

## Application des systèmes experts à l'analyse et à l'interprétation des images de télédétection

C.Mering (\*) D.Blamont (\*\*)

(\*) L.I.A. O.R.S.T.O.M., 72-74 route d'Aulnay 93140 Bondy.France.

(\*\*) E.R .299; CNRS; 1 Pl. Aristide Briand, 92195 Meudon Principal Cedex, France.

RESUME : Afin de simuler à l'aide d'un programme informatique, le raisonnement d'un thématique qui analyse et interprète les images satellitaires, nous avons utilisé les techniques des Systèmes experts. Nous exposons ici quelques principes relatifs à l'organisation et à la représentation des connaissances au sein de systèmes experts appliqués à la télédétection. Les exemples illustrant les éléments et le fonctionnement d'un tel système sont empruntés à un prototype que nous développons suivant ces principes.

ABSTRACT : The Expert System techniques are utilized in order to simulate the reasoning of an expert analyzing satellite images. We explain some of the principles concerning the organisation and the representation of knowledge within an Expert System applied to remote sensing problems. Elements and working of a such a system are illustrated by examples taken from a prototype that we are developing according to this principles.

### 1 INTRODUCTION

Au sein du processus d'élaboration d'une carte thématique à partir des données de télédétection, les différentes phases d'analyse et d'interprétation sont étroitement liées. Mais jusqu'ici, les phases d'analyse sont décrites formellement comme un séquençement de traitements effectués à partir de l'image et permettant la mise en évidence d'entités significatives. Dans cette mesure, elles sont reproductibles. Par contre, les phases d'interprétation, qui font appel aux connaissances thématiques, n'ont jusqu'ici pas été formalisées. Il en résulte donc une non reproductibilité relative de l'ensemble de la méthode cartographique utilisée. On se trouve de ce fait dans l'impossibilité d'évaluer son degré de généralité.

Aussi, pour être en mesure de générer la trace formelle du processus, à des fins ergonomiques (allègement de la tâche d'un utilisateur, guidé par une expertise) et scientifique (justification et validation du raisonnement), nous avons eu recours aux méthodes de l'intelligence artificielle, particulièrement adaptées à la formalisation des processus cognitifs. En nous basant sur le principe des systèmes experts, nous avons choisi d'introduire au sein d'un même programme informatique à la fois les connaissances thématiques et les connaissances relatives à l'utilisation des traitements d'image.

### 2 LOCALISATION DE L'EXPERTISE

L'expertise requise dans le domaine de la télédétection est composée de plusieurs volets. Nous en avons identifié trois :

-l'expertise thématique qui réside dans la connaissance spécialisée du milieu représenté par la prise de vue satellitaire. Cette expertise permet à la fois d'énumérer et de classer les entités qui composent le paysage analysé. Elle suppose également la connaissance des lois d'organisation spatiale de ces éléments. Elle est généralement complétée par la réalité terrain.

-l'expertise relative à l'interprétation des images satellitaires qui permet d'identifier sur l'image les entités thématiquement significatives en fonction de leur radiométrie, de leur texture de leur forme ainsi que de leurs relations spatiales avec les autres entités.

-l'expertise du traitement numérique des images de télédétection, qui est de nature à orienter les choix des traitements d'image en fonction des caractéristiques de l'image et des objectifs énoncés à l'aide des deux types d'expertises citées précédemment, et de définir les conditions pratiques d'activation de ces outils en fonction d'un contexte donné.

De façon générale, nous avons supposé qu'un système expert en télédétection devait être conçu pour résoudre le problème suivant: partant des concepts thématiques et d'informations relatives à la scène, et disposant d'un ensemble de procédures de traitement d'image, comment transformer dynamiquement l'image d'origine afin de produire une image étiquetée c'est-à-dire composée d'entités iconiques interprétées? Un tel système devra donc superviser les procédures numériques permettant la transformation de l'image, comme l'indique le schéma suivant:

O.R.S.T.O.M. Fonds Documentaire

N° : B 26950

Cote : en 1

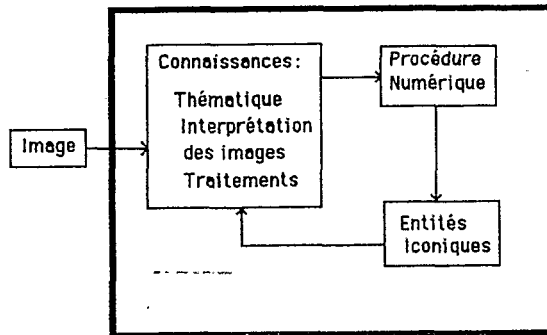


Tableau 1 : éléments et fonctionnement du système expert

### 3 LES CONNAISSANCES ET LEUR REPRESENTATION

En appliquant les principes généraux d'élaboration des systèmes experts, nous avons organisé les connaissances en deux ensembles : les connaissances descriptives ou énoncés de faits d'une part, les connaissances procédurales ou déductions de faits, d'autre part.

#### 3.1 la base de faits

Au sein du système, l'ensemble des connaissances correspondant à des réalités observées (données image, localisation géographique, conditions de prise de vue, réalité terrain) ou à des énoncés s'appliquant au problème traité (éléments du paysage correspondant à la prise de vue, outils d'analyse d'image que l'on prévoit d'utiliser) ont le statut de faits et constituent la base de faits.

On y rangera les entités iconiques, les traitements, les concepts associés à des entités géographiques

Ces faits sont représentés par le quadruplet

(type, objet, attribut, valeur) (I)

#### a. La représentation des données image

L'élaboration d'un système formel de représentation des images implique la définition de primitives, éléments de base de la représentation. Une primitive notée  $P_i$  est une parcelle d'image constituée d'un ensemble de points et caractérisée par un ensemble d'attributs. La primitive la plus élémentaire est le point: de l'image ou pixel. Une entité est définie comme un fragment d'image (région, objet) regroupant un ensemble de primitives dont les attributs vérifient certaines contraintes. Pour représenter ces informations, on utilisera le formalisme mentionné en (I), en y ajoutant l'expression du lien structurel (relation de la partie au tout) existant entre primitive et entité à l'aide du mot-clé *père\_de* ce qui se traduira par exemple de la façon suivante :

(pixel,  $P_i$ , radiométrie,  $r_1, r_2, r_3, r_4$ )

(région,  $E_k$ , bornes radiométriques,  $ri_1, ri_2, ri_3, ri_4, rs_1, rs_2, rs_3, rs_4$ , surface, 100, *père\_de*,  $P_i$ )

#### b. La connaissance thématique

C'est en partie cette connaissance qui va guider l'interprétation de l'image. Puisqu'il s'agit d'énumérer et de classer les entités géographiques composant la scène, on se contentera de formaliser cette connaissance sous la forme d'une taxonomie. La représentation symbolique d'une taxonomie monodimensionnelle nécessite seulement la définition des noms des classes.

exemple : forêt, zones cultivées, prairie

Dans le cas d'une taxonomie qui est une hiérarchie, on utilisera le mot-clé *sorte\_de* pour exprimer le passage d'un niveau de la taxonomie au niveau supérieur selon l'axe de spécialisation-généralisation.

exemple : une forêt dense est une *sorte\_de* forêt

Les éléments de la taxonomie jouent le rôle d'un attribut particulier attaché aux entités iconiques, et dénommé "classes". Pour une entité, cet attribut peut être multivalué, la multivaluation traduisant l'incertitude de l'interprétation de cette entité à un instant donné du processus.

exemple: (région,  $E_k$ , Classes, forêt, prairie)

#### c. La connaissance des traitements d'image

La création dynamique de nouvelles entités par fusions successives de primitives ou par partitionnements successifs d'entités s'effectue au moyen de traitements connus du système sous forme symbolique (objets de type "traitement") et permettant l'activation de procédures numériques. Les traitements sélectionnés par le système seront prêts à être mis en œuvre par des procédures externes dès que le contexte courant aura permis la mise à jour des paramètres nécessaires à leur exécution.

#### 3.2 La base de règles

Les connaissances plus générales, permettant notamment de reproduire le raisonnement d'un expert à partir des faits (raisonnement permettant d'activer des traitements d'image en fonction d'un contexte donné, de contrôler les résultats, d'interpréter les entités iconiques à l'aide de concepts thématiques) sont énoncées sous formes de règles qui sont données en vrac. Il s'agit de règles de production de la forme:

Si conditions Alors conclusions

Certaines règles, telle que la règle suivante, sont des règles d'interprétation thématique:

Si  
type (X) = région,  
texture(X) = hétérogène  
classe(X) = sorte\_de\_forêt

Alors

classe(X) = forêt\_claire/

D'autres règles sont des règles permettant l'activation des procédures:

Si  
type (X) = pixel,  
degré\_ensoleillement(X) = ombre,  
type (Y) = traitement,

Y= dnp,

Alors

dnp\_radiométrie,

étape = 1/

Cette dernière règle permet, si le traitement choisi est "dnp" (discrimination non paramétrique), d'activer cette procédure à partir des variables radiométriques décrivant les pixels situés "à l'ombre".

#### 4 STRATEGIE ET CONTROLE

##### 4.1 La stratégie

Etant donné un problème d'analyse (description des entités) et d'interprétation (détermination du concept spécifique applicable aux entités) une stratégie de résolution consiste en la recherche d'un chemin optimal entre les données initiales et le but associé.

Une stratégie possible consiste, en partant de concepts abstraits associés au but poursuivi (les classes recherchées) à décomposer l'image en entités partiellement interprétées que l'on associera à des sous buts, selon un mode appelé "descendant" (du but vers les données).

Dans la première version du système CIME (Mering et al, 88), (Blamont et al, 88) c'est cette stratégie qui est mise en place, par l'intermédiaire des règles.

Ce système repose sur un principe itératif d'analyse, la partition de l'image par seuillage des variables, opérant à un niveau unique de représentation de l'image, les pixels, mais selon la prise en compte d'attributs différents (la radiométrie, la texture, la pente, l'altitude, l'ensoleillement). Ce processus a pour but d'affiner progressivement l'interprétation des entités. A travers les règles, l'expert préside au choix de séquencements particuliers d'attributs. Le système permet de réaliser la partition finale en construisant différentes séquences et en comparant leur performance respective relativement aux parcelles de contrôle présentes dans la base de faits, afin de choisir la meilleure séquence.

##### 4.2 Le contrôle

L'expert doit pouvoir expérimenter des séquences de traitement concurrentes permettant d'interpréter l'image. Il doit donc pouvoir juger des résultats de chacune d'entre elles en fonction d'un critère de validité qu'il définit a priori et choisir les meilleurs résultats en fonction d'un critère de choix qu'il a également prédéfini. Il doit donc évaluer l'état courant du processus et prédire les cas d'échec afin de décider l'abandon ou la poursuite, ou éventuellement la reprise vers un état antérieur. Le mécanisme d'inférence du système sera partiellement contrôlé par ces choix.

Par exemple, le système CIME est construit sur un cycle en trois temps:

- 1) Choix du traitement à appliquer en fonction du contexte et des résultats des traitements précédents
- 2) Propagation des résultats
- 3) Calcul du coefficient d'incertitude lié à l'étape, prévision d'échec et évaluation de la condition terminale

#### Bibliographie :

- D. Blamont, C. Mering. : "Use of remote sensing for vegetation and landuse mapping in mountainous areas : the case of Central Nepal". Adv.Space.Res.vol7, n°3, pp 41,46.
- C.Mering, D.Blamont, J.G.Ganascia, F.Monjanel : "CIME, une application des systèmes experts à la télédétection". Actes des 8èmes journées intern.sur Les systèmes experts et leurs applications, Vol 3, Avignon, 1988, pp427,448.
- D. Blamont, C. Mering. : "CIME an Expert system for Landuse and Vegetation Mapping by Remote Sensing : The Example of a mountainous area". Proceedings of Ninth Asian Conference on Remote Sensing, Bangkok, 1988, pp A-2-2-1, A-2-2-8.