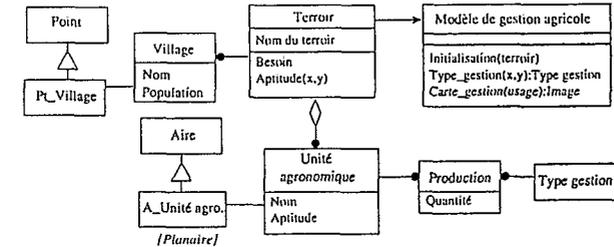


Figure 4 : Un exemple de représentation de modèle de simulation mathématique dans un diagramme objet.

Le schéma de la figure 4 modélise l'idée suivante : l'objectif est d'établir un ou plusieurs modèles mathématiques du mode de gestion agricole des parcelles se trouvant sur un terroir. L'hypothèse de départ est que le mode de gestion d'une parcelle dépend de son aptitude agronomique pour la céréaliculture pluviale, de sa distance au village et des besoins de la population.

Un tel modèle doit être initialisé avec les caractéristiques d'un terroir et rendre deux services équivalents à l'utilisateur : calculer le type de gestion théorique en un point, ce qui permet de construire une carte de la gestion de l'ensemble du territoire (carte des unités de gestion). Pour cela, il est nécessaire de connaître la densité de population et la localisation des villages qui se trouvent sur le terroir, ainsi que

l'aptitude de chaque unité agronomique du terroir. La classe *Modèle de gestion agricole* masque la complexité réelle d'un modèle de ce type et ne donne aucune indication quant à sa mise en oeuvre pratique (méthode statistique, système multi-agents...). En revanche elle permet de préciser très tôt ce que l'on attend du modèle de simulation et les informations que le système d'information devra lui fournir.

Mise en oeuvre

Les règles de passage entre le modèle conceptuel objet et l'implémentation physique du système ont été décrites par Rumbaugh et al. (1991) et complétées par Gayte et al. (1997). Elles permettent le développement d'applications à partir de nombreux types de langages, orientés objet ou non, ou de Systèmes de Gestion de Bases de Données Relationnelles (SGBDR). La technique de modélisation proposée permet généralement de distinguer plusieurs sous-systèmes, qui peuvent faire appel à autant de logiciels travaillant en coopération. Cette représentation permet d'utiliser des logiciels existant plutôt que de développer de toutes pièces un logiciel unique. Ainsi, les classes spatiales peuvent être gérées par un logiciel SIG, les modèles mathématiques par des outils de simulation et les autres classes par un SGBD.

La figure 5 montre l'architecture du système qui a été retenue pour l'application Banizoumbou du programme ROSELT. Elle met en oeuvre 4 logiciels différents communiquant par l'intermédiaire de liens DDE (Dynamic Data Exchange) du système Ms-Windows. Les données non spatiales sont gérées par un SGBD et les données spatiales par un SIG. La mise en oeuvre du modèle de gestion agricole a nécessité le développement d'un logiciel spécifique sur la base d'un réseau d'automates cellulaires. Enfin, les fonctionnalités d'un grapheur sont utilisées pour la création automatique des graphiques.

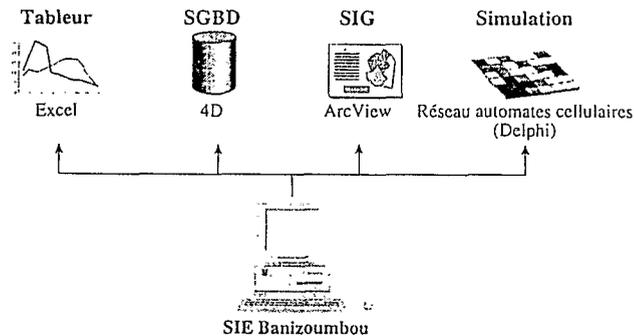


Figure 5 : Architecture finale du SIE de Banizoumbou

Cette architecture modulaire permet une grande économie de développement et une portabilité importante. Chaque logiciel est utilisé pour ce qu'il sait bien faire et seules les parties spécifiques du système doivent être développées.

Conclusion

Si le modèle Entié-Association objet est longtemps resté une technique d'informaticien, sa simplicité de mise en oeuvre et sa puissance d'abstraction en font un outil de choix pour les experts thématiques de l'environnement. L'expérience montre en effet que son utilisation permet, en plus de la conception d'un système informatique adapté, d'enrichir la vision qu'ont les experts de leurs propres domaines d'étude. A ce titre la modélisation objet peut-être considérée comme une technique supplémentaire à mettre dans la boîte à outils des environnementalistes, au même titre que les statistiques, l'analyse spatiale, ou les modèles mathématiques.

La modélisation objet apparaît ainsi comme un bon outil de communication entre deux communautés ordinairement peu sujettes au rapprochement mais qui ont beaucoup à apprendre l'une de l'autre.

Ainsi, les problèmes posés par la conception des SIE ont permis d'enrichir la modélisation objet de diverses notions telles que les classes opaques, les liens fonctionnels, la désagrégation spatiale, la représentation de l'espace et du temps...

Inversement, l'apport des techniques de modélisation objet permet aux environnementalistes une meilleure formalisation de leur univers.

On pourrait donc voir dans ce bénéfice mutuel ce qu'en termes d'écologie il est convenu d'appeler une symbiose...

Littérature

Caron Cl./Bédard Y./Gagnon P. (1993) : MODUL-R : un formalisme individuel adapté pour les SIRS. Revue de géomatique. 3,3. P.283-306.

d'Herbes J.M./Loireau M./Gayte O. (1997a) : Espaces et paysages : niveaux d'intégration entre systèmes socio-économiques et systèmes biophysiques. Séminaire international "Agriculture et Développement Durable en Méditerranée". Montpellier.

d'Herbes J.M./Gayte O./Loireau M. (1997b) : Conception d'un système d'information sur l'Environnement pour les observatoires ROSELT. Développement d'un SIE-ROSELT local pour l'Observatoire de Banizoumbou(Niger). OSS/IARE. Montpellier.

Gayte O./Libourel Th./Cheylan J.P./Lardon S. (1997) : Conception des Systèmes d'Information sur l'Environnement. Hermès Collection de géomatique. Paris.

Loireau M./d'Herbes J.M./Gayte O. (1997a à paraître) : Un exemple d'outil pour l'élaboration du bilan ressources/usages en région sahélienne : Le Système d'Information sur l'Environnement de Banizoumbou (Niger). AfricaGis'97. Gaborone.

Loireau M./d'Herbes J.M./Gayte O. (1997b à paraître) : Modèle de simulation de l'extension spatiale de l'emprise des cultures au Sahel. Journées du programme environnement du CNRS. Toulouse.

OSS (1995) : Conception, organisation et mise en oeuvre de ROSELT. Opérateur IARE, Montpellier.

Pornon H. (1993) : Quelques réflexions sur la difficulté d'utiliser MERISE pour la modélisation des bases de données géographiques. Revue de géomatique. 3,3. P.255-263.

Rouet P. (1991) : Les SIG et Merise : questions de méthode. Revue de géomatique. 1,2. P.153-177.

Rumbaugh J./Blaaha M./Eddy F./Premierlani W./Lorensen W. (1991) : OMT. Object oriented modeling and design. Prentice Hall.

(124 816)



LIBRARY OF CONGRESS ONLINE CATALOG



Database Name New Search Headings List Titles List Account Status Request an Item Help Search History Start Over

Database Name: Library of Congress Online Catalog

YOU SEARCHED: Title = UMWELTINFORMATIK

SEARCH RESULTS: Displaying 1 of 2 records

pour aide au catalogue

< Previous Next >

Brief Record

Subjects/Content

Full Record

MARC Tags

Umweltinformatik '97 / 11. Internationales Symposium der Gesellschaft für...

LC Control Number: 98149804

Type of Material: Book (Print, Microform, Electronic, etc.)

Corporate Name: Gesellschaft für Informatik. Internationales Symposium (11th : 1997 : Strassburg, Germany)

Main Title: Umweltinformatik '97 / 11. Internationales Symposium der Gesellschaft für Informatik (GI), Strassburg 1997 = Informatique pour l'environnement '97 / Conférence européenne sur les technologies de l'information pour l'environnement, Strasbourg 1997 ; [herausgegeben von] W. Geiger ... [et al.]

Parallel Title: Informatique pour l'environnement '97

Published/Created: Marburg : Metropolis-Verlag, 1997.

Related Names: Geiger, W.

Description: 2 v. : ill., maps ; 24 cm.

ISBN: 3895181633 (set)

Notes: Includes bibliographical references and indexes.
German, English, and French.

Subjects: Environmental management--Europe--Information services--Congresses.
Geographic information systems--Europe--Congresses.
Sustainable development--Europe--Congresses.
Product life cycle--Environmental aspects--Europe--Congresses.
Environmental engineering--Europe--Congresses.

Series: Umwelt-Informatik aktuell ; Bd. 15

LC Classification: GE320.E85 G47 1997

Dewey Class No.: 363.7/05/094 21

Language Code: gerengfre

Geog. Area Code: e-----

CALL NUMBER: GE320.E85 G47 1997

Copy 1

-- Request in: Jefferson or Adams Bldg General or Area Studies Reading Rms

-- Status: Not Charged

< Previous Next >

UMWELT
AKTUELL
INFORMATIK

Umweltinformatik '97

11. Internationales Symposium der Gesellschaft für Informatik (GI), Straßburg 1997

Informatique pour l'Environnement '97

Conférence Européenne sur les Technologies de l'Information pour l'Environnement, Strasbourg 1997

Band I / Volume I

AVG W. Geiger, A. Jaeschke, O. Rentz, E. Simon, Th. Spengler, L. Zilliox, T. Zundel (Hrsg./Eds.)

metropolis