

**ETAT DES CONNAISSANCES SUR L'IMPACT DES INCENDIES**

**MISE EN PLACE DE PROTOCOLES EXPERIMENTAUX**  
**POUR LE SUIVI DES INCENDIES DE FORET**  
**ET DE LA RECONSTITUTION DES ECOSYSTEMES FORESTIERS**

**ACTIVITE 4 : VERS UN SYSTEME D'AIDE A L'EXPERIMENTATION**

Cette quatrième partie a été réalisée par

Franck GUARNIERI et Aldo NAPOLI  
Pôle Cindyniques de l'Ecole Supérieure des Mines de Paris  
rue Claude Daunesse – 06904 Sophia Antipolis cedex  
franck.guarnieri@cindy.cma.fr

en collaboration avec Pierre CARREGA  
Laboratoire de Géoécologie Alpine et Méditerranéenne  
Université de Nice - Sophia Antipolis  
98, boulevard Edouard Herriot - 06204 Nice cedex 3  
carrega@cirrus.unice.fr



## Table des Matières

1	Vers une aide à l'expérimentation.....	1
2	Le recours au concept d'Environnement de Résolution de Problèmes .....	2
2.1	Définition.....	2
2.2	L'architecture générale .....	3
2.2.1	Le sous-système de gestion de la base de données .....	3
2.2.2	Le sous-système de gestion des bases de modèles.....	3
2.2.3	Le sous-système de gestion du dialogue.....	4
3	Présentation du modèle de données .....	5
3.1	Introduction.....	5
3.2	Le modèle conceptuel de données .....	5
3.3	Le modèle logique .....	5
3.4	Présentation du prototype de base de données.....	5
4	Conclusion et perspectives.....	9
5	Références bibliographiques .....	9



## 1 VERS UNE AIDE A L'EXPERIMENTATION

L'expérimentation dans le domaine des incendies de forêts consiste à provoquer un incendie pour l'étudier.

La démarche méthodique de l'expérience scientifique est établie par le chercheur.

Cette méthodologie de l'expérimentation, tout comme le phénomène dont elle se veut représentative, est entièrement modélisable.

Tout en étudiant les lois qui régissent un phénomène, il est important de définir une abstraction de l'expérimentation utilisée pour étudier celui-ci.

Une décomposition du processus expérimental permet alors de définir les différents éléments qui le composent.

Parce que le phénomène n'est pas uniforme en tout point de l'espace, et que son comportement est fortement lié au site géographique sur lequel il s'exprime, il est important de proposer un modèle unique de la démarche expérimentale.

En effet, si le phénomène doit être étudié sous ses différents aspects, un nombre suffisant d'expériences scientifiques suivant le même modèle doit être réalisé.

Et, puisqu'une expérimentation ne peut pas toujours être reconduite sur le même site géographique (c'est le cas pour les feux expérimentaux) le modèle doit être indépendant de l'espace.

Ce modèle expérimental devra être le plus générique possible.

De son fort degré d'abstraction dépendra le degré de reproductibilité de l'expérimentation.

L'expérience scientifique se veut être adaptative dans le temps et dans l'espace, afin de pouvoir être aisément reconduite.

L'expérimentation est dépendante du dispositif de mesure mis en place.

Les appareils de mesures devront avoir les mêmes caractéristiques.

Et, même si le dispositif de mesure varie d'une expérience à l'autre, il ne peut être fondamentalement différent.

L'expérience ne peut être reconduite que si le protocole de mesure est appliqué totalement ou partiellement.

On ne peut modifier un protocole dans le temps.

On peut se permettre de ne prendre en compte que partiellement ou plus superficiellement le phénomène en mettant en place un dispositif de mesure plus léger que celui décrit dans le protocole.

Cette version de dispositif devra toutefois comporter les mêmes caractéristiques afin que les mesures réalisées soient comparables aux autres données.

Afin d'assister les chercheurs dans leurs activités liées à l'expérimentation nous proposons de concevoir un prototype d'Environnement de Résolution de Problème (ERP) dédié à l'aide à l'expérimentation.

L'ERP doit :

- \* faciliter la capitalisation d'informations d'origines diverses,
- \* favoriser la mise en oeuvre de modèles de simulation permettant une meilleure compréhension des mécanismes et situations présentes, passées et à venir,
- \* être considéré comme un point de convergence des différentes données, connaissances et modèles acquis et/ou élaborés dans le cadre de cette étude.

## 2 LE RECOURS AU CONCEPT D'ENVIRONNEMENT DE RESOLUTION DE PROBLEMES

### 2.1 DEFINITION

L'ERP peut être défini comme *un système informatique chargé d'assister un spécialiste d'un domaine particulier en lui fournissant l'ensemble des données, connaissances, modèles et outils qu'il est susceptible d'utiliser en les intégrant dans une méthodologie*.

On distingue généralement trois grandes familles d'ERP :

- \* ceux destinés à l'ingénierie,
- \* ceux destinés à la formation
- \* et ceux destinés à des scientifiques.

Dans le domaine de l'ingénierie citons deux exemples significatifs :

- \* l'un dans le suivi et l'entretien du réseau routier, le système ERASME (ANTOINE, 1990),
- \* et l'autre dans le domaine de l'analyse des sites d'avalanches à des fins de prévention et de protection, le système ELSA (BUISSON, 1990).

La deuxième famille d'ERP, traite des questions liées à la formation.

Citons à titre d'exemple un prototype de tuteur intelligent dans le domaine de la lutte contre les incendies, le système NEWFIRE (LOVBORG, 1992).

Les ERP destinés à des scientifiques ont une fonction d'aide à la modélisation.

Citons à titre d'exemple les travaux de ROUSSEAU (1988) et CHEVENET (1994) qui proposent aux chercheurs en biométrie :

- \* l'un un poste de travail d'aide dans le calcul des solutions de systèmes d'équations aux dérivées partielles,
- \* et l'autre un environnement coopératif pour l'analyse statistique en écologie.

Dans le domaine des feux de forêts, citons les travaux conduits dans le cadre du projet EFAISTOS (Programme ENV4-CT96-0299, CEE Environnement et Climat) où un ERP pour l'aide à la simulation de la propagation d'un feu de forêt est élaboré (GUARNIERI, 1998).

Dans le cadre de cette étude, nous retiendrons cette troisième famille d'ERP.

Les objectifs d'un ERP dédié à l'aide à la simulation sont d'accroître les potentialités des utilisateurs dans la réflexion, le raisonnement et la prise de décision au cours de leurs processus de résolution d'un problème (FISCHER, 1992).

Ses principales caractéristiques sont les suivantes ((ROUSSEAU 1988, GALLOPOULOS 1992, GUARNIERI 1998)) :

- \* offrir une collection organisée de données (mesure de terrain, cartes, résultats d'expérimentation...),
- \* proposer une collection organisée de modèles (aussi appelée « système de modèles »), de natures différentes mais néanmoins cohérents entre eux, utilisés dans un contexte particulier,
- \* faciliter la confrontation théorie/expérience et ainsi participer au processus complexe de validation d'un modèle.

L'ERP doit aussi être en mesure d'accueillir des informations de natures et de formats informatiques divers qui, si possible, ne remettent pas en cause sa structure.

C'est bien là une tâche délicate.

Notre démarche de conception de cet ERP repose sur le prototypage.

Nos travaux s'inscrivent donc dans une démarche exploratoire, proche de l'objectif des spécifications fonctionnelles qui visent à définir les composantes du système, par principe non évolutives.

Notre but, a priori, n'est pas d'aller jusqu'au logiciel final mais de fournir à terme du programme de recherche une spécification validée (une étude de faisabilité).

## 2.2 L'ARCHITECTURE GENERALE

Un ERP dédié à l'aide à la simulation est généralement constitué de trois sous-systèmes spécialisés :

- \* un système de gestion de la base de données (géographiques et descriptives),
- \* un système de gestion de modèles (aussi appelé « base de modèles »),
- \* et une Interface Homme-Machine permettant de manipuler l'ERP.

Nous reprenons et détaillons chacun des trois sous-systèmes spécialisés.

### 2.2.1 Le sous-système de gestion de la base de données

La quantité des données nécessaires à un modèle de simulation et/ou acquises lors d'expérimentations est souvent considérable et cela peut avoir des répercussions négatives sur l'efficacité de l'ERP.

Les données et les informations de base qui fournissent l'ensemble de l'information indispensable à l'utilisateur, doivent donc être gérées par l'ERP sous la forme d'un sous-système de gestion des données.

Le recours à un Système de Gestion de Base de données (SGBD) est dès lors nécessaire.

L'ensemble des données est représenté sous forme de tables reliées par des relations de cohérence.

Dans le cadre de cette étude, une base de données (couvrant le site atelier) a été conçue puis développée.

Ceci conduit à réfléchir à la structure et l'organisation d'une telle base de données selon les informations disponibles et acquises sur le terrain :

- \* la localisation des sites ateliers.
- \* la topographie.
- \* la végétation.
- \* les données climatiques et météorologiques régionales et locales,
- \* les données issues de photographies aériennes ou acquises pour les besoins de diverses études.
- \* la description du dispositif de mesure
- \* les données issues de l'expérimentation conduite sur le terrain.

Ceci conduit également à s'interroger sur d'éventuelles adaptations de ces informations pour en permettre l'intégration et l'exploitation au sein de l'ERP (homogénéité des unités de mesures, modification du format de données...).

Enfin, cela conduit à définir les traitements à mettre en œuvre sur ces données afin d'atteindre les objectifs fixés dans le cadre de la problématique à traiter.

### 2.2.2 Le sous-système de gestion des bases de modèles

Grâce aux travaux conduits par les différentes équipes un système de modèles peut être élaboré puis intégré dans le sous-système de gestion de la base de modèles.

Ce deuxième sous-système regroupe, de façon cohérente, un ensemble de modèles de natures différentes.

Les objectifs assignés à une base de modèles sont de cinq types ((ROUSSEAU, 1988, GUARNIERI 1998) :

- \* capitaliser les connaissances sur les modèles d'un domaine d'étude (objectifs de modélisation, hypothèses, variables prédites...),
- \* faciliter la comparaison théorie/expérience,
- \* guider le choix d'un modèle parmi un ensemble de modèles candidats,
- \* faciliter l'intégration de nouveaux modèles (développés ultérieurement),
- \* offrir à des utilisateurs non avertis des moyens de simulation développés par d'autres.

L'ERP proposé à terme pourra compter plusieurs bases de modèles.

Chacun des modèles est caractérisé et décrit, dans un premier temps, par une série de propriétés (i.e des connaissances sur le modèle), il est par la suite « instancié » dans l'ERP (possibilité de réaliser des simulations).

Les différents modèles pourront être intégrés au sein de l'ERP quel que soit le langage informatique avec lequel ils sont rédigés.

### 2.2.3 Le sous-système de gestion du dialogue

L'Interface Homme-Machine (IHM) de l'ERP regroupe les commandes initiées par l'utilisateur en vue d'actions qu'il souhaite effectuer.

Ces actions portent sur :

- \* les données (visualiser une carte, consulter les données météorologiques, le résultat d'une ou plusieurs expérimentations...),
- \* les modèles (fixer les paramètres d'entrées d'un modèle, déclencher une simulation, modifier le contenu de la base de connaissances...)
- \* la mise en forme et la présentation des résultats des commandes précédentes (visualiser les résultats d'une simulation sous la forme d'un tableau, d'un ensemble de courbes, d'une carte...).

Un premier prototype d'ERP a été développé dans le cadre de ce projet.

Il s'appuie uniquement sur le sous système base de données.

Il a été développé en utilisant le logiciel ACCESS (Microsoft, 1997).

Ce système permettra à terme à un ensemble d'opérateurs (les différents laboratoires de recherches) de consigner les informations acquises lors d'expérimentations.

Ce logiciel assurera donc les fonctions principales suivantes :

- \* archivage de l'information sur des supports durables : le fichier informatique plutôt que le papier
- \* reconstitution chronologique d'une expérimentation
- \* synthèse d'une expérimentation

### 3 PRESENTATION DU MODELE DE DONNEES

#### 3.1 INTRODUCTION

Un effort de formalisation a été nécessaire afin de structurer l'ensemble des données acquises lors d'expérimentations.

Un Modèle Conceptuel des Données (schéma entités/rerelations) a donc été élaboré en collaboration avec l'INRA d'Avignon et l'Université de Nice Sophia-Antipolis.

Un modèle de données est un formalisme permettant de décrire les données intervenant dans un Système d'Information et les liens existant entre ces informations de façon claire, simple, complète et non ambiguë.

Les formalismes utilisés se situent délibérément en dehors de considérations techniques de stockage informatique des données. Ils ne s'occupent pas plus de savoir ce qui sera automatisé.

On n'a donc aucun a priori sur la nature et l'organisation des supports physiques de l'information (papier, fichier, ou autres).

Dans le cadre de cette application, le modèle relationnel consiste à représenter par une relation, ou table, chaque type d'objet ou entité du monde réel, en prenant pour colonnes les constituants caractéristiques de l'objet.

Chaque colonne de la table a un identificateur, ou nom de colonne, ou "attribut", qui représente un des constituants de l'entité.

#### 3.2 LE MODELE CONCEPTUEL DE DONNEES

Au vu du problème posé, on a choisi de définir les entités suivantes, liées par des associations d'après le schéma ci-dessous.

#### 3.3 LE MODELE LOGIQUE

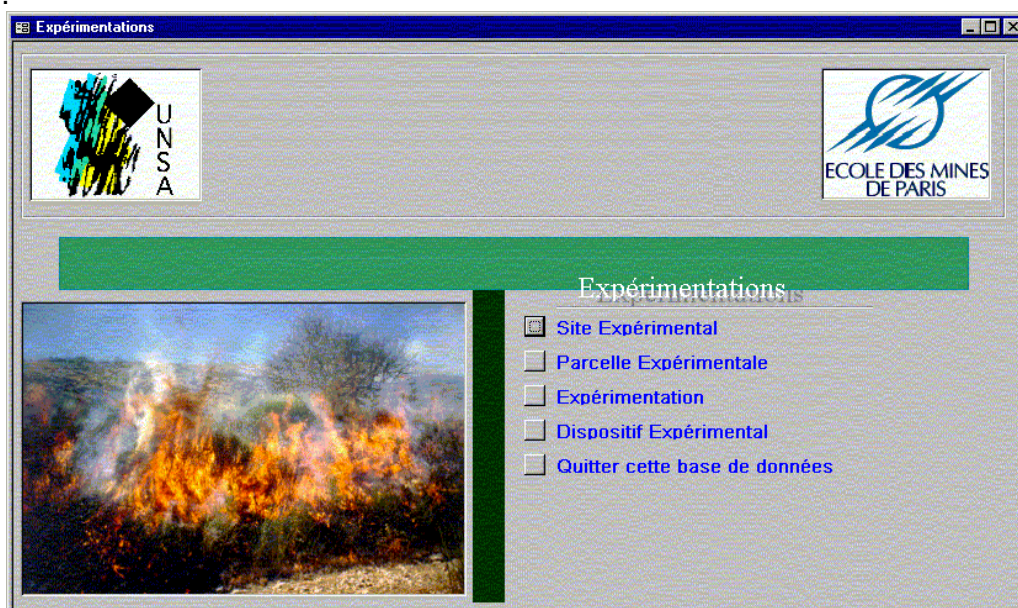
Chacune des entités est caractérisée par une table décrite par un ensemble de propriétés. Toutes les tables sont reliées entre elles par des relations.

#### 3.4 PRESENTATION DU PROTOTYPE DE BASE DE DONNEES

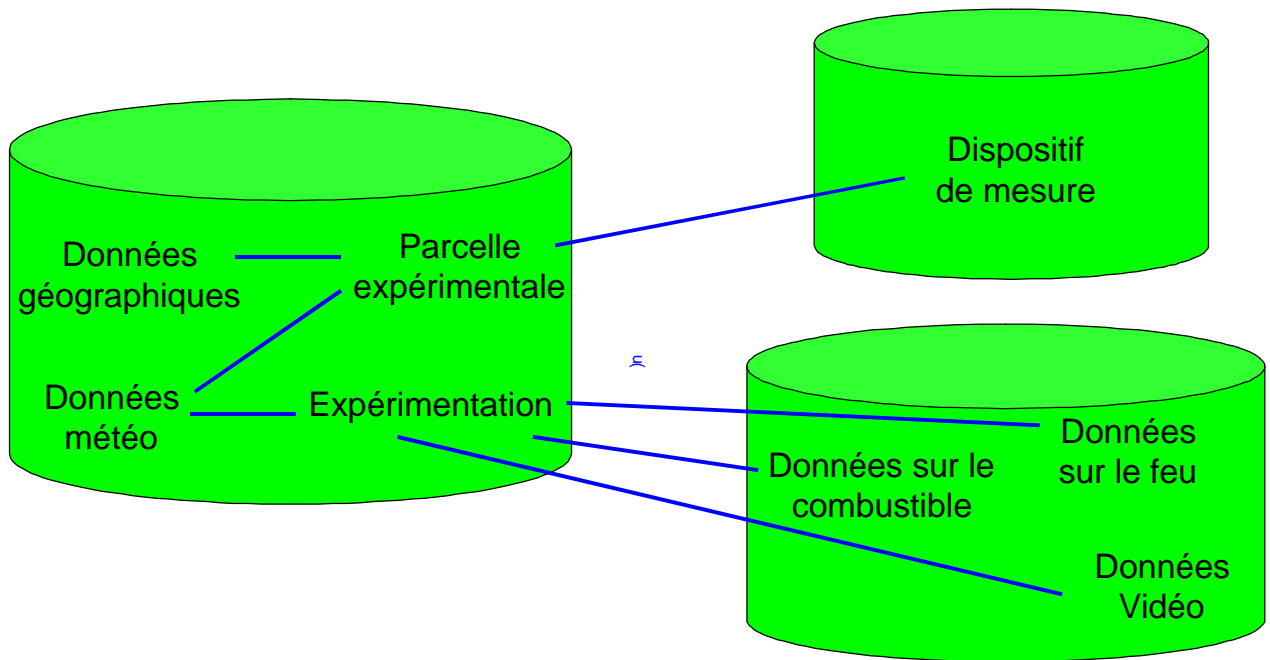
Ce premier prototype de logiciel de gestion de données acquises lors d'expérimentation à été développé avec le logiciel Access (Microsoft). Il comprend 4 modules pour décrire, mettre à jour et consulter :

- \* les données d'un site expérimental
- \* les données d'une parcelle expérimentale
- \* les données du dispositif expérimental (les capteurs utilisés pour la mesure)
- \* les données acquises par les différents capteurs

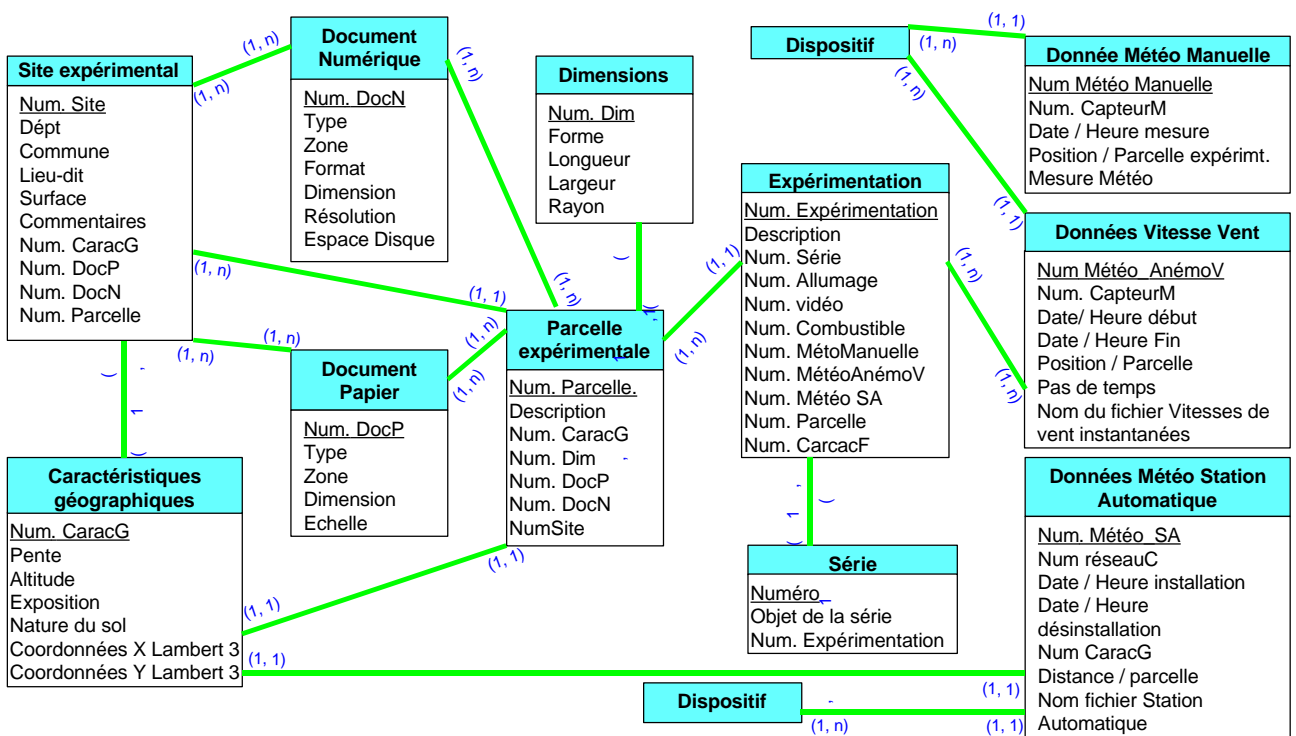
L'ensemble des données sont accessibles par des fenêtres et de multiples menus déroulant.



Le modèle conceptuel de données

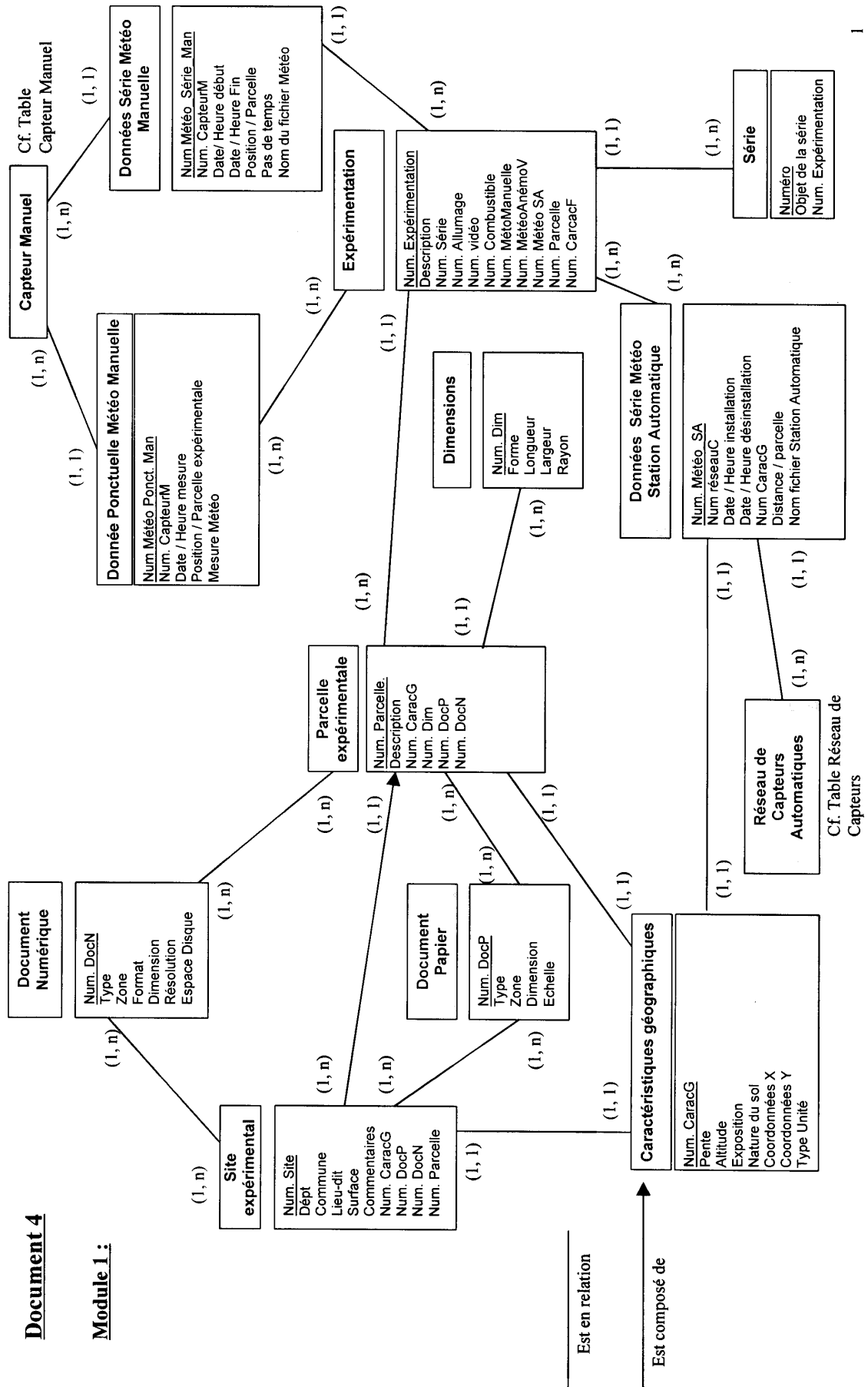


Le modèle logique

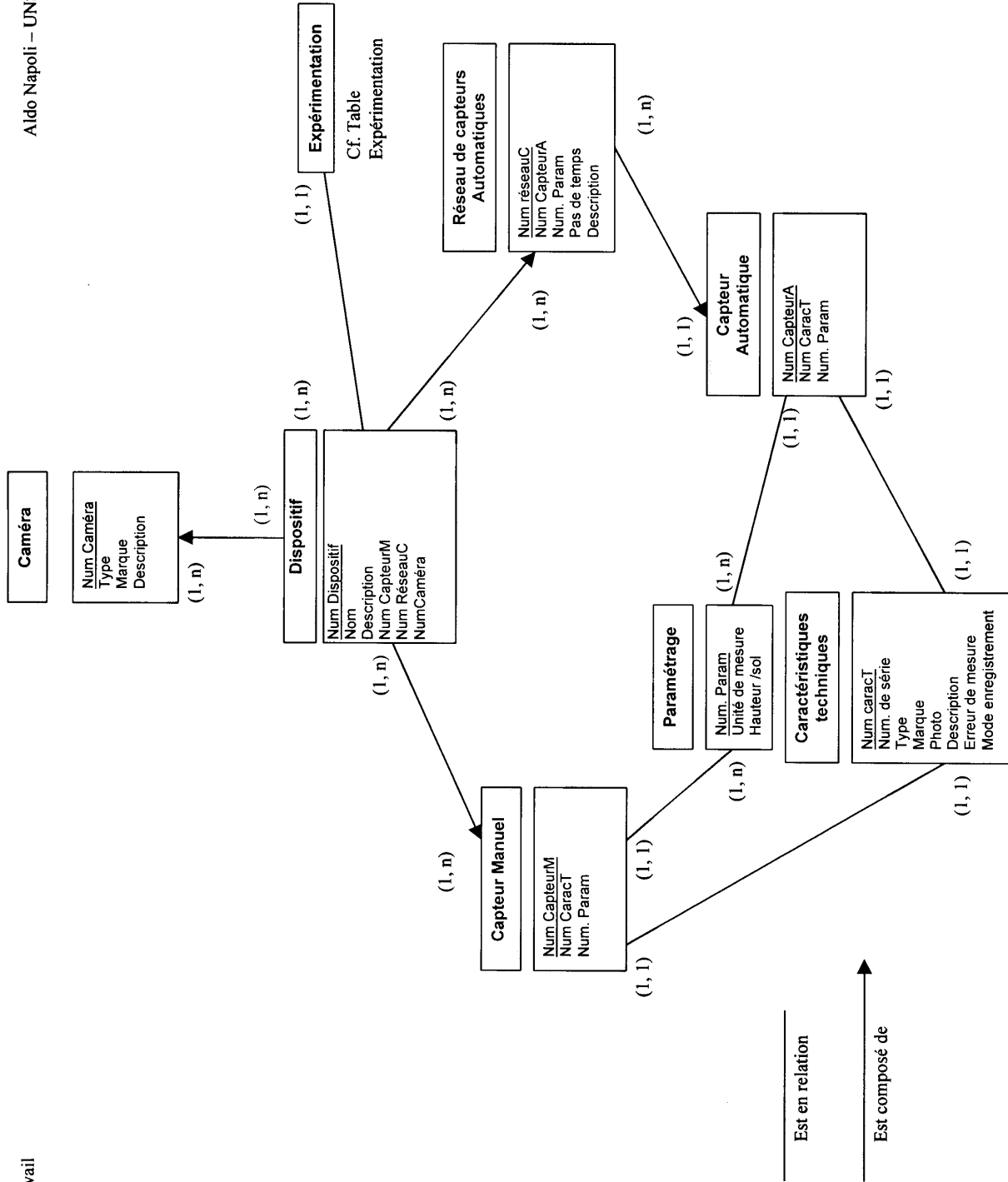


**Document 4**

**Module 1 :**



**Module 2 :**



#### 4 CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Un premier prototype d'ERP dédié à l'aide à l'expérimentation a été développé. Il comprend uniquement un prototype du sous système de gestion des données.

Bien que le modèle conceptuel est été validé, le prototype n'est pas encore directement utilisable par les utilisateurs finaux.

La base de données n'ayant été testée qu'avec quelques expérimentations conduites dans les Alpes Maritimes (Université de Nice Sophia-Antipolis) et dans les Landes (INRA Avignon).

Dans le cadre d'un programme de recherche de l'Union Européenne ENV4-CT96-0299, EFAISTOS, un prototype plus élaboré, appelé « FireLab » regroupant bases de données, bases de modèles et interface homme machine a été développé (Guarnieri, 1998).

Il ne traite que de l'aide à la modélisation des feux conduits en laboratoires.

Une prochaine étape dans le développement de tels outils d'aide à la modélisation des feux pourrait s'appuyer sur les avancées et résultats du projet de recherche GIS « Coupures de combustibles » où données de terrain et modélisation sont directement confrontés.

Il s'agira aussi de valider le modèle des données auprès des autres laboratoires de recherches impliqués dans l'expérimentation des feux de forêts afin de couvrir à terme tous les domaines de cette dernière (avant, pendant et après l'incendie).

#### 5 REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Antoine J L et M Pugelli, 1990.- ERASME : un système multi-experts d'entretien routier. Convention IA 90, Paris.
- Buisson L, 1990.- Le raisonnement spatial dans les systèmes à base de connaissances ; application à l'analyse de sites avalanches". Thèse de doctorat, Université Joseph Fourier, Grenoble.
- Buisson L, 1995.- Bases de connaissances spatiales pour l'environnement : le projet ARSEN. In: Revue Internationale de Géomatique, vol 3/4, Ed. Hermès.
- Chevenet F, 1994.- Un environnement coopératif de résolution de problèmes pour l'analyse statistique en écologie. Thèse de l'université C. Bernard, Lyon I.
- Fischer G and B Reeves, 1992.- Beyond intelligent interfaces: exploring, analysing, and creating success models of cooperative problem solving. Journal of Applied Intelligence, 1, pp311-332.
- Gallopoulos E, E Houstis, J Rice, 1992.- Future research directions in problem solving environments for computational science. Report of the workshop "research integrating numerical analysis, symbolic computing, computational geometry and artificial intelligence for computational science", April 11.12. 1991, Washington D.C., CSRD Tech. Report 1259, University of Illinois, Urbana.
- Guarnieri F, C K Andersen, S Olampi and N Chambinaud, 1998.- FireLab, towards a Problem Solving Environment to support forest fire behaviour modelling, in Proceedings 3<sup>rd</sup> Intern. Conf. on Forest Fire, Research, Luso, Portugal
- Lovborg L and B Brehmer, 1992.- New facilities in NEWFIRE. Working paper in cognitive science. Roskilde University, Denmark.
- Rousseau B, 1988.- Vers un environnement de résolution de problèmes en biométrie. Thèse, Université C. Bernard, Lyon I.