

Agents de Médiation pour la Conception de Systèmes de Traitement d'Images.

Patrice DALLE
Yazid ABCHICHE

IRIT
Institut de recherche en Informatique de Toulouse
Université Paul Sabatier
118, route de Narbonne
31062 TOULOUSE Cedex

<http://www.irit.fr/~Patrice.Dalle>
<http://www.irit.fr/~Yazid.Abchiche>
e-mail : dalle@irit.fr , yabchich@irit.fr

Résumé:

Nous présentons un système de conception d'application de traitement d'image basé sur un système multi-agent à deux niveaux : le système de traitement d'image est réalisé en encapsulant chaque opérateur par un agent dont le comportement est essentiellement coopératif. La configuration résulte de l'auto-organisation du collectif d'agents. Les agents transforment l'information et attachent aux entités produites une description formelle de l'effet de ces transformations. Un deuxième groupe d'agents, les agents médiateurs, permettent la collaboration entre l'utilisateur et le système de traitement d'image. Ils possèdent une représentation des deux acteurs. La connaissance de l'opérateur humain, notamment sa capacité à interpréter les données image en termes d'objets du domaine, est représentée par un ensemble d'interactions, permettant à l'utilisateur d'introduire cette connaissance dans le système sans connaître les fonctionnalités des opérateurs de traitement d'image. La compétence des agents de traitement d'image est représentée via les descripteurs qu'ils peuvent manipuler. Nous décrivons la structure et le fonctionnement de ces agents de médiation.

Mots clés: agents de médiation, coopération, interprétation d'image, planification

Abstract:

This paper presents a two-level multi-agent system for image processing application design : in the image processing system, each operator is embedded in a cooperative agent. Final configuration results from auto-organization of the agent society. The agents transform information, and link a formal description of the transformation effects to the produced entities. A second group of agents, called mediator agents, allow the cooperation between the user and the image processing system. They have a representation of both actors. The human operator's knowledge, and particularly the user's ability to understand image data as objects that belong to the domain, is represented by an interaction system, that lets the user introduce his knowledge to the system without knowing the features of the image processing operators. The competence of the image processing agents is represented via the descriptors which they use. We describe the agent structure and how the mediator agents are working.

Keywords: mediator agents, cooperation, image understanding, planning

I. Introduction

Cette recherche se situe dans le cadre de la conception interactive et incrémentale d'applications de Traitement d'Image (TI).

L'objectif du système étudié est de configurer un graphe d'opérateurs de TI pour qu'il effectue une tâche d'extraction d'information dans une image (par exemple identifier et localiser un objet).

Les opérateurs de traitement d'image sont implémentés sous forme d'agents coopératifs. La tâche de conception consiste à faire évoluer les liens d'échanges entre ces agents vers une organisation optimale (au sens de la coopération (SMA, 1997)). Cette évolution est le résultat d'interactions avec l'utilisateur qui réagit aux résultats présentés, en fonction de son objectif.

Cependant, l'utilisateur et le système multi-agent de TI raisonnent et agissent dans des espaces de représentation différents : monde réel du domaine d'application pour le premier, espace des entités de TI pour le second. Pour faire le lien entre ces deux représentations, les interactions (leur capture et leur interprétation) sont gérées par un ensemble d'agents médiateurs.

Après avoir présenté les caractéristiques essentielles du système multi-agent (SMA) utilisé et montré le rôle de l'environnement dans l'évolution de sa configuration, nous présentons ces agents de médiation. Nous décrivons la finalité des interactions entre l'utilisateur et le SMA et nous montrons comment celles-ci sont gérées par les agents médiateurs en fonction des représentations qu'ils ont des deux partenaires et de leurs espaces respectifs de travail.

II. Conception d'une application de traitement d'images

Pour construire une application de TI, dans l'approche classique, on utilise un système interactif intégrant une bibliothèque d'opérateurs et un environnement de développement (système à menus, programmation visuelle par icônes, ...). A chaque étape, l'utilisateur choisit un opérateur de la bibliothèque présentée par le système, provoque son exécution, examine son effet sur la donnée image courante et, de façon incrémentale, par essais-erreur, il configure un graphe d'opérateurs.

Les inconvénients de cette approche sont nombreux : l'utilisateur doit être expert en TI et connaître cette bibliothèque ; il doit effectuer la planification ; il n'a pas de garantie sur la généralité et l'adaptabilité du graphe résultat ; enfin la génération du contrôle informatique du programme, pour le rendre adaptatif et générique, doit être réalisée manuellement.

Depuis les ambitieux projets de systèmes de vision des années 80 (BROOKS, 1984), (CHAMBON, 1984,p.153), (MATSUYAMA, 1985, p.908), (DRAPER, 1989, p.209), qui ont montré les limites d'une approche trop générale, de nombreuses recherches sont menées pour concevoir des systèmes assistant un utilisateur dans la tâche de conception d'application spécialisée (CLEMENT, 1993,p.166), (CAPDEVIELLE, 1994,p.816), (CLOUARD, 1999,p.128), ou des environnements multi-agent spécialisés pour des tâches de vision (BOISSIER, 1997,p.1039), (BOUCHER, 1999).

Notre approche se situe dans ce cadre (ABCHICHE, 1999)¹.

¹ Cette recherche s'effectue en collaboration avec l'équipe SMAC (systèmes multi-agent coopératifs) de l'IRIT (http://www.irit.fr/ACTIVITES/EQ_SMI/pp.html)

III. Un système multi-agent de TI

□ Principe de fonctionnement

Chaque opérateur est encapsulé dans un agent. La bibliothèque est une société d'agents qui cherchent à se configurer de manière optimale pour répondre à l'objectif donné.

Le principe de la collaboration entre les agents est la coopération : la force des accointances est modifiée suivant la possibilité d'exploitation des résultats de l'action d'un agent par les agents récepteurs (utilité). Pour cela l'agent cherche à détecter les situations non coopératives définies par l'équipe SMAC de l'IRIT, à savoir :

- *L'incompétence*, qui correspond au cas où un agent reçoit une requête ou une information qui lui est interprétable. Elle est détectée lorsque l'agent ne peut pas extraire un contenu informatif d'un message reçu. Elle peut survenir de la non adaptabilité de l'opérateur au traitement considéré.
- *L'improductivité*, qui correspond au cas où le message est bien interprété alors que l'agent ne peut pas l'exploiter. Provient lorsque l'agent n'a pas à sa disposition les bons paramètres en entrée.
- *L'inutilité*, qui provient lorsque l'agent n'est pas référencé au cours des différentes exécutions du système.
 - *Le conflit*, provient généralement de l'accès de plusieurs agents à une même ressource (affichage sur écran, modification d'une image commune,...).
 - *La concurrence*, provient lorsque d'eux agent ont le même résultat à fournir pour l'utilisateur.

Pour lancer le processus, des agents (en général les agents d'identification) reçoivent une requête qu'ils propagent dans tout le système, en la reformulant, jusqu'à ce que des agents aient assez d'information pour déclencher un traitement (en général les agents qui reçoivent en entrée l'image à traiter). Ceux-ci peuvent alors effectuer leur action et fournissent des résultats qu'ils propagent en retour. Les données se répandent dans tout le réseau, jusqu'à ce que les agents qui ont reçu la requête initiale aient les informations suffisantes pour y répondre de manière satisfaisante.

L'objectif de la tâche de configuration du système multi-agent (SMA) est de modifier les poids des liens entre agents de manière à ce qu'à terme, l'opérateur le plus pertinent soit exécuté, avec le paramétrage adapté.

Pour éviter un comportement combinatoire, le système doit recevoir de son environnement des réactions dont la prise en compte va orienter la configuration des liens de la société d'agents ainsi que le paramétrage des opérateurs (CAMPS, 1998). Deux éléments interviennent dans cet environnement : la structuration des entités de traitement d'image et les réactions de l'utilisateur.

2. Action de l'environnement

- Structuration des entités de traitement d'image

Le simple typage des données permet d'établir les listes d'accointances des agents de TI. Cependant la transformation d'information entre l'entrée et la sortie d'un opérateur n'est pas du tout uniforme. Certains opérateurs changent le niveau d'abstraction des données, d'autres modifient leur niveau de structuration, d'autres enfin combinent des entités de même niveau. Nous intégrons donc un mécanisme permettant de rendre compte des transformations réalisées

par chaque opérateur sur la forme syntaxique, c'est-à-dire sur la représentation informatique des données (structuration/déstructuration), et sur son niveau d'abstraction et de spécialisation, c'est-à-dire sur l'information associée. L'utilisateur pourra alors attacher un contenu sémantique à la donnée, en l'interprétant et en la nommant en termes d'objets du domaine.

Nous avons donc proposé un modèle de donnée de TI (DEJEAN-a, 1996,p.746) et un modèle d'opérateur (DEJEAN-b, 1996,p.66). Ceci nous a permis de définir un langage d'expression de concepts de TI basé sur les propriétés caractéristiques des indices visuels permettant d'identifier ces concepts (DEJEAN-c, 1996,p.219).

Ce formalisme a été utilisé dans une première approche (CAPDEVIELLE, 1994,p.816), où l'utilisateur construisait incrémentalement des concepts de plus en plus élaborés à l'aide d'un système interactif, et où le système planifiait et exécutait les chaînes de TI qui produisaient ces concepts (DALLE, 1998,p.75). Cependant l'approche était trop strictement ascendante et nécessitait encore de l'utilisateur un raisonnement proche du traitement d'images pour formuler son objectif dans une représentation exploitable par le module de planification. Nous avons donc remplacé le planifieur par le système d'agents coopératifs qui se configure en fonction des requêtes (ABCCHICHE, 1999). Nos travaux en cours consistent à injecter dans ce système le langage de description des entités produites, et à utiliser les expressions produites pour contraindre la configuration.

- Réactions de l'utilisateur

L'autre source de contraintes apportées par l'environnement au système multi-agent provient des réactions de l'utilisateur. Outre la formulation du problème initial, il va interagir avec les agents pour valider/invalider des entités produites en les interprétant en éléments du monde réel (domaine d'application).

Cette activité d'interaction entre :

- l'utilisateur, qui comprend la scène et sait interpréter des résultats de traitements intermédiaires (extraction partielle d'entités) en termes d'objets du domaine,
- et un système multi-agent qui manipule des représentations de ces entités en respectant des règles propres aux données de TI, et en propageant les effets des transformations qu'il effectue, est assurée par une collectivité d'agents médiateurs.

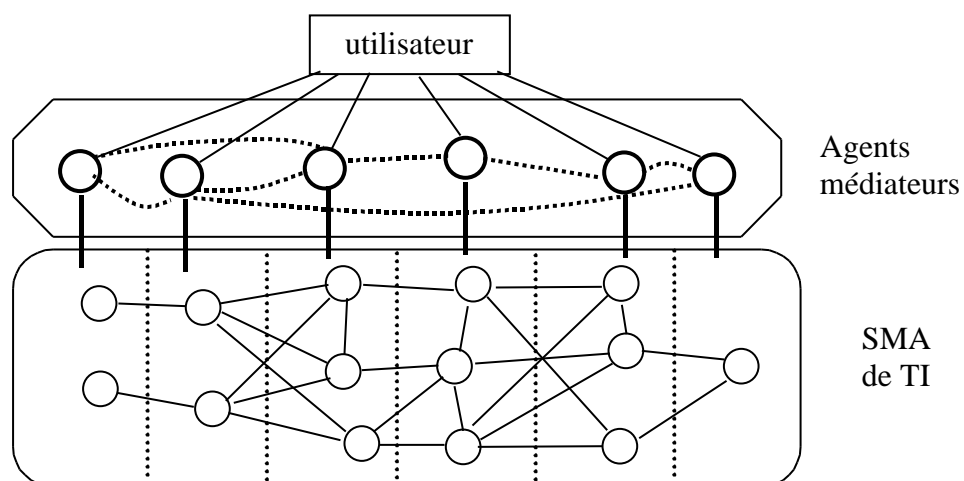


Figure III.1 : Schéma général du système de TI

- les accointances des agents de TI dépendent des types d'entités produites par les opérateurs
- il y a un type d'agent médiateur par type d'entité

Le but de cet article est de spécifier cette collectivité en décrivant le rôle de ces agents, leur représentation et leur fonctionnement.

IV. Agents médiateurs

1. Finalité

La conception d'un système spécialisé de TI met en jeu plusieurs types de connaissances.

- Les connaissances de TI sont représentées par notre modélisation du TI (données et opérateur). L'exploitation de cette connaissance est réalisée dans le SMA par le mécanisme de description symbolique des entités produites par le TI et de propagation des transformations d'information. Il s'agit donc en fait d'une représentation formelle manipulée syntaxiquement sans interprétation.

La connaissance opératoire de TI est incluse dans les opérateurs de TI encapsulés par les agents

- Les connaissances du domaine figurent dans la description initiale de l'objectif fourni au SMA (description des objets à identifier) et dans les réactions de l'utilisateur en cours de configuration.

Le but d'un système d'interprétation est de construire des structures de données informatiques structurant et représentant des entités images, et de les associer à des éléments du domaine. Cette mise en correspondance est donc une interprétation des entités produites par le TI. On sait que ce mécanisme de structuration et d'interprétation peut être très complexe car il met en jeu un système mal conditionné (retrouver l'information du monde 3D à partir des projections 2D), des modèles imprécis et incomplets, des données initiales bruitées, d'une très grande variabilité, et des données intermédiaires imprécises et même parfois erronées du fait des limites des opérateurs de TI. Il n'existe donc pas de modélisation mathématique complète et donc pas de solution algorithmique. On doit alors construire un système à base de connaissances et mettre en œuvre notamment des connaissances de contrôle.

Après avoir étudié une approche multi-expert sur le modèle du tableau noir (CHAMBON, 1984,p.153) et une approche de pilotage interactif d'un système de planification (DALLE, 1998,p.75), nous avons donc choisi de faire émerger ce contrôle de l'activité coopérative d'une société d'agents de TI. Pour injecter dans ce système la connaissance non modélisée formellement, on doit donner à l'utilisateur des moyens d'intervenir sur le comportement du système, en validant, corrigeant ou invalidant des résultats courants. L'évolution du comportement du SMA sera présentée à l'utilisateur. Celui-ci considérera que l'objectif est atteint lorsque, en interprétant les résultats du SMA, il estimera que celui-ci se comporte comme s'il manipulait effectivement les connaissances.

Le comportement que nous venons de décrire ne concerne que l'image et le problème courants. Or cette description du domaine est très incomplète : l'utilisateur ne donne généralement que les principaux traits discriminants des objets à identifier, et les images fournies pour concevoir le système ne représentent que quelques-uns des cas qu'il faudra réellement traiter.

Le système à construire doit savoir résoudre les cas présentés mais être potentiellement capables de traiter un grand nombre d'autres situations. Un deuxième niveau d'interaction de

l'utilisateur est alors nécessaire ; il visera à donner le bon niveau de généralité au système. Il s'agit de spécifier un système plus générique que le système courant.

2. Rôle

On voit donc que le rôle des agents médiateurs est de permettre ces interactions entre l'utilisateur et le SMA.

Ils doivent donc rendre visibles et interprétables des résultats du TI et plus généralement le comportement du SMA.

Ils doivent fournir à l'utilisateur des moyens d'interaction permettant à celui-ci de qualifier ces résultats et ce comportement, d'un point de vue externe, sans avoir à connaître la configuration interne du SMA ni l'aspect algorithmique des opérateurs de TI impliqués.

Ils doivent interpréter les actions de l'utilisateur et les transmettre au SMA sous une forme exploitable.

3. Structure

Un agent médiateur est associé d'une part à l'utilisateur et d'autre part à un groupe d'agents de TI fournissant le même type d'entité. Il y a donc un agent médiateur par type d'entité de TI.

En plus des croyances en soi qui lui permettent de connaître ses aptitudes à mettre en œuvre l'interaction adaptée à l'utilisateur, et des connaissances sur le domaine d'opérabilité des agents du système qu'il connaît, l'agent de médiation contient trois modules essentiels : un module traitant son interaction avec l'utilisateur, un autre traitant l'interaction avec le système de TI et un module de raisonnement, d'interprétation de langages et d'action (Figure IV.1).

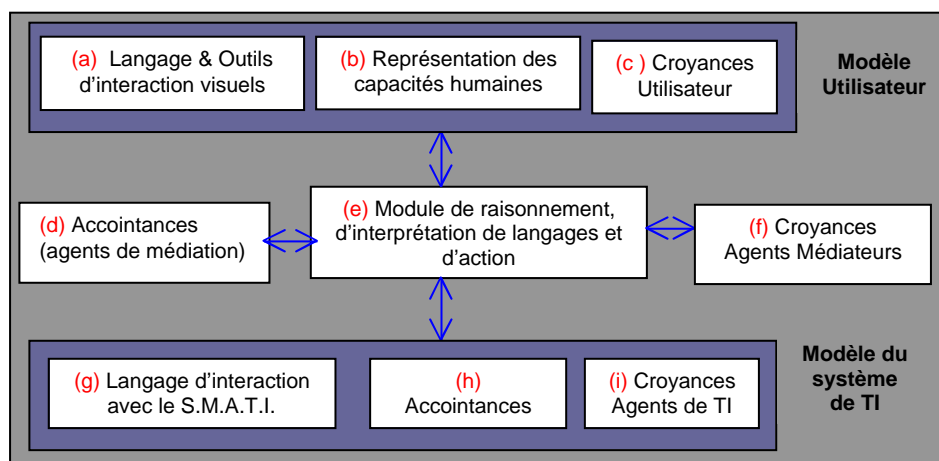


Figure IV.1 : Modélisation d'un agent de médiation.

□ Module pour l'utilisateur

Langage et outils d'interaction visuels, qui contient et qui utilise des outils de visualisation (images, graphiques, icônes ou textes, désignation) pour présenter des résultats et fournir des interacteurs qui permettront à l'utilisateur de les valider, de les rejeter ou de les corriger,

Représentation des capacités humaines d'interprétation : l'agent médiateur suppose que l'utilisateur sait interpréter les entités de TI présentées, c'est-à-dire

établir leur correspondance avec les objets du monde réel. L'utilisateur est donc simplement modélisé par la forme des données d'entrées qu'il est capable de comprendre (pour un type d'entité donné) et par le type d'information qu'il peut fournir après examen de ces données. A chaque type d'information est associée l'action à entreprendre pour la fournir. L'agent médiateur propose donc, pour le type d'entité qui le concerne, les interacteurs qui permettront à l'utilisateur de qualifier l'entité, suivant l'interprétation qu'il en aura faite.

Croyances Utilisateur : correspondantes aux capacités de l'utilisateur à utiliser tel ou tel outil d'interaction.

□ **Module pour le système multi-agent de TI**

Langage d'interaction : qui lui permet de communiquer avec les différents agents avec qui il est en interaction pour traduire les objectifs de l'utilisateur en termes de TI,

Accointances : qui sont des représentations de l'ensemble d'agents encapsulant des opérateurs de même famille (**ex** : les opérateurs produisant des composantes connexes). Une accointance est représentée par le modèle suivant :

<Id.><Param_In><Param_Out><Type><Service(s)>

- *Id.*, est l'identifiant de l'agent (ou signature). L'agent du système est désigné par son identifiant et ce dernier est unique car la communication est de type point à point.
- *Param_In*, est l'entrée (ou les entrées) de l'agent,
- *Param_Out*, est la sortie (ou les sorties) de l'agent,
- *Type*, est le type de l'agent (qui traduit son degré d'autonomie). Il permet à l'agent de médiation de définir le mode d'interaction à utiliser,
- *Service(s)*, service(s) rendu(s) par l'agent.

Croyances : sur les agents du système de TI avec qui il est en interaction, qui sont une représentation que l'agent ajuste en fonction des différentes interactions. Elles expriment le point de vue que peut avoir un agent sur un autre. Elles changent en fonction des interactions.

□ **Module de raisonnement, d'interprétation de langages et d'action**

Il détermine la forme de l'interaction et interprète les actions de l'utilisateur ; il convertit les requêtes de l'utilisateur en un formalisme adapté au SMA de TI et les données et les informations du SMA dans une présentation interprétable par l'utilisateur.

□ **Module pour les agents de médiation**

Il contient la représentation (*fig. IV.1.d*) et les croyances (*fig. IV.1.f*) des autres agents de médiation auxquels il est lié.

4. Communication

Le modèle de messages échangés par les agents médiateurs avec le système de TI ou avec les autres agents médiateurs est le suivant :

<id_m><id_s><id_r><Type><Contenu>

- <id_m>, identifiant du message, qui sert à répertorier les différents messages envoyés,
- <id_s>, identifiant de l'agent émetteur,
- <id_r>, identifiant de l'agent récepteur,
- <Type>, type de message (information, requête, etc.),
- <Contenu>, contenu du message (résultat ou information),

5. Comportement

Les agents médiateurs ont un comportement commun et un comportement spécifique suivant le type d'entité auquel ils sont attachés.

- Comportement commun
 - modélisation de l'activité de l'utilisateur : les types de présentation de données qu'il comprend, les types d'information qu'il peut fournir et les formes d'action qu'il peut déclencher.
 - capacité d'apprentissage ou d'adaptation en fonction des réponses précédentes de l'utilisateur
 - comportement coopératif : un agent médiateur cherche à optimiser les échanges entre l'utilisateur et le système de TI. Les situations de non-coopération sont donc celles pour lesquelles son action est inutile par rapport à cet objectif : données ou interacteurs inexploités par l'utilisateur, information fournie par l'utilisateur et ne provoquant pas de modification du système de TI, échanges non productifs avec d'autres agents médiateurs.
- Comportement spécifique

La présentation des données, le type d'interacteur proposé à l'utilisateur ainsi que l'interprétation des interactions dépendent du type d'entité attaché à l'agent.

Exemple d'interaction

Pour illustrer ce comportement, nous prenons le cas où l'entité courante est une région (composante connexe) d'une image segmentée.

Une région est décrite par un certain nombre de caractéristiques :

- un degré d'homogénéité,
- un prédicat vérifié pour la région et non vérifié pour des fusions potentielles de la région avec chacune de ses voisines (segmentation "optimale"),
- une frontière,
- des propriétés décrivant le contenu, la position et la forme de la région.

L'utilisateur (*fig. IV.1.b*) peut qualifier la région en indiquant que :

- la région ne lui semble pas homogène,
- la segmentation ne semble pas maximale,
- les frontières ne sont pas correctes.

Eventuellement il peut nommer le concept associé à la région.

L'agent de médiation doit :

- choisir des formes de présentation (*fig. IV.1.a*) rendant explicites et interprétables les caractéristiques de l'entité :
 - remplacer le numéro d'étiquette de chaque région par le niveau de gris moyen, pour que l'image segmentée ait le même aspect que l'image initiale (caractère iconique).
 - ajouter le tracé des frontières pour que la séparation en régions apparaisse et, pour que les frontières soient manipulables en elles-mêmes. On remarquera que cette information n'était pas présente explicitement dans la donnée. C'est donc bien une information de communication médiateur-utilisateur.
 - situer le concept associé à la région, dans un graphe des concepts déjà créés.

- mettre à la disposition de l'utilisateur des outils graphiques (*fig. IV.1.a*) d'interaction permettant d'évaluer ou de corriger l'entité :
 - région trop ou pas assez segmentée,
 - frontière à créer, à supprimer ou à déplacer,
 - attribution d'un nom à l'entité (ce nom correspond à un concept du domaine).

L'agent médiateur doit interpréter et traduire les actions de l'utilisateur (*fig. IV.1.e*) pour renvoyer aux agents de TI des informations dont la prise en compte conduira à paramétrer différemment un opérateur ou à modifier des liaisons entre opérateurs, provoquant ainsi le déclenchement de nouveaux opérateurs.

On voit que l'opération de médiation ne se fait pas en représentant directement des relations entre l'action de l'utilisateur et les opérateurs de TI (ce qui reviendrait à coder des éléments de solution), mais en intervenant via les représentations des données (*fig. IV.1.g*).

La traduction vers le traitement d'image utilise la représentation symbolique des entités, comme nous allons l'illustrer sur un exemple.

Exemple de généralisation

Soit par exemple une instance de concept représentée sous la forme d'un concept de base spécialisé par 2 propriétés, décrites par des couples (descripteur - valeur)

((desc1 val1) (desc2 val2) DescripConceptA
 ex : ((élongation 0.8) (orientation 30) forme_sombre)

Cette instance correspond à un objectif :

((desc1 dom1) (desc2 dom2) DescripConceptA tel que val1 _ dom1 et val2 _ dom2,
 où dom1 et dom2 sont les domaines de définition du concept pour les descripteurs de propriété desc1 et desc2. Ces domaines sont représentés par exemple par des intervalles.

On peut généraliser cette expression de différentes façons :

- Ajout de termes disjonctifs
 ((desc1 dom1) (desc2 dom2) DescripConceptA) v (DescripConceptB)
- Suppression de propriété
 (desc2 dom2) DescripConceptA)
- Extension du domaine d'un descripteur : dom1 \rightarrow dom1' tel que dom1 _ dom1'
 ((desc1 dom1') (desc2 dom2) DescripConceptA)
- Changement d'un descripteur : desc1 \rightarrow desc1' tel que desc1' généralise desc1
 ((desc1' dom1) (desc2 dom2) DescripConceptA)

Cette dernière opération suppose une structuration de sous-espaces des descripteurs, en hiérarchies d'abstraction, que nous sommes en train de réaliser.

La demande de généralisation, formulée par l'utilisateur au vu de résultats incomplets, sera donc transmise au système de TI en termes d'objets complémentaires à trouver, d'attributs à changer ou de mesures de comparaison à effectuer différemment.

6. Interaction entre agents de médiation

Les agents médiateurs peuvent également communiquer entre eux (*fig. IV.1.d*). Le but de ces échanges est de faciliter la convergence vers une configuration stable et satisfaisante des agents de TI. On sait qu'une des difficultés de mise au point d'une telle configuration provient du traitement des erreurs : la prise en compte d'une erreur ne se situe pas toujours au niveau de l'opérateur où elle a été détectée, mais en amont dans la chaîne de traitements. La difficulté est de localiser le bon niveau d'intervention, sans refaire à l'envers tout le processus de construction. Inversement, une anomalie peut sembler apparaître au niveau d'un opérateur, sans que cela soit révélateur d'une erreur, le système pouvant résoudre un problème par la combinaison de plusieurs sous problèmes qui paraissent chacun éloignés de l'objectif final. Une solution consiste à détecter localement les indices d'anomalie, sans prendre de décision à ce niveau, et à propager, dans le système, cette information concernant la détection d'une anomalie, pour qu'elle soit considérée à un autre niveau si nécessaire

On va donc chercher à exploiter la compétence des agents de TI à évaluer, à leur niveau, la qualité des données qu'ils ont transmises. Celle-ci peut être estimée de plusieurs façons : comparaison des modifications réalisées entre l'entrée et la sortie lorsque celles-ci sont de même type, comparaison des résultats produits par rapport à un comportement standard, comparaison des résultats à ceux d'opérateurs concurrents de la même famille, etc.

Le résultat de l'évaluation est transmis à l'agent médiateur qui le communique aux autres agents médiateurs, s'il pense que cette information est utile (*fig. IV.1.i*) ; il peut ainsi signaler, qu'à son niveau, il y a une possibilité d'anomalie, ce qui localise un point de reprise éventuel. Ceci suggère deux actions possibles si une erreur est détectée en aval : la présentation des résultats à l'utilisateur, la reprise du traitement à ce niveau, avec un nouveau paramétrage tenant compte de l'erreur qui a été détectée.

En dehors des cas d'erreur, la communication entre agents médiateurs est également exploitée pour optimiser le système (recherche d'une autre solution, meilleure que la solution courante) ou pour exploiter toutes les solutions possibles.

V. Analyse

Ces agents de médiation entre l'activité humaine d'interprétation et de conception et celle d'un SMA d'interprétation d'image peuvent donc être analysés sous différents points de vue :

- Conceptuel : l'agent médiateur intègre :
 - une modélisation des capacités humaines d'interprétation. On a vu que celles-ci sont estimées :
 - en entrée, par la capacité de l'utilisateur à exploiter différents niveaux de représentation de l'image traitée
 - en sortie, par sa capacité à qualifier cette représentation en indiquant des sens de variation souhaités. Elle est exprimée directement par des actions sur la représentation de la donnée.
 - entre les deux, on suppose que l'utilisateur sera capable de faire la correspondance avec les objets du domaine, sans savoir comment est faite cette correspondance.

- une modélisation de la société d'agent de TI. Celle-ci utilise une représentation formelle des traitements en termes de transformation d'information. L'agent médiateur apprend en évaluant l'utilité des interacteurs qu'il propose (*fig. IV.1.c*).

- Technique :

- c'est un outil de capture des interprétations de l'utilisateur-concepteur
- c'est un outil de présentation des entités de TI construites par le SMA

- Cognitif : il suppose une définition de l'interacteur adapté à la tâche courante :

- présentation de l'objet d'interaction
- outil d'interaction (interacteur)
- interprétation de l'interaction

VI. Conclusion

Construire un système d'interprétation d'image met en jeu deux types de connaissance, sur le traitement d'image et sur le domaine de l'application. Certaines de ces connaissances sont modélisables et ont une représentation formelle. On peut exploiter au maximum ce caractère en proposant des formalismes et des outils de manipulation formelle. Nous utilisons un modèle de description des opérateurs et des entités de TI qui permet, par propagation des transformations effectuées, de rendre compte de l'effet d'une chaîne de traitements.

De même, une partie des informations disponibles sur la scène est représentable à l'aide d'un langage de description basé sur les indices visuels.

Une autre partie de l'information, celle qui sert à discriminer des objets, en utilisant des relations du deuxième ordre par exemple, est beaucoup plus difficile à formuler. La connaissance opératoire, notamment la capacité à interpréter une image, le savoir-faire en planification, l'exploitation des outils du TI, sont également difficiles à représenter.

Pour prendre en compte ces difficultés, nous proposons une double démarche :

La planification, c'est-à-dire la configuration du graphe des opérateurs adéquats, résulte de l'auto-organisation d'un système composé d'agents ayant essentiellement une attitude sociale coopérative. Ce système s'organise et se stabilise en fonction des perturbations provenant de son environnement. Celui-ci combine deux composantes :

- la structure des entités de TI représentée par un formalisme de description syntaxique des transformations réalisée par les opérateurs ; elle contraint les relations et les actions des agents-opérateurs de TI,
- l'interprétation par l'utilisateur des données produites par le TI et les contraintes imposées par cet utilisateur pour que ne soient validées que les entités interprétables.

Comme nous ne savons pas bien modéliser ni expliciter la connaissance mise en jeu, nous ne la considérons qu'au travers de son utilisation par l'opérateur humain. Un deuxième groupe d'agents, les agents médiateurs, ont alors pour rôle de lui présenter les entités image sous la forme la plus exploitable, de lui fournir des outils d'interaction adaptés et de renvoyer au système une traduction de ses actions. Le mode d'interaction proposé dépend du type de l'entité considéré et de la représentation que se fait l'agent médiateur de la capacité de l'utilisateur à interpréter cette entité.

Le système produit se comporte alors comme un système à base de connaissance, grâce à une exploitation optimale des compétences de l'utilisateur en phase de conception.

RÉFÉRENCES

(ABCHICHE, 1999) ABCHICHE Y. "Conception d'une plate-forme pour la configuration d'un graphe d'opérateurs de traitement d'images par système multi-agent", DEA Informatique de l'Image et du Langage UPS Toulouse 1999.

(BOISSIER, 1997,p.1039) BOISSIER O., DEMAZEAU Y. "Une architecture multi-agents pour des systèmes de vision ouverts et décentralisés", numéro spécial sur l'Intelligence Artificielle Distribuée et des Systèmes Multi-Agents, Technique et Science Informatiques, Vol. 16, n°. 18, Dunod. pp. 1039-1062.

(BOUCHER, 1999) BOUCHER A. "Une approche décentralisée et adaptative de la gestion d'informations en vision", Thèse de Doctorat en Informatique, Université Joseph-Fourier, 18 janvier 1999.

(BROOKS, 1984) BROOKS R. "Model-Based Computer Vision", UMI Research Press 1984.

(CAMPS, 1998) CAMPS V. "Vers une Théorie de l'Auto-Organisation dans les Systèmes Multi-Agents Basée sur la Coopération : Application à la Recherche d'Informations dans un Système d'Information Répartie", Thèse de l'Université Paul Sabatier de Toulouse, janvier 1998.

(CAPDEVIELLE, 1994,p.816) CAPDEVIELLE O., DALLE P. "Image processing chain construction by interactive goal specification", First IEEE ICIP, Austin , Texas (USA) November 1994 pp.816-820.

(CHAMBON, 1984,p.153) CHAMBON D., DALLE P., DEBORD P., CASTAN S. "Configuration de base du système SACSO : interprétation de scènes à partir de modèle 2D", 4^{ème} Congrès RFIA Paris 1984 pp. 153-178

(CLEMENT, 1993,p.166) CLEMENT V., THONNAT M. "A knowledge-based approach to integration of image processing procedures". CVGIP : Image Understanding vol 57, n°2, mars 1993, pp. 166-183.

(CLOUARD, 1999,p.128) CLOUARD R., ELMOATAZ A., PORQUET C., REVENU M. "Borg : A knowledge-based system for automatic generation of image processing programs", IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 21, No. 2, , February, 1999, pp. 128-144.

(DALLE, 1998,p.75) DALLE P., DEJEAN P. "Planification en Traitement d'Image : Approche basée sur les données", 11è RFIA Clermont-Ferrand (France) janvier 1998 tome II pp. 75-84.

(DEJEAN-a, 1996,p.746) DEJEAN P., DALLE P. "Modèle symbolique de la donnée de traitement d'images", 10è RFIA Rennes (France) janvier 1996 pp. 746-755.

(DEJEAN-b, 1996,p.66) DEJEAN P., DALLE P. "Image analysis operators as concept constructors", IEEE Southwest Symposium on Image Analysis and Interpretation, San Antonio, Texas (USA), April 1996, pp. 66-70

(DEJEAN-c, 1996,p.219) DEJEAN P., DALLE P. "Un langage de description de concepts pour la formulation d'objectifs d'analyse", 5ème journée ORASIS Pole Vision du GDR-PRC 'CHM' Clermont-Ferrand -- 20 au 24 mai 1996 pp. 219-224.

(DEMAZEAU, 1994) DEMAZEAU Y, BOISSIER O, KONING J. L., "Using Interaction Protocols to Control Vision Systems", Proceedings of the 1994 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, San Antonio, Texas, October 1994.

(DRAPER, 1989, p.209) DRAPER B. et all "The Schema system", International Journal of Computer Vision n° 2 1989 pp. 209-250.

(MATSUYAMA, 1985, p.908) MATSUYAMA T., HWANG V. "SIGMA: a framework for image understanding", Proceedings of the 9th IJCAI 1985, pp. 908-915.

(SMA, 1997) "Une théorie de la coopération pour l'auto-organisation des systèmes artificiels", IRIT-UPS, Rapport n° 97-58-R, décembre 1997.