

Projet Orion

*Environnements de résolution de problèmes pour des systèmes
autonomes*

Sophia Antipolis

THÈME 3A



*R*apport
*d'**A*ctivité

2000

Table des matières

1	Composition de l'équipe	3
2	Présentation et objectifs généraux	4
3	Fondements scientifiques	5
3.1	Introduction	5
3.2	Pilotage de programmes	5
3.3	Interprétation automatique d'images	9
4	Domaines d'applications	11
4.1	Panorama	11
4.2	Imagerie astronomique	11
4.3	Vidéosurveillance	12
4.4	Reconnaissance de pollens	13
5	Logiciels	14
5.1	Ocapi	14
5.2	PEGASE	14
5.3	VSIS	15
6	Résultats nouveaux	15
6.1	Pilotage de programmes	15
6.1.1	Bases de connaissances de test	16
6.1.2	Évolutions du moteur PEGASE+ et des interfaces	17
6.1.3	Outils d'aide pour l'expert	17
6.1.4	Serveur de partage de bases de connaissances	19
6.1.5	Module de traces à distance de systèmes de pilotage	20
6.2	Interprétation automatique de séquences d'images	21
6.2.1	Modélisation 3D du décor de la scène	22
6.2.2	Classification de régions mobiles pour l'interprétation de séquences vidéo	22
6.2.3	Suivi spatio-temporel d'individus	25
6.2.4	Reconnaissance d'activité	27
6.2.5	Le projet MediaSpace	29
6.2.6	L'action Dyade Telescope	30
6.2.7	Le projet ADVISOR	31
6.3	Reconnaissance de pollens	32
6.3.1	Reconnaissance 3D de pollens	32
6.3.2	Analyse de la forme de grains de pollen à partir de plusieurs plans images	35
6.3.3	Expérimentation de techniques d'apprentissage pour la reconnaissance automatique des grains de pollen	36
6.4	Plateforme logicielle en bioinformatique	39
7	Contrats industriels (nationaux, européens et internationaux)	40

8	Actions régionales, nationales et internationales	41
8.1	Actions régionales	41
8.2	Actions nationales	41
8.3	Actions financées par la Commission Européenne	41
8.3.1	Projet ASTHMA	41
8.3.2	Projet ADVISOR	42
8.4	Relations bilatérales internationales	42
8.4.1	Europe	42
8.4.2	Afrique	42
9	Diffusion de résultats	42
9.1	Animation de la communauté scientifique	42
9.2	Enseignement universitaire	43
9.3	Thèses en cours	43
9.4	Participation à des colloques, séminaires, invitations	43
10	Bibliographie	43

1 Composition de l'équipe

Responsable scientifique

Monique Thonnat [DR Inria]

Responsable permanent

Sabine Moisan [CR Inria]

Assistante de projet

Agnès Cortell [Assistante de projet Inria à temps partiel]

Personnel Inria

Francis Avnaim [CR jusqu'à novembre]

François Brémond [CR à partir de février]

Ingénieur expert

Alain Boucher

Frédéric Cupillard [à partir de juin]

Hélène Priéto [Accueil-Jeune à partir de septembre]

Personnel Bull

Robert Stahr [Ingénieur Bull Dyade]

Chercheurs doctorants

Nicolas Dey [boursier Région, université de Nice-Sophia Antipolis]

Nathanaël Rota [boursier INRIA Dyade, université de Nice-Sophia Antipolis]

Professeurs Invités

Augustin Lux [Professeur, ENSIMAG, I.N.P.G Grenoble sabbatique et délégation]

Jean-Paul Rigault [Professeur, UNSA sabbatique à partir d'août]

Stagiaires

Borice Arcier [IUP Avignon, de mai à septembre]

Alberto Avanzi [Supélec d'avril à décembre]

Binh Bui [IFI Hanoi d'avril à décembre]

Stéphane Duval [IRESTE Nantes de janvier à juin]

Ngoc-Tung Nguyen [DEA IVR Grenoble, de mars à septembre]

Taha ben Salah [ENSI Tunis de mars à juin]

2 Présentation et objectifs généraux

Orion est une équipe pluridisciplinaire, à la frontière des domaines de la vision par ordinateur, des systèmes à base de connaissances et du génie logiciel. Les recherches d'Orion ont deux objectifs : d'une part, l'interprétation automatique d'images et, d'autre part, la réutilisation et le pilotage automatique de programmes.

Axes de recherche

Cet objectif est poursuivi en développant des langages d'expression des connaissances ainsi que des mécanismes d'apprentissage et de traitement de ces connaissances, adaptés à des classes de problèmes spécifiques. Orion se focalise sur l'étude des connaissances qui interviennent dans les deux types de problèmes étudiés : connaissances sur les objets et les scénarios à reconnaître pour l'interprétation automatique d'images, connaissances sur les programmes et leur utilisation pour le pilotage automatique de programmes. Les applications qui intéressent Orion relèvent principalement du domaine de la vision par ordinateur.

Relations internationales et industrielles

- Participation au projet européen Climat Environnement ASTHMA pour la reconnaissance automatique d'images de pollens avec Zambon (Italie), ACRI (France), les universités de Barcelone (Espagne), de Cordoba (Espagne), de Clermont (France), le CHU de Nice (France), le FISBAT (Italie) et le PAMOC (France).
- Participation au projet européen IST ADVISOR pour l'interprétation vidéo de scènes de métro avec Racal Research (UK), Bull (France), The University of Reading (UK), King's College (UK) et Vigitec (Belgique).
- Coopération avec Bull dans le cadre de l'action de développement Dyade Télescope pour le développement d'un système intelligent de vidéosurveillance.
- Coopération avec le projet Helix (Grenoble) dans le cadre de l'action de développement Genostar.
- Coopération, dans le cadre des actions coopératives Inria Mediaspace, avec les équipes Prima (Gravir/INPG Grenoble) et IIHM (Clips/Imag Grenoble).

- Coopération avec l’Inra/Urih (Sophia Antipolis) dans le cadre d’Horticol, Colors Inria.
- Coopération avec l’Action Tick (Inria Sophia), les projets Sports et Rainbow d’IS (Sophia Antipolis) dans le cadre de Dicosbac, Colors Inria.
- Coopération avec l’ENSI, Unité de recherche GRIFT/ASI de Tunis (Tunisie) dans le cadre des coopération franco-tunisiennes Inria/Institut Français de Coopérations.
- Coopération avec l’université de Maryland (USA).

3 Fondements scientifiques

3.1 Introduction

Afin de faciliter la construction de systèmes à base de connaissances (SBC), nous développons des moteurs indépendants d’une expertise particulière, mais cependant *dédiés* à une classe de problèmes. Les classes de problèmes étudiées sont le pilotage automatique de programmes et l’interprétation d’images. Le développement d’outils dédiés fournit des systèmes bien adaptés à l’expression des connaissances et largement utilisables dans différents domaines d’applications.

Pour construire de tels moteurs, il est nécessaire de se baser sur une modélisation des connaissances et des méthodes de résolution de problèmes qui interviennent dans les classes de problèmes étudiées.

3.2 Pilotage de programmes

Mots clés : pilotage de programmes, planification, réutilisation de programmes, génie logiciel.

Participants : Sabine Moisan, Jean-Paul Rigault, Monique Thonnat.

Glossaire :

Le pilotage de programmes a pour but d’automatiser l’utilisation de logiciels complexes (bibliothèques de traitement d’images par exemple), grâce à des systèmes capables de planifier des traitements et d’en contrôler l’exécution.

Résumé : *Le pilotage de programmes est un domaine de recherches pour lequel les techniques des systèmes à base de connaissances sont bien adaptées. En effet, ces techniques répondent bien au double objectif du pilotage qui est, premièrement, d’automatiser l’utilisation de logiciels complexes et, deuxièmement, de capitaliser la connaissance sur l’utilisation de programmes dans les entreprises. Nous étudions le problème de la modélisation des connaissances spécifiques au pilotage de programmes. Cette modélisation sert à définir, d’une part, des langages de description et des méthodes de vérification de bases de connaissances, et, d’autre part, des moteurs dédiés au pilotage de programmes. Enfin, nous réalisons des prototypes de moteurs développés grâce à une plate-forme logicielle dont le but est de servir de support au développement de différents systèmes de pilotage.*

Le *pilotage de programmes* a pour but d'automatiser l'utilisation de logiciels complexes (bibliothèques de traitement d'images par exemple), grâce à des systèmes capables de planifier des traitements et d'en contrôler l'exécution. Un nombre croissant de travaux en pilotage de programmes sont issus de domaines techniques et applicatifs. Ces activités de recherche sont souvent motivées par un domaine d'application particulier (tel que le traitement d'images, le traitement du signal ou le calcul scientifique).

Nous proposons une approche basée sur les techniques des systèmes à base de connaissances (SBC).

Un système à base de connaissances pour le pilotage de programmes est généralement constitué :

- d'une bibliothèque de programmes exécutables adaptés à un domaine d'application (par exemple : traitement d'images médicales),
- d'une base de connaissances recueillant le savoir-faire d'utilisation des programmes de la bibliothèque (choix, ordonnancement, paramétrage, exécution, évaluation des résultats, etc.),
- d'un moteur de pilotage qui choisit, ordonne et exécute les programmes de la bibliothèque en fonction de l'objectif et des données de l'utilisateur et des connaissances contenues dans la base de connaissances,
- d'une interface permettant à un utilisateur d'exprimer un objectif à atteindre sur des données particulières, de suivre l'exécution des traitements et de visualiser leurs résultats.

Modélisation du pilotage

Des techniques de modélisation des connaissances sont nécessaires afin de mieux comprendre la problématique du pilotage de programmes. La modélisation permet de décrire les connaissances impliquées dans le processus de prise de décision de l'expert de manière structurée et indépendante de l'implantation. Nous étudions dans quelle mesure les compétences sur le pilotage de programmes peuvent être représentées explicitement. Une description des connaissances de pilotage de programmes permet le transfert des compétences de l'expert qui a développé la bibliothèque vers des utilisateurs novices. Nous avons modélisé les concepts et les mécanismes du pilotage de programmes tout d'abord pour OCAPI ^[CT93], puis pour les moteurs récemment développés. Pour cela nous avons utilisé le modèle d'expertise de KADS. Ce travail de modélisation a été amélioré en se basant sur des techniques de réutilisation de composants logiciels (génie logiciel), des techniques de planification (intelligence artificielle), des systèmes existants de pilotage de programmes et sur notre expérience pratique sur des applications comme la détection d'obstacles dans des scènes routières, l'imagerie médicale et la classification de galaxies.

Vérification de bases de connaissances

Le problème de la vérification de systèmes à base de connaissances de pilotage de programmes est important pour assurer leur robustesse. Cette exigence de robustesse est encore

[CT93] V. CLÉMENT, M. THONNAT, «A Knowledge-Based Approach to Integration of Image Procedures Processing», *CVGIP: Image Understanding* 57, 2, mars 1993, p. 166–184.

plus cruciale pour des systèmes autonomes. Nous avons choisi de nous appuyer non seulement sur les propriétés des modes de représentation des connaissances utilisés dans les SBC (schémas et règles), mais aussi sur le modèle sur lequel ces systèmes sont basés. Nous étudions des systèmes à base de connaissances construits grâce à des environnements de développement dédiés au pilotage et intégrant donc une modélisation fine de cette classe de problèmes. Cette approche nous offre un cadre approprié pour définir des méthodes de vérification qui prennent en compte les différents types de connaissance impliqués. Notre but est de fournir aux experts une aide pendant la construction d'une base de connaissances, en intégrant la vérification dans la méthodologie de développement du système à base de connaissances. L'application de méthodes de vérification classiques, fortement basées sur la syntaxe des modes de représentation des connaissances, doit être précédée d'une étude détaillée du rôle que les différents types de connaissances jouent dans les systèmes de pilotage. Ainsi, l'utilisation et la représentation des connaissances sont prises en compte de façon complémentaire pour la vérification. Ceci implique des vérifications syntaxiques, structurelles, aussi bien que sémantiques (sur le rôle des objets, par exemple). Étant donné une base de connaissances et le modèle du moteur de pilotage qui va l'utiliser, notre but n'est pas seulement de vérifier la consistance et la complétude de la base, mais aussi de vérifier l'adéquation de la connaissance par rapport à la façon dont le moteur va l'utiliser.

Plate-forme logicielle de développement La construction d'outils dédiés à une classe de problèmes particulière (comme le pilotage de programmes) offre deux avantages : d'une part, focaliser les modèles de connaissances fournis par les outils sur les besoins de la classe de problèmes et, d'autre part, fournir des formalismes unifiés et communs aux bases de connaissances d'une même classe de problèmes. Nous souhaitons aller plus loin et faciliter aussi l'écriture des moteurs eux-mêmes, afin de pouvoir décrire une stratégie de pilotage à un niveau abstrait et de pouvoir facilement changer de stratégie selon les besoins. C'est dans ce but qu'a été développée la plate-forme logicielle LAMA [Moi98], afin de servir de support au développement rapide de systèmes à base de connaissances, en pilotage actuellement. La plate-forme fournit un environnement unifié pour construire non seulement des bases de connaissances expertes, mais aussi des variantes de moteurs et des outils annexes. Elle regroupe des outils communs que différents moteurs peuvent partager et que le concepteur peut adapter à la tâche de l'expert. Ces outils sont complémentaires mais indépendants, de façon à pouvoir modifier, voire ajouter ou retirer un outil sans modifier le reste. Grâce à ces outils il est possible de concevoir facilement différents moteurs. Une même base de connaissances peut être utilisée par différents moteurs, moyennant quelques modifications bien identifiées en fonction du moteur tout en gardant le même environnement de développement. La plate-forme va être étendue pour la construction de systèmes d'interprétation automatique.

La plate-forme (voir figure 1) comprend principalement une bibliothèque de composants réutilisables et extensibles (un *framework*) pour construire des moteurs (de pilotage de programmes en particulier), un langage de description de base de connaissances (YAKL), des outils de vérification de base de connaissances et une bibliothèque pour la construction d'interfaces graphiques.

[Moi98] S. MOISAN, *Une plate-forme pour une programmation par composants de systèmes à base de connaissances*, Habilitation à diriger les recherches, université de Nice, avril 1998.

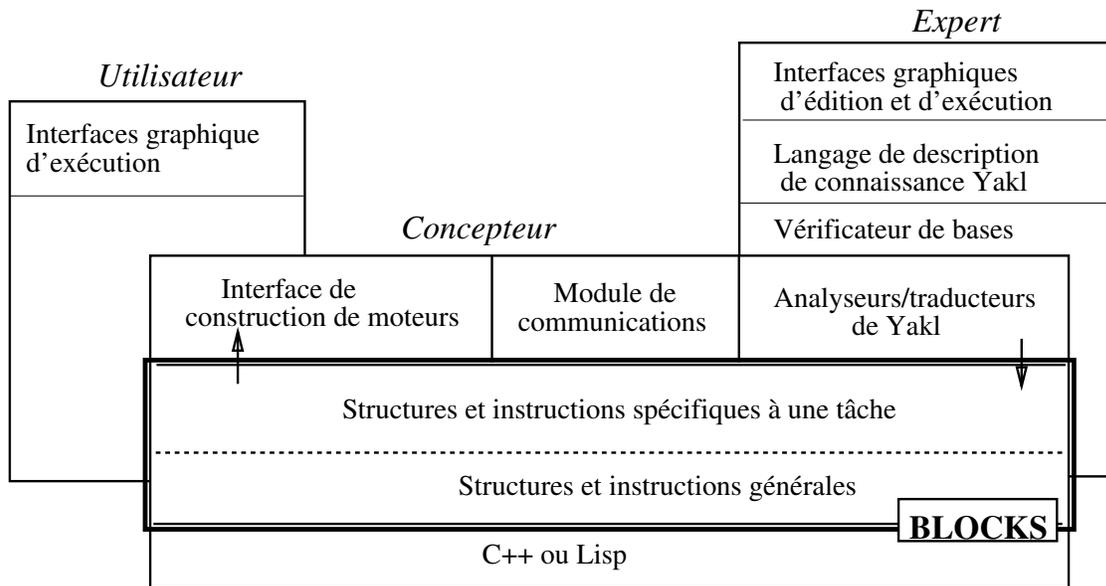


FIG. 1 – L'architecture de LAMA et les outils offerts pour construire des moteurs, décrire des bases de connaissances, les vérifier et les visualiser

Bibliothèque de composants. La bibliothèque BLOCKS (Basic Library Of Components for Knowledge-based Systems) est un «framework» (ou «architecture préfabriquée») offrant des composants réutilisables et adaptables pour les concepteurs de générateurs de SBC. BLOCKS comprend, d'une part, des structures représentant les concepts intervenant dans les SBC en général – et dans la tâche de pilotage de programmes en particulier –, et, d'autre part, des instructions nécessaires à la description des stratégies de raisonnement. Ceci facilite la construction de moteurs ou de variantes de moteurs en permettant de décrire leurs stratégies de raisonnement à un niveau abstrait, plus simplement et plus rapidement qu'avec un langage de programmation. BLOCKS fournit ainsi au concepteur des primitives de description des comportements d'un moteur de système à base de connaissances à un haut niveau d'abstraction et permet de représenter de façon uniforme des concepts abstraits, dont le concepteur pourra définir des variantes concrètes, le plus indépendamment possible d'un langage de programmation. Ces composants fournissent une représentation qui, tout en étant opérationnelle, se situe à un niveau d'abstraction proche du niveau du dialogue entre le concepteur et l'expert. Pour le concepteur, la conformité entre l'implantation et le modèle conceptuel est ainsi facilitée. De plus, les modifications des moteurs sont simplifiées en cas d'évolution des spécifications, des besoins ou des contraintes. Cette approche permet aussi une vision unifiée de différents moteurs et fournit une base commode de comparaison entre stratégies de raisonnement.

Langage de description de bases de connaissances. YAKL (Yet Another Knowledge base Language) permet de décrire le contenu d'une base de connaissances, sans préjuger du langage d'implémentation cible (Lisp ou C++). Ce langage sert à la fois de format de stockage commun à tous les moteurs de la plate-forme et de langage d'écriture ou de consultation de bases de

connaissances. YAKL offre une syntaxe proche de la façon dont s'exprime l'expert pour décrire par exemple, les opérateurs, les buts, les règles de production qui constituent une base de connaissances en pilotage. Des *outils de vérifications* lui sont connectés et le code en langage d'implémentation cible est généré automatiquement.

Bibliothèque de développement d'interfaces graphiques. Faciliter la construction de SBC en pilotage signifie faciliter la construction non seulement des moteurs mais aussi de tous les autres éléments intervenant dans la réalisation d'un SBC. Beaucoup de *frameworks* ont été proposés pour la réalisation d'interfaces graphiques, car cette approche facilite la réutilisation. Dans notre cas, les interfaces de construction et d'édition de bases de connaissances sont des éléments importants d'un SBC, qui doivent pouvoir s'adapter en fonction du moteur utilisé. C'est pourquoi, dans la même idée que BLOCKS pour les moteurs, la plate-forme propose aussi une bibliothèque pour le développement d'interfaces qui permet de les adapter à la stratégie de raisonnement adoptée par le moteur.

3.3 Interprétation automatique d'images

Participants : Francois Brémond, Monique Thonnat.

Mots clés : interprétation d'images, reconnaissance de forme, reconnaissance de scénario, séquence d'images.

Glossaire :

L'interprétation automatique d'images consiste à attribuer une sémantique aux données en fonction de modèles prédéfinis. Cela correspond à un sous-problème de la perception, celui de l'interprétation automatique des résultats des traitements d'images.

Résumé : *L'interprétation automatique d'images est une problématique très difficile qui est la base de nombreux travaux en vision et aussi en intelligence artificielle. La difficulté dépend de la nature des entités à reconnaître et du type d'interprétation recherchée. Dans le projet Orion, nous nous intéressons à des images qui sont des entités numériques complexes spatiales et/ou temporelles (2D à 4D). Les résultats de l'interprétation peuvent être la reconnaissance d'objets physiques, d'événements, de situations ou de scénarios.*

L'interprétation automatique d'images est une problématique très difficile qui est la base de nombreux travaux en vision et aussi en intelligence artificielle. La difficulté dépend en premier lieu de la nature des entités à reconnaître. Il est plus simple de reconnaître des objets statiques et rigides en environnement manufacturé, que des comportements dynamiques de plusieurs objets non-rigides en environnement naturel. La difficulté dépend également du type d'interprétation recherchée. Le problème peut être soit, simplement, d'étiqueter une entité bien déterminée que l'on peut mettre directement en correspondance avec des modèles, soit de détecter les entités, de les étiqueter et de vérifier leur cohérence (spatiale, temporelle, structurelle, etc).

Dans le projet Orion, nous nous intéressons à l'interprétation automatique de données spatiales et/ou temporelles (2D à 4D). Les résultats de l'interprétation peuvent être la reconnaissance d'objets physiques, d'événements, de situations ou de scénarios. Le problème

d'interprétation se décompose en une étape de traitement d'images qui permet la détection des entités d'intérêt et une étape d'analyse de ces entités dépendante du but du système développé, qui peut être la classification d'objet ou l'analyse de comportement. La résolution d'un tel problème se révèle complexe en raison de la double nature des connaissances requises : en effet, l'extraction, à partir d'images d'entrée, des paramètres et des primitives essentiels à l'interprétation nécessite des appels à des programmes de traitement d'images ; de plus, l'interprétation proprement dite ne peut s'accomplir qu'avec la connaissance du domaine que possède un expert sur les entités à reconnaître ou à analyser. L'automatisation des appels aux programmes de traitement d'images est un problème de pilotage de programmes ; il est donc traité dans l'axe de recherche correspondant (cf. module 3.2). Les deux points présentés ici concernent les modèles proposés pour l'interprétation : d'une part, pour l'interprétation de séquences d'images allant jusqu'à la reconnaissance de scénarios, et, d'autre part, pour la reconnaissance d'objets complexes.

Interprétation de séquences d'images : l'interprétation de séquences d'images a pour objectif, pour ce qui nous concerne, de donner un sens à une scène décrivant des activités humaines, à partir d'images fournies par une caméra couleur, monoculaire et fixe. Cette interprétation de scène repose, en général, sur la coopération d'un module de traitement d'images, d'un module de suivi des objets mobiles et d'un module de reconnaissance du comportement des objets mobiles qui s'appuient sur une base de contexte (cf. figure 2). Il s'agit, pour le module de traitement d'images, de détecter les régions mobiles sur la séquence d'images. Le module de suivi associe les régions détectées afin de former et de suivre les objets mobiles. La tâche du module de reconnaissance des comportements consiste, grâce à des techniques d'intelligence artificielle, à identifier les objets suivis et à reconnaître leur comportement comme constitutif d'un ou plusieurs scénarios prédéfinis.

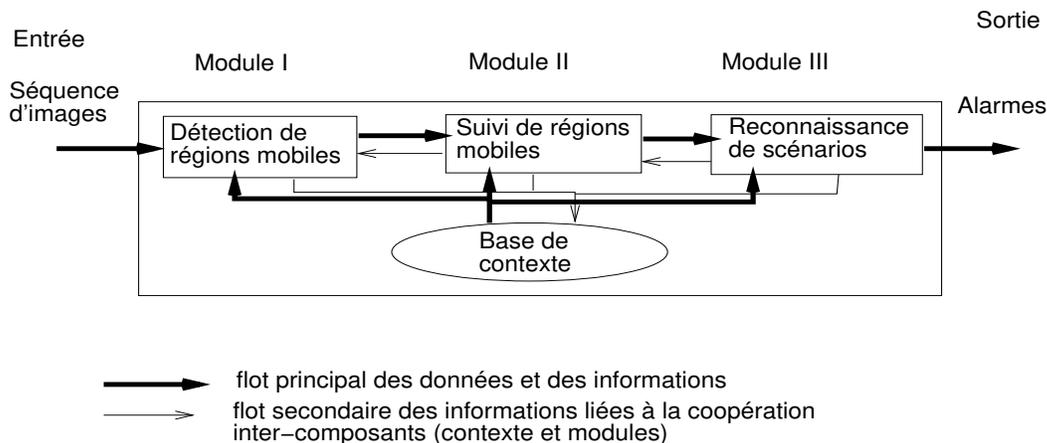


FIG. 2 – Architecture d'un système d'interprétation de séquences d'images.

Reconnaissance d'objets complexes : la reconnaissance d'objets complexes a pour objectif, à partir de modèles sémantiques abstraits, la reconnaissance d'un objet non géométrique. Dans une première phase, les traitements d'images sont effectués sur l'image à interpréter ; ils

permettent de détecter, d'isoler et de décrire l'objet grâce à des mesures numériques. À partir de ces mesures numériques, le système d'interprétation va ensuite classer l'objet à reconnaître parmi des hiérarchies de classes prédéfinies et structurées qui représentent les modèles sémantiques ; trois étapes récursives essentielles sont impliquées dans cette phase de classement : abstraction des données, mise en correspondance avec une classe prédéfinie, raffinement de la reconnaissance. Pendant la phase de classement, de nouvelles informations peuvent devoir être recherchées à partir de l'image. Notons que la réalisation de tels systèmes opérationnels requiert une somme considérable de travail pour le développement des bases de connaissances et des algorithmes de traitement d'images.

4 Domaines d'applications

4.1 Panorama

Mots clés : astronomie, vidéosurveillance, transport, environnement, santé, pollen, multimedia, bioinformatique.

Résumé :

Les applications abordées dans le projet ont un rôle essentiel pour mener à bien les travaux dans nos axes de recherches et pour valider nos modèles. Les grands domaines principalement représentés sont les suivants : l'astronomie, la santé et l'environnement, la vidéosurveillance et les transports. Les réalisations effectuées à l'aide de nos outils et méthodologies peuvent avoir deux finalités différentes : l'une, à caractère scientifique, est de permettre un apport dans d'autres disciplines, par exemple en astronomie pour la classification automatique de galaxies ; l'autre, à caractère industriel, est de permettre le développement de systèmes opérationnels comme la vidéosurveillance de stations de métro. Si l'imagerie est le domaine d'intérêt privilégié du projet, des travaux applicatifs en calcul numérique, tel que le pilotage de codes de simulation numérique, ont également lieu. Enfin nous commençons à aborder le nouveau domaine de la bioinformatique dans le cadre du développement d'une plateforme logicielle pour les biopuces.

4.2 Imagerie astronomique

Résumé : *L'automatisation complète de la description et du classement de galaxies selon leur type morphologique à partir d'images est une application historique du projet [Tho89,TB89]. Cette application pour laquelle nous disposons en interne de l'expertise aussi bien sur les traitements d'images de galaxies que sur les modèles théoriques de classification morphologique nous sert de support d'expérimentation*

[Tho89] M. THONNAT, *The World of Galaxies*, édition Corwin, H. Jr. and Bottinelli, L., Springer Verlag, 1989, ch. Toward an automatic classification of galaxies, p. 53-74.

[TB89] M. THONNAT, A. BIJAOU, « Knowledge-based galaxy classification systems », *in: Knowledge-based systems in astronomy*, A. Heck et F. Murtagh (éditeurs), *Lecture Notes in Physics*, 329, Springer Verlag, 1989.

pour valider nos modèles et nos logiciels en interprétation pour la reconnaissance d'objets complexes et en pilotage de programmes [TCO95,VTO97].

4.3 Vidéosurveillance

Dans le domaine de la surveillance de locaux, le sentiment croissant d'insécurité parmi la population a conduit les sociétés privées et, dans une certaine mesure, les autorités publiques, à intégrer des systèmes de sécurité pour protéger leurs équipements ou leurs intérêts commerciaux. Pour la sécurité des lieux publics, les techniques de surveillance par caméras sont de plus en plus utilisées, mais la multiplication du nombre de caméras entraîne une saturation des moyens de transmission et des moyens d'analyse par les contrôleurs (il est difficile de surveiller simultanément des centaines d'écrans). Par exemple, il y a actuellement plus de 1000 caméras pour surveiller le réseau du métro de Bruxelles. Dans le cadre de nos travaux en interprétation automatique d'images vidéo, nous étudions depuis 1994 le problème du développement d'un système automatisé d'assistance aux opérateurs de vidéosurveillance.

L'objectif d'un tel système est de fonctionner comme un filtre ayant pour fonction de trier les scènes susceptibles d'être intéressantes pour l'opérateur humain. Construit sur la coopération d'un module de traitement d'images et d'un module d'interprétation basé sur des techniques d'intelligence artificielle, ce système doit reconnaître automatiquement différents scénarios présentant un intérêt quelconque, afin de les présenter aux opérateurs. Ces travaux ont été effectués avec les partenaires académiques et industriels des projets européens Esprit Passwords, AVS-PV et AVS-RTPW. Une première gamme d'applications très simples pour la surveillance de nuit de l'intérieur d'un supermarché (AUCHAN) a montré la faisabilité de cette approche. Une deuxième gamme d'applications de type «surveillance de parking» où l'angle de vue assez large permet de voir de nombreux objets de nature distincte (voitures, piétons, chariots, etc.) dans un environnement changeant (éclairage, voitures en stationnement, arbres agités par le vent, etc.) a été étudiée. Cette gamme d'applications a permis d'expérimenter diverses méthodes de récupération du suivi, d'analyse de trajectoire, de reconnaissance de cas typiques (occultation, formation et séparation de groupes, etc.). Nous avons fait porter nos efforts depuis 1997 sur l'étude des techniques de vidéosurveillance dans le domaine du transport nécessitant l'analyse et la reconnaissance de groupes de personnes à partir de vue latérales basses prises dans des stations de métro (métros de Nuremberg, Bruxelles et Charleroi). Plus récemment, en coopération avec Bull dans le cadre de l'action Dyade Telescope, nous travaillons sur la conception d'un système intelligent de vidéosurveillance indépendamment d'une application particulière, où les principales contraintes sont l'utilisation de caméras fixes et la possibilité de décrire les situations à reconnaître liées à l'application dans des modèles de scénarios indépendants du système de reconnaissance. Enfin, nous expérimentons dans le cadre d'une collaboration nationale l'application de nos techniques d'interprétation de séquences vidéo au problème de la communication médiatisée. Pour cela l'interprétation de scènes est un

[TCO95] M. THONNAT, V. CLÉMENT, J. OSSOLA, « Automatic Galaxy classification », *Astrophysical Letters and Communication* 31, 1-6, 1995, p. 65-72.

[VTO97] R. VINCENT, M. THONNAT, J. OSSOLA, « Program Supervision for Automatic Galaxy Classification », in: *Proc. of the International Conference on Imaging Science, Systems, and Technology CISST'97*, juin 1997.

moyen de décider quelle information doit être transmise par une interface multimedia.

4.4 Reconnaissance de pollens

Résumé : *Dans le domaine de l'environnement et de la santé, le projet Orion s'intéresse à l'automatisation de la détection et de la reconnaissance de pollens anémophiles, ce qui permettra de traiter des données beaucoup plus nombreuses et dans des délais plus courts que ce qui est réalisé actuellement manuellement par les analystes en palynologie. Pour cela, nous mettons en œuvre des méthodes de reconnaissance d'objets complexes faisant appel au traitement d'images, à la reconnaissance de formes et aux systèmes à base de connaissances.*

Nos travaux prennent place dans un projet de santé publique avec des objectifs épidémiologiques et médicaux. Les objectifs épidémiologiques sont ici de mettre en évidence le rôle et l'importance des différents facteurs et cofacteurs de pollution de l'air dans l'augmentation de la prévalence des maladies allergiques ainsi que d'intégrer un réseau de surveillance des pollens anémophiles dans les réseaux existants de surveillance de la qualité de l'air.

Du point de vue médical, il s'agit de réduire la fréquence et l'intensité des manifestations cliniques de l'allergie aux pollens, et d'assurer des actions de prédiction, d'information et de prévention médicale. Afin d'atteindre ces objectifs, les mesures de détection et de reconnaissance des différents types de pollens doivent être effectuées, d'une part, sur un réseau plus dense (il y a seulement 38 points de prélèvements en France) et, d'autre part, de manière beaucoup plus rapide (les résultats de mesures sont diffusés entre 8 et 15 jours après les prélèvements). Pour ces deux raisons, l'automatisation de la détection et de la reconnaissance des grains de pollens est souhaitée.

De tels travaux n'ont commencé que très récemment dans la communauté scientifique ; ils sont basés sur l'utilisation d'images numériques, acquises à partir de lames, qui sont ensuite traitées par ordinateur. Deux directions principales sont étudiées : le comptage de tous les grains de pollen présents sur une lame dans le but d'avoir un compte global de la quantité de pollens, et la reconnaissance individuelle de chaque grain pour avoir une quantité précise pour chaque type de pollen. En ce qui concerne l'estimation globale de la quantité de pollen, son automatisation a commencé à être étudiée en utilisant des techniques de traitement d'images, à partir de 1995, que ce soit au Japon ^[KTAN95] ou en France^[TBA⁺97]. Toutefois, l'intérêt d'un système d'analyse automatique de pollens réside dans sa capacité à reconnaître le type de chaque grain de pollen ; c'est à ce problème qu'Orion s'est intéressé dès la fin de l'année 1996 ^[Maz97].

[KTAN95] S. KAWASHIMA, Y. TAKAHASHI, S. AIKAWA, T. NAGOYA, «An attempt of applying the image processing for the automatic estimation of sampled airborne pollen», *Japanese Journal of Allergology* 44, 9, 1995, p. 1150-1158.

[TBA⁺97] R. TOMCZAK, P. BONTON, C. AUROYER, D. CAILLAUD, C. ROUQUET, «Traitement d'images et reconnaissance des formes appliquées à la mesure des taux de pollens dans l'air», *in: Journées Automatique, Agriculture et Agro-alimentaire*, Clermont-Ferrand, France, 1997.

[Maz97] M. MAZIÈRE, «Étude de faisabilité pour la reconnaissance automatique de grains de pollen», 1997, Rapport de DEA, université de Nice-Sophia Antipolis.

À cause de la complexité des différentes formes de pollens, nous étudions une approche prenant en compte la connaissance des palynologues ; pour cela, nous nous appuyons sur la coopération entre deux types d'outils : d'une part, des algorithmes de traitement d'images et de reconnaissance de formes et, d'autre part, des outils d'intelligence artificielle sous forme de systèmes à base de connaissances. Les algorithmes de traitement d'images et de reconnaissance de formes doivent permettre d'isoler les grains de pollens, et de réaliser les mesures numériques sur les grains susceptibles d'être des pollens. Les systèmes à base de connaissances doivent permettre de reconnaître les différents types de pollens en s'appuyant sur une modélisation taxonomique des espèces, et éventuellement, à terme de piloter les algorithmes pour optimiser les traitements. Notons que nous avons déjà utilisé cette approche dans d'autres domaines d'applications pour la reconnaissance d'objets naturels complexes tels que les galaxies, les zooplanctons [TG92,Oss96] ou les foraminifères [LSMTB96,LTB94].

Après avoir mené en 1997 en collaboration avec les palynologues du CEMBREU et le service de pneumologie du CHU de Nice, une étude de faisabilité sur ce sujet montrant la nécessité de travailler en 3D, nous avons monté en 1998 le projet européen ASTHMA dont le but est de prévoir et de fournir des informations sur la qualité de l'air pour les personnes sensibles aux aéroallergènes (pollens et autres poussières présents dans l'air). Dans ce cadre, le projet Orion s'intègre dans l'étude d'un système de reconnaissance semi-automatique de pollens et est responsable de la reconnaissance 3D de grains de pollen (cf. module 8.3)

5 Logiciels

5.1 Ocapi

Résumé : *Jusqu'en 1996 le projet Orion a continué à développer et à diffuser le moteur de pilotage de programmes OCAPI version 2.0. Les utilisateurs appartiennent au domaine industriel (NOESIS, Geoimage, CEA/CESTA) ou académique (Observatoire de Nice, Observatoire de Paris à Meudon, Université de Maryland).*

5.2 PEGASE

Résumé : *Depuis septembre 1996, le projet Orion diffuse un nouveau moteur de pilotage de programmes PEGASE, basé sur la plate-forme LAMA. PEGASE, ver-*

-
- [TG92] M. THONNAT, M. GANDELIN, «Un système expert pour la description et le classement automatique de zooplanctons à partir d'images monoculaires», *Traitement du signal, spécial I.A 9*, 5, novembre 1992, p. 373–387.
- [Oss96] J. OSSOLA, *Coopération de systèmes à base de connaissances pour l'analyse et la reconnaissance d'objets naturels complexes : application au classement de galaxies ou de zooplanctons*, thèse de doctorat, université de Nice-Sophia Antipolis, mai 1996.
- [LSMTB96] S. LIU, P. SAINT-MARC, M. THONNAT, M. BERTHOD, «Feasibility study of automatic identification of planktonic foraminifera by computer vision», *Journal of foraminiferal research* 26, 2, avril 1996, p. 113–123.
- [LTB94] S. LIU, M. THONNAT, M. BERTHOD, «Automatic Classification of Planktonic Foraminifera by a Knowledge-based System», *in: The Tenth Conference on Artificial Intelligence for Applications*, IEEE Computer Society Press, p. 358–364, San Antonio, Texas, mars 1994.

sion Lisp, a été utilisé à l'université de Maryland et chez Genset. La version C++ de ce moteur est maintenant disponible.

5.3 VSIS

Résumé : Dans le cadre de l'action DYADE Telescope, nous avons développé en C le logiciel VSIS (VisualSurveillance Intelligent Software). Ce logiciel comprend des modules de traitement d'images pour la détection et le suivi de personnes ainsi que des modules d'interprétation du comportement des personnes détectées et suivies. Les entrées du logiciel sont essentiellement une séquence d'images vidéo, une description de la scène vide observée par la caméra et un ensemble de modèles de comportements à reconnaître. En sortie, si un comportement intéressant correspondant à un des modèles prédéfinis est reconnu, le logiciel transmet un message d'alarme typé. VSIS permet l'analyse et l'interprétation de séquences d'images prises par une caméra monoculaire fixe.

6 Résultats nouveaux

6.1 Pilotage de programmes

Participants : Francis Avnaim, Sabine Moisan, Jean-Paul Rigault, Monique Thonnat.

Résumé :

Nous nous intéressons aux problèmes de réutilisation logicielle, de support et de fiabilité dans la conception des systèmes à base de connaissances en pilotage, afin de faciliter la conception de systèmes adaptables aux besoins des applications. À partir d'une analyse du domaine, la solution proposée consiste à définir une plate-forme logicielle servant de support aux développements. La plate-forme comporte principalement un « framework » offrant des composants logiciels réutilisables et adaptables pour construire des moteurs, ainsi que des outils d'aide à la conception de bases de connaissances. L'objectif de cette approche est, outre un gain en temps, d'améliorer la lisibilité et la fiabilité des systèmes construits et de faciliter leur distribution.

Cette année, nous avons terminé le développement de la version 1 de la plate-forme LAMA en C++. Ceci a permis de finaliser le moteur PEGASE+ et une interface graphique associée. Nous avons expérimenté ces outils sur diverses bases de connaissances. Nous avons aussi ajouté des outils d'aide à l'expert dans la plate-forme pour l'évaluation et l'apprentissage automatique pendant la phase de réparation. De plus, nos recherches se sont focalisées sur les aspects concernant la distribution des systèmes à base de connaissances en pilotage. Nous avons commencé à étudier les différentes modalités de distribution de systèmes de pilotage dont les différents constituants peuvent être localisés sur différents sites.

Notre objectif est d'étudier comment adapter les systèmes à base de connaissances en pilotage aux besoins des domaines d'application, d'une part, du point de vue de leurs capacités

de représentation des connaissances utiles et d'autre part, du point de vue de l'adéquation de leurs stratégies de raisonnement. Pour cela, la plate-forme logicielle LAMA offre des outils supportant la conception de moteurs et l'aide à la construction de bases de connaissances.

Cette année, les évolutions dans la plate-forme ont porté tout d'abord sur les «frameworks» de composants réutilisables pour les moteurs (BLOCKS) et pour les interfaces graphiques. Notre approche, qui s'apparente à celle des «component frameworks» en génie logiciel, permet le développement de plusieurs moteurs ou interfaces à partir de composants de base.

La plate-forme s'est aussi enrichie d'outils supplémentaires. D'une part des outils d'aide à l'expert ont été ajoutés pour faciliter l'expression des connaissances dans la phase d'évaluation et pour permettre l'apprentissage automatique de règles pendant la phase de réparation. D'autre part, nous avons commencé à étudier des techniques permettant la distribution des systèmes de pilotage. En effet, les applications en grandeur réelle impliquent de plus en plus de participants (inter ou intra-entreprises) sur divers sites. Les avancées de la technologie des réseaux, alliées aux techniques de pilotage permettent d'envisager l'accès collaboratif à des programmes distants et le partage de programmes entre équipes. Le pilotage permet ces partages et ces échanges à distance sans nécessiter la diffusion du source des codes.

Afin de valider et d'expérimenter les outils, il est nécessaire de disposer de différentes bases de connaissances dans des domaines variés, représentant des besoins et des types d'utilisations différents, c'est pourquoi nous avons aussi travaillé sur diverses bases de connaissances.

6.1.1 Bases de connaissances de test

Participants : Sabine Moisan, Monique Thonnat.

Nous avons tout d'abord traduit une base en pilotage de traitements d'images astronomiques (base PROGAL) dans la dernière syntaxe YAKL et nous avons enrichi ses règles de réparation en particulier. Cette base très riche et pour laquelle nous avons la maîtrise des algorithmes nous sert de référence. Elle constitue un bon test pour les mécanismes de réparation et les interfaces.

Dans le cadre d'une collaboration STIC avec la Tunisie, une base de connaissances sur les programmes de traitements d'images de nos partenaires de l'ENSI de Tunis a été réalisée. Les opérateurs décrits concernent essentiellement des techniques pour l'indexation d'images et la reconstruction 3D, à partir soit d'enveloppes de points (convexes ou non) soit de coupes parallèles. Cet exemple est intéressant de par les différents types de données pris en compte et les différents algorithmes applicables. De plus, cette base nous sert de test pour le serveur de partage de bases de connaissances.

Enfin, en collaboration avec le projet SAGA, une première expérience a été réalisée dans le cadre d'un stage pour modéliser dans une base de connaissances des programmes et des objets mathématiques (comme, dans ce cas, des systèmes d'équations).

Toutes les bases de connaissances de test sont développées en utilisant les facilités fournies par LAMA, en particulier le langage YAKL et son traducteur vers les structures du *framework* BLOCKS.

6.1.2 Évolutions du moteur PEGASE+ et des interfaces

Participants : Francis Avnaim, Sabine Moisan, Jean-Paul Rigault.

La partie pilotage du framework BLOCKS en C++ a été complétée suite aux tests sur les diverses bases de connaissances. Ceci a conduit en particulier à améliorer les mécanismes de réparation et de passage de flots de données entre programmes. Ces tests ont aussi entraîné des évolutions du langage d'expression des connaissances YAKL et de l'analyseur de ce langage. Ces expériences ont ainsi permis de valider la version 1 du moteur PEGASE+ en C++.

Côté interfaces, nous avons aussi consolidé et validé sur les bases de test la bibliothèque de composants pour la création d'interfaces graphiques en Java. Une interface complète de développement et d'exécution de bases de connaissances pour le moteur PEGASE+ a été réalisée grâce à la bibliothèque. Cette interface, nommée GIPSE permet :

- de visualiser une base de connaissances sous la forme d'un graphe d'opérateurs de pilotage, comme montré figure 3,
- d'obtenir toutes les informations utiles sur les opérateurs (entrées, sorties, paramètres, règles, flot de données, etc.),
- de visualiser les types du domaine d'une base de connaissances,
- de modifier une base de connaissances (opérateurs, liens, types),
- de créer une nouvelle base de connaissances à l'aide d'outils graphiques,
- d'exécuter une requête sur une base de connaissances. La liaison avec le moteur se fait via des pipes nommés Unix. L'utilisateur visualise dynamiquement lors de l'exécution :
 - la sélection des opérateurs sur le graphe,
 - le plan généré,
 - l'arbre d'exécution,
 - les traces d'exécution.

6.1.3 Outils d'aide pour l'expert

Participants : Sabine Moisan, Stéphane Duval.

Dans le cadre du stage de Stéphane Duval, un module existant de description symbolique et d'évaluation de jeux de courbes en C++ a été mis à jour pour être intégré dans la plate-forme. Ce module est intéressant pour piloter des programmes qui produisent des résultats sous forme de courbe ou de jeux de courbes. L'évaluation automatique (ne nécessitant pas l'intervention d'un utilisateur) est plus simple sur les courbes que sur des images par exemple, mais elle reste cependant difficile pour un utilisateur final. Grâce à ce module, l'expertise d'évaluation de ces résultats peut être modélisée dans la base de connaissances, par des règles d'évaluation fournies par l'expert. Ces règles utilisent des termes de description symbolique des courbes afin de juger de la qualité des résultats obtenus.

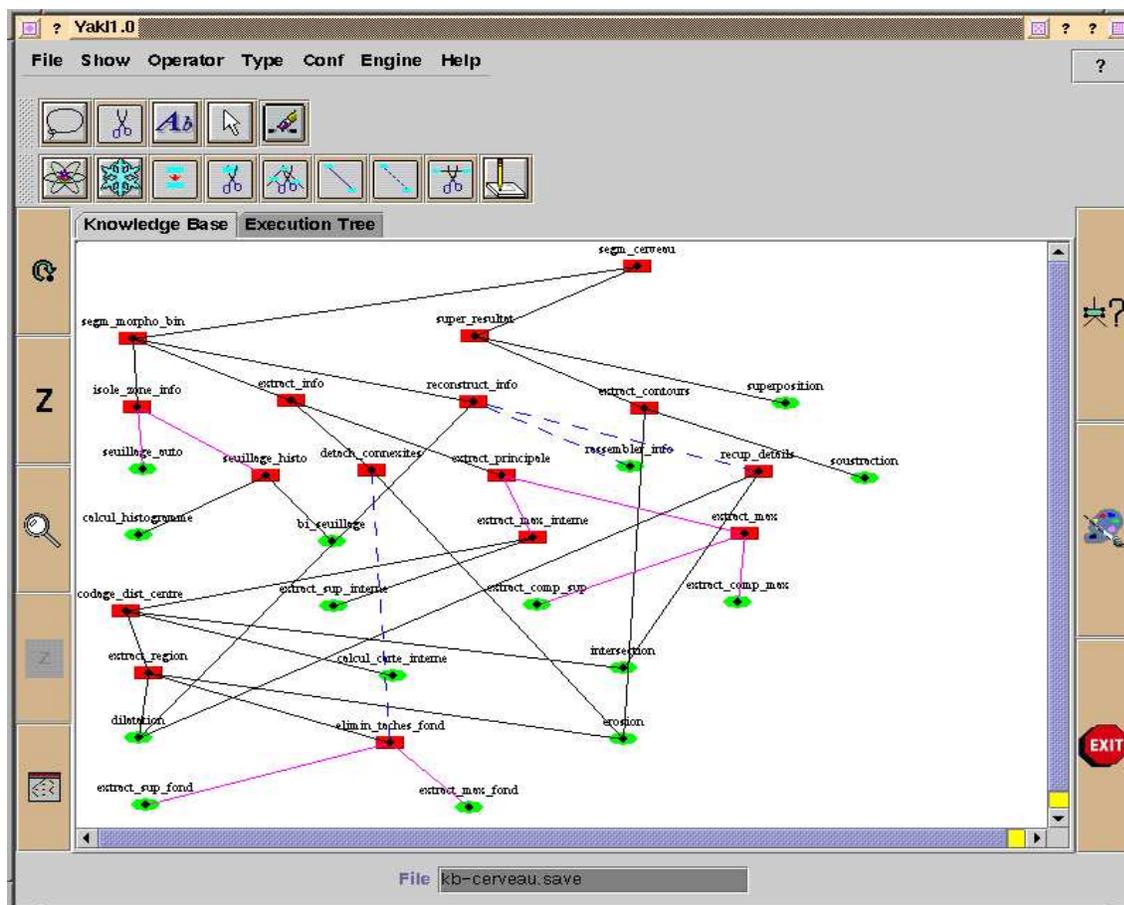


FIG. 3 – Vue d'un graphe d'opérateurs dans l'interface graphique

De plus, un module d'apprentissage automatique en C++ a aussi été développé au cours de ce stage pour être intégré dans la plate-forme. En effet, l'expert qui construit la base de connaissances ne peut pas toujours fournir la connaissance exhaustive sur tous les enchaînements possibles de programmes ou sur les valeurs à affecter aux paramètres dans tous les cas. Le moteur doit alors pallier ces manques en lançant des mécanismes longs et coûteux de réparation pour ajuster les bonnes valeurs de paramètres, ou de planification dynamique pour déterminer le meilleur enchaînement. Lorsque ces mécanismes réussissent, leurs résultats sont actuellement perdus pour les futures sessions. L'objectif du module est d'enrichir la base de connaissances par des règles apprises suite à des réparations afin d'éviter par la suite de réparer des problèmes similaires à ceux déjà rencontrés. Ceci est réalisé par un mécanisme d'apprentissage symbolique combinant éventuellement plusieurs paradigmes, pour apprendre les valeurs optimales des paramètres des programmes, et des choix de programmes, principalement en fonction des données. L'apprentissage se fait sur les règles d'initialisation et de choix, à partir d'une trace d'exécution générée par le moteur qui contient toutes les réparations qui ont eu lieu durant une session d'utilisation. Ce module permet déjà, à partir d'un fichier de traces, de créer des règles de choix ou d'initialisation, mais des améliorations sont nécessaires pour prendre en compte des règles complexes (par exemple manipulant des intervalles de valeurs symboliques).

6.1.4 Serveur de partage de bases de connaissances

Participants : Francis Avnaim, Sabine Moisan, Taha ben Salah.

Dans le cadre d'une coopération STIC avec la Tunisie (ENSI de Tunis) nous avons créé un outil-prototype sur un site Web expérimental donnant accès à des bases de connaissances en pilotage de programmes. En effet, les avancées de la technologie des réseaux, alliées aux techniques de pilotage de codes permettent d'envisager l'accès collaboratif à des codes distants et le partage de codes entre équipes.

Ce site (accessible en <http://carinae.inria.fr>) permet à la communauté scientifique de manipuler des bases de connaissances à distance et ainsi de les partager. L'interface proposée est une version réduite de l'interface de développement. Notamment, l'exécution n'est pas possible pour le moment, seules la visualisation et la modification éventuelle de bases de connaissances sont implantées. Ce site utilise RMI (Remote Method Invocation) fourni par Java pour le dialogue client-serveur.

Le serveur permet à des groupes d'utilisateurs de partager une ou plusieurs bases de connaissances en pilotage, soit pour la simple consultation, soit pour enrichir l'expertise contenue dans la base. Cet accès se fait via Internet, que l'on soit sur navigateur ou simplement à travers une application Java. Dans le cas d'un navigateur, il a été prévu aussi bien l'accès par utilisation d'Applets que celui par des pages HTML. L'architecture implantée est multi-niveaux avec trois niveaux principaux correspondant à trois composants de base : des esclaves (chargés de la gestion de ressources), un maître (donnant une vue globale de toutes les ressources et assurant la gestion des utilisateurs) et des clients (donnant une vue locale du prototype pour un utilisateur distant).

Le mécanisme permettant de sécuriser les accès aux bases de connaissances (gestion des

utilisateurs, gestions des ressources, etc) a été implantée sous forme d'un package Java durant un stage par Taha ben Salah de l'Ensi de Tunis. Les protections se font au niveau de chaque ressource de façon décentralisée.

Le prototype obtenu à l'issue de ce stage :

- permet à plusieurs groupes d'utilisateurs de partager des bases de connaissances (mais pas encore de les exécuter),
- propose la protection de ces ressources via des mécanismes d'authentification et d'attribution de permissions,
- permet une administration partagée entre plusieurs administrateurs,
- est portable sur tout environnement et plate-forme reconnaissant Java.

6.1.5 Module de traces à distance de systèmes de pilotage

Participants : Borice Arcier, Sabine Moisan.

Un système à base de connaissances se décompose classiquement en un moteur, une base de connaissances et des interfaces graphiques, auxquels s'ajoutent dans le cas du pilotage un ensemble de programmes à piloter et des données à traiter. Ces différents constituants peuvent être localisés sur différents sites. Il est donc nécessaire de maintenir la cohérence de l'ensemble tout en respectant son caractère dynamique.

Dans le contexte de l'action Colors DISCOBAC, nous avons cette année étudié le cas d'une interface de trace et de contrôle d'exécution à distance pour des systèmes à base de connaissances. L'interface et le système à base de connaissances jouent donc tour à tour le rôle de serveur ou de client. Une telle interface délocalisée et accessible via le réseau permet de visualiser dynamiquement l'évolution des objets pendant l'exécution du moteur d'inférence du SBC. Elle peut être déportée sur des clients légers à distance de la base de connaissances. Elle permet l'accès aux objets de la base de connaissances et elle offre une librairie d'objets graphiques extensibles et une librairie de comportements de trace et de contrôle également extensible.

Pour cette expérience, nous avons utilisé la notion d'interactions entre objets (développée dans l'équipe Rainbow de l'IS3) et les outils associés. Les outils proposés permettent d'exprimer des relations entre objets qui peuvent être distants et en environnements hétérogènes. Ils permettent aussi de placer et d'enlever dynamiquement des interactions afin de changer, à l'exécution, le comportement d'un objet et ainsi de faire varier l'ensemble des objets tracés et contrôlés et la façon dont le contrôle et la trace sont effectués. Dans notre cas, il s'agit d'interactions entre les objets du système à base de connaissances et leurs représentants dans l'interface graphique. Le système à base de connaissances est écrit à l'aide de la plate-forme LAMA et utilise donc les structures fournies par le framework BLOCKS écrit en C++. L'interface graphique a été réalisée en Java. Les outils de gestion d'interactions ont pris en charge les aspects distribution et interaction (la communication réseau en elle-même entre objets C++ et Java étant déléguée à la plate-forme Corba Orbacus).

Un premier prototype a été réalisé. Il permet l'écriture d'interactions entre des attributs (slots) d'objets de la base et des objets graphiques représentant l'évolution de leurs valeurs. La mise en œuvre ne pollue pas la base de connaissances et ne nécessite pas de la re-compiler. Ceci a été facilité par la conception du framework BLOCKS qui offre un schéma unique pour tous les objets composant une base de connaissances.

Il a cependant été nécessaire de réaliser quelques adaptations dans l'outil de gestion d'interactions et des extensions dans le framework BLOCKS de LAMA (extension de la classe racine de tous les objets et de la classe décrivant les slots).

Ceci constitue la base d'un module de gestion d'interactions entre les éléments distribués d'un système à base de connaissances. À court terme, notre objectif va être de consolider l'application en faisant utiliser l'interface par des utilisateurs distants afin de vérifier que les temps de réponse sont satisfaisants et de vérifier la résistance à la montée en charge. À plus long terme, ce module nous permettra d'aborder les autres aspects de la distribution des composants d'un système à base de connaissances.

6.2 Interprétation automatique de séquences d'images

Participants : François Brémond, Nathanaël Rota, Robert Stahr, Monique Thonnat.

Résumé : *Nous nous intéressons ici à l'interprétation dynamique de scènes à partir de séquences d'images, et ce afin d'automatiser la compréhension des activités se déroulant dans une scène donnée. Le capteur utilisé est une caméra fixe et monoculaire, les scènes sont des scènes d'intérieur ou d'extérieur et les objets mobiles sont principalement des êtres humains et des véhicules. L'objectif de nos travaux est, d'une part, la modélisation du processus d'interprétation de séquences d'images et, d'autre part, la validation de ce modèle à travers le développement d'un système générique d'interprétation.*

Cette année, nous avons eu une augmentation importante de nos activités dans ce domaine. Nous avons démarré des travaux sur la reconnaissance et le suivi de classes d'objets et nous avons amélioré nos formalismes de représentation 3D du décor de la scène et de représentation d'activités. Nous avons appliqué ces techniques dans le cadre de trois projets : l'action coopérative MediaSpace, l'action de développement Telescope et le projet européen ADVISOR.

Le problème que nous souhaitons résoudre est de produire une interprétation logique du comportement des personnes dans une scène à partir des images envoyées par une caméra vidéo fixe. Pour cela, nous avons besoin de résoudre deux sous-problèmes.

Le premier est de fournir à chaque image des mesures sur le contenu de la scène. Le système en charge de résoudre ce problème est appelé module perceptuel. Le second sous-problème est de comprendre le contenu, c'est à dire, interpréter les comportements des personnes. Pour cela, on cherche à reconnaître des scénarios prédéterminés à partir de certaines primitives. Le système en charge de résoudre ce second problème est appelé module décisionnel de reconnaissance de scénarios.

Cette année, nous avons eu une augmentation importante de nos activités dans ce domaine. Nous avons poursuivi notre approche d'interprétation de séquences vidéo basée sur une modélisation a priori de l'environnement observé (ou décor de la scène). Pour améliorer la qualité de l'analyse des séquences vidéo, nous avons étudié une nouvelle approche qui consiste à remonter le processus d'interprétation le plus tôt possible dans la chaîne de traitement. Pour cela, nous proposons de classer les régions mobiles 2D en types d'objets à l'aide de modèles prédéfinis et d'effectuer le suivi non plus de régions mobiles mais d'individus. Enfin nous proposons un nouveau formalisme déclaratif et homogène pour la représentation d'activités. Nous avons appliqué ces diverses techniques dans le cadre de trois projets : l'action coopérative MediaSpace, l'action de développement Telescope et le projet européen ADVISOR.

6.2.1 Modélisation 3D du décor de la scène

Participants : Alberto Avanzi, Binh Bui, François Brémond, Monique Thonnat.

La modélisation du décor de la scène observée a pour rôle de faciliter l'analyse et l'interprétation des séquences vidéo. On décrit la topologie 3D de la scène (géométrie des murs et objets du décor) ainsi que les informations symboliques associées (i.e. la fonction d'un objet ou d'une zone). Cette année, nous avons amélioré la représentation du modèle de la scène afin d'avoir une modélisation en 3D ; l'intérêt d'un modèle 3D est qu'il est indépendant d'une caméra particulière ; ceci nous permet d'utiliser le même modèle d'un décor dans le cas d'une scène observée par plusieurs caméras. De plus nous avons étendu le contenu de la représentation du modèle de la scène. Nous avons ajouté le type des objets mobiles attendus dans la scène (i.e. : les personnes sont attendues sur le quai du métro) et les régions d'intérêt (ROI) indiquant où évoluent les objets mobiles attendus. Un exemple provenant du projet ADVISOR est montré sur la figure 4.

Un autre exemple provenant de l'action coopérative MediaSpace est montré dans la figure 5. Le modèle décrit la topologie 3D de la scène (géométrie du bureau et des éléments du décor : chaises, bureaux, armoires...) ainsi que les informations symboliques associées (i.e. : la zone d'entrée, le tableau, le poste de travail). Le modèle 3D permet de calculer correctement les occultations dues au décor. Les informations symboliques permettent de calculer les événements en interaction avec le décor (i.e. : la détection d'un individu près du tableau nous indique que l'individu est susceptible d'écrire au tableau).

6.2.2 Classification de régions mobiles pour l'interprétation de séquences vidéo

Participants : Binh Bui, François Brémond, Monique Thonnat.

Dans un système d'interprétation de séquences vidéo, il est important de (1) classer les régions mobiles détectées dans l'image et (2) regrouper ces régions mobiles en des régions qui ont un sens dans la scène (i.e. : de regrouper le corps et les jambes d'un individu pour reconstituer cet individu). Cela nous aide à faciliter la phase de suivi des objets mobiles et celle de reconnaissance du comportement de ces objets. Étant donné un ensemble de phénomènes possibles (personne, mouvement du décor, bruit...) et un ensemble de régions mobiles détectées, on cherche à déterminer, pour chacune des régions, quelle classe lui convient le plus. Les classes

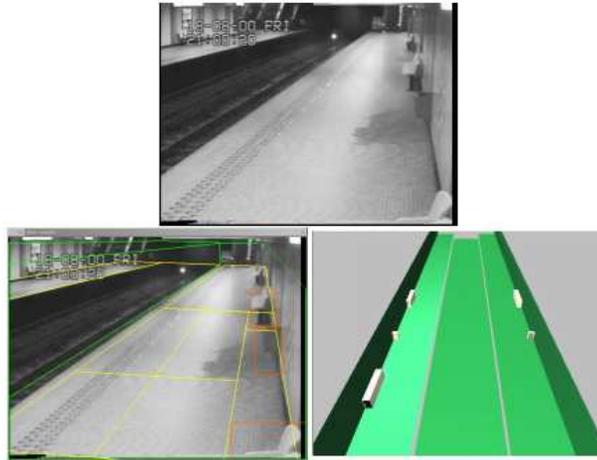


FIG. 4 – Image de la station YSER du métro de Bruxelles. En haut: l'image vide. En bas à gauche: Les projections des zones (les polygones jaunes) telles que la zone des bancs, des régions d'intérêt (les polygones verts) telles que la plate-forme, la voie et des objets contenus dans la scène (les rectangles oranges) tels que le banc ; à droite: la modélisation 3D de la scène.

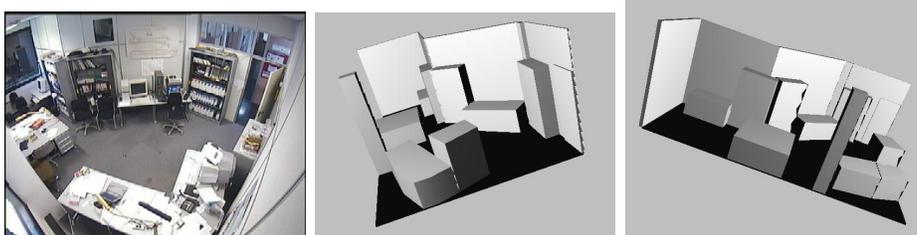


FIG. 5 – Deux vues VRML du contexte 3D d'une scène de bureau.

qui nous concernent sont les suivantes : personne, personne occultée, groupe de personnes, foule, objet du contexte, véhicule, bruit ou inconnue. On appelle objets du contexte les objets du décor qui sont susceptibles de bouger, tels qu'une porte.

Ce problème est difficile car, à ce niveau d'interprétation, peu d'informations sont disponibles sur les régions mobiles. Les deux types d'informations susceptibles de justifier une telle classification sont, d'une part, l'utilisation de la modélisation 3D de la scène et, d'autre part, la prise en compte des caractéristiques particulières de chaque classe (i.e. : la taille en 3D d'un individu)

Un premier travail a consisté à utiliser les nouvelles notions introduites dans la représentation du modèle de la scène. Par exemple, on a ajouté le type des objets mobiles attendus dans la scène (i.e. : les personnes sont attendues sur le quai du métro) et les régions d'intérêt (ROI) indiquant où évoluent les objets mobiles attendus.

Pour chaque région mobile, un deuxième travail a consisté à rechercher les attributs qui la caractérisent puis à calculer son degré d'appartenance à chaque classe prédéfinie. On appelle étiquette de la région mobile la classe de meilleur degré d'appartenance. On regarde d'abord quel est le plus grand degré d'appartenance aux classes et si ce plus grand degré est supérieur à un seuil, on le prend comme étiquette de la région mobile. Pour les classes "personne", "groupe de personnes", "foule" et "véhicule" on utilise quatre attributs sur la taille et la position : la hauteur en 3D (H3D), la largeur en 3D (W3D), le rapport H3D/W3D et la position dans la scène. Pour "personne occultée" et "objet du contexte", on calcule leur position par rapport aux objets du décor. Par exemple, si une région mobile est détectée dans la zone d'ouverture d'une porte, cette région mobile est considérée comme pouvant être la porte. Pour la classe "bruit", on s'intéresse à deux types de bruit. Ce sont des régions qui se trouvent au bord de l'image (produites par le mouvement de la caméra) ou qui se trouvent à l'extérieur des régions d'intérêt (ROI). Par ailleurs, on peut obtenir de meilleurs résultats en ajoutant des attributs qui sont particuliers à certaines applications. Par exemple, l'existence de régions ayant la couleur de la peau dans une région mobile peut être très utile pour classer les différentes régions mobiles à l'intérieur d'une scène en tant que bruit, ombre, être humain ou objet du contexte. L'idée est d'utiliser l'information contenue dans la couleur pour calculer la probabilité que les pixels de la région mobile correspondent à un pixel de peau. Cette information nous permet d'établir la probabilité que la région mobile elle-même corresponde à un être humain plutôt qu'à un bruit. On a adapté pour cela un algorithme de reconnaissance de peau conçu par l'équipe PRIMA¹. Cet algorithme est basé sur la classification statistique d'un pixel dans un espace chromatique $(\frac{R}{R+G+B}, \frac{G}{R+G+B}, R+G+B)$ par rapport à un histogramme représentatif de la couleur peau et un second histogramme représentatif du fond de la scène.

Le troisième travail a consisté à reconstituer des individus, c'est à dire, à regrouper les régions mobiles en des régions qui ont un sens dans la scène (i.e. : à regrouper le corps et les jambes d'un individu pour reconstituer cet individu). Pour cela on compare les degrés d'appartenance à la classe individu des régions isolées avec celui de la région obtenue en les regroupant. Si le degré d'appartenance du regroupement est supérieur on regroupe ces régions mobiles isolées.

Un exemple de la classification de régions mobiles est montré sur la figure 6 dans le cadre du

1. du Laboratoire Gravis/IMAG



FIG. 6 – Image de la station YSER du métro de Bruxelles. En haut : l’image d’entrée. En bas à gauche : l’image des régions mobiles détectées ; à droite : résultats de la classification : rectangle rouge : une personne ; vert : groupe de personne ; bordeaux : véhicule ; noir : bruit

projet européen ADVISOR. L’image testée provient de la station YSER du métro de Bruxelles.

6.2.3 Suivi spatio-temporel d’individus

Participants : Alberto Avanzi, François Brémond, Monique Thonnat.

Il est nécessaire pour notre système d’établir quelle région mobile, détectée à l’instant t , correspond à l’individu “Paul” présent à l’instant $t-1$. Il nous a donc fallu concevoir un nouveau module plus robuste permettant de gérer les cas d’occultation et de croisement d’individus.

La base de notre suivi est un historique de longueur N ($N = 20$) d’images successives. On calcule à partir de l’historique les “pistes” (définies comme une suite temporelle de régions mobiles), qui peuvent a priori correspondre à un individu. Une piste i au temps t ($\mathcal{P}_{i,t}$) peut être vue comme l’enchaînement temporel de N régions mobiles (\mathcal{M}_k), allant de l’instant t à l’instant $t-N$:

$$\mathcal{P}_{i,t} = (\mathcal{M}_t, \mathcal{M}_{t-1}, \dots, \mathcal{M}_{t-N})$$

A chaque piste est associée une probabilité $p(\mathcal{P}_{i,t} = \text{l'individu Paul})$, calculée comme :

$$p(\mathcal{P}_{i,t} = \text{Paul}) = \frac{C_1 \cdot C_2 \cdot C_3}{c_n} \cdot p(\mathcal{P}_{i,t-1} = \text{Paul})$$

où C_1 est la probabilité que la zone mobile (\mathcal{M}_t) soit compatible avec le modèle d’être humain, C_2 est la probabilité que la zone mobile (\mathcal{M}_t) soit compatible avec les mobiles précédents (compatibilité temporelle) du point de vue des caractéristiques physiques, C_3 est la probabilité de compatibilité temporelle du point de vue de la position, $p((\mathcal{P}_{i,t-1}) = \text{Paul})$ est la probabilité de la même piste à l’instant précédent et c_n est un coefficient de normalisation.



FIG. 7 – Comme l'illustrent ces quatre images, on peut constater que le premier individu (T-shirt blanc) garde l'identificateur 1 et le deuxième (T-shirt rouge) l'identificateur 2, tout au long de la séquence

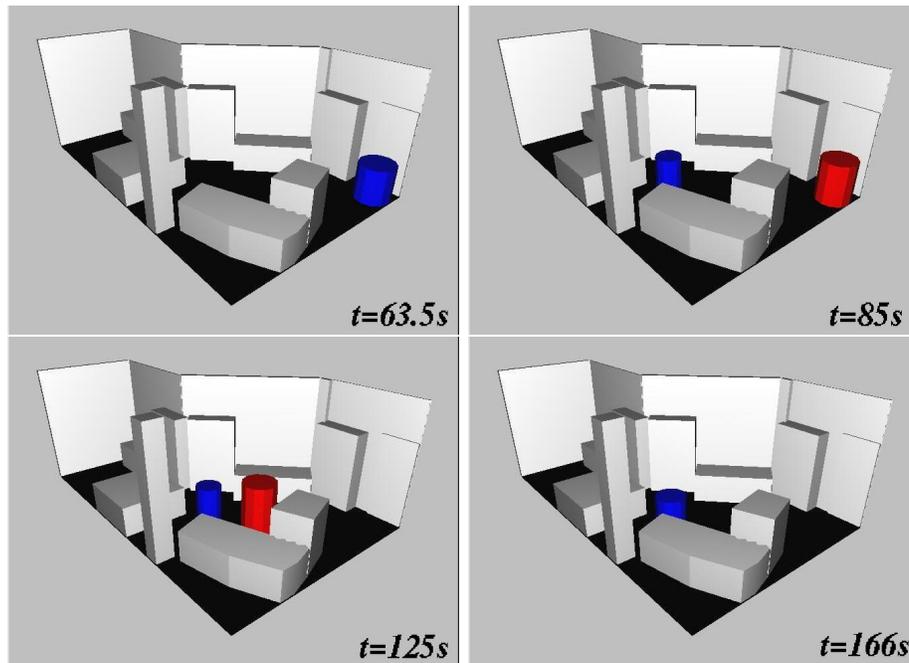


FIG. 8 – Représentation des personnes détectées et suivies sous la forme de cylindres colorés placées dans le modèle 3D du décor de la scène.

$\text{name}(f_1) = \text{person } 2$	$\text{name}(f_2) = \text{moves close to } 1$	$\text{name}(f_3) = \text{vandalism } 1$
$\text{type}(f_1) = \text{person}$	$\text{type}(f_2) = \text{moves close to}$	$\text{type}(f_3) = \text{vandalism}$
$\text{date}(f_1) = 34$	$\text{date}(f_2) = 34$	$\text{date}(f_3) = 103$
$\text{geometry}(f_1) =$	$\text{references}(f_2) =$	$\text{references}(f_3) =$
$((10, 10, 0),$	$((\text{person } 2, 34),$	$((\text{person } 2, 103),$
\vdots	$(\text{ticket machine } 1, 34))$	$(\text{ticket machine } 1, 103))$
$(80, 80, 180))$	$\text{property}(f_2) = \text{event}$	$\text{property}(f_3) = \text{scenario}$
$\text{velocity}(f_1) = (45, 12, 0)$		
$\text{properties}(f_1) = \text{NO}$		

TAB. 1 – *Trois exemples de faits : f_1 représente une personne, f_2 représente un événement et f_3 représente un scénario.*

La probabilité $p((\mathcal{P}_{i,t}) = \text{Paul})$ permet de choisir entre différentes pistes pour en affecter une à chaque individu présent dans la scène. Cette affectation individu-piste n'est effectuée qu'après un délai de N images, donc avec un certain recul qui permet de choisir de façon plus robuste la bonne piste. L'affectation piste-individu est effectuée sur la base de la probabilité $p((\mathcal{P}_{i,t}) = \text{Paul})$, mais aussi en optimisant globalement toutes les autres associations piste-individu. Cette affectation est faite en utilisant une matrice de correspondance.

Le module de suivi de personnes, qui est dans la phase d'achèvement et de test, est déjà capable de bien détecter et suivre plusieurs individus qui se trouvent dans un même bureau (voir les figures 7 et 8).

6.2.4 Reconnaissance d'activité

Participants : Nathanaël Rota, Monique Thonnat.

Cette approche pour la reconnaissance d'activités, détaillée dans [17], est basée sur la gestion d'un ensemble d'éléments appelés les faits, qui représentent différents types de concepts, comme des personnes, des objets de la scène, des événements intéressants, des scénarios ou des comportements. Un fait est un objet structuré défini par sept ensembles d'attributs : *name* (l'identificateur symbolique du fait), *type* (la catégorie du fait), *date* (l'identificateur temporel du fait), *geometry* (la description géométrique), *velocity* (la description de sa vitesse), *properties* (l'ensemble de caractéristiques symboliques) et *reference* (la liste de couple (*name/date*) permettant de figurer la dépendance du fait par rapport à d'autres). Nous considérons que deux faits représentent le même concept réel s'ils ont la même valeur de *name* et nous considérons en outre que deux faits sont les mêmes s'ils ont la même valeur de *name* et de *date*. Par exemple, sur le tableau 1 f_1 , f_2 et f_3 représentent respectivement la personne *person 2*, l'événement *person 2 moves close to ticket machine 1* et le scénario *Vandalism* par *person 2* sur *ticket machine 1*.

La représentation d'activités consiste en une transformation de l'expertise de l'utilisateur en un modèle caractérisant cette activité. Un modèle d'activité est défini par trois ensembles : ses conditions, ses variables, et ses fonctions de production. Le premier ensemble est un ensemble de conditions nécessaires et suffisantes pour caractériser l'activité. Le second ensemble

Variables :
 $x_1 : +, x_2 : +, x_3 : +, x_4 : +$
Conditions :
 $\text{type}(x_1) = \text{type}(x_2) = \text{person}$
 $\text{type}(x_3) = \text{type}(x_4) = \text{equipment}$
 $\text{date}(x_4) = \text{date}(x_3) = \text{date}(x_2) + \Delta = \text{date}(x_1) + \Delta$
 $\text{distance}(x_1, x_2) > \alpha$
 $\text{distance}(x_3, x_4) < \alpha$
Production : x_4
 $\text{type}(f) = \text{moves close to}$
 $\text{property}(f) = \text{event}$
 $\text{date}(f) = \text{date}(x_3)$
 $\text{reference}(f) = (x_1, x_2, x_3, x_4)$
TAB. 2 – Modèle de l'événement : *moves close to*

représente les différentes variables impliquées dans les conditions et définies sur l'ensemble des faits existants. Ces variables sont typées binairement : positivement si l'on souhaite représenter un fait existant et négativement si l'on souhaite représenter un fait qui n'existe pas. L'ensemble des fonctions de production permet de décrire la façon de calculer les attributs du fait qui représentera l'activité lorsqu'elle sera reconnue. Le tableau 2 est un exemple de modèle d'activité : l'événement *moves close to*. Ce modèle est composé de quatre variables, deux personnes et deux objets. En outre, les deux personnes (resp. les deux objets) sont distantes dans le temps d'une durée Δ et, dans l'espace, d'une distance supérieure à α à t et inférieure à α à $t + \Delta$.

D'un point de vue algorithmique, l'enjeu de la reconnaissance d'activités est d'être capable de reconnaître une activité de façon incrémentale, quelque soit le nombre et le type des variables, des conditions et des fonctions de production qui constituent son modèle. En effet, la reconnaissance d'un modèle, c'est à dire la recherche de toutes les combinaisons de faits qui vérifient les conditions du modèle, demande à considérer un nombre exponentiellement croissant de cas possibles. Afin d'éviter cet écueil, l'algorithme de reconnaissance que nous proposons est basé sur une transformation de ce problème en deux étapes. La première étape consiste à convertir le modèle d'activité en un nombre fini de modèles équivalents, où chacun de ces modèles ne contient que des variables positives. Plus précisément pour un modèle M composé de k variables positives et n variables négatives, on construit $n + 1$ modèles à k ou $k + 1$ variables de la façon suivante : M_0 contient toute les variables positives de M et les conditions associées. Pour $i = 1$ à n , M_i contient toute les variables positives et la i^{eme} variable négative de M et les conditions associées. Ainsi, on montre qu'il existe une solution associée à M si et seulement si il existe une solution associée à M_0 et aucune solution associée aux $M_i \forall i$. De plus, chacun de ces modèles n'étant composé que de variables positives, leur résolution correspond à un problème de satisfaction de contraintes.

La seconde étape de la reconnaissance consiste donc à résoudre les $n + 1$ problèmes de satisfaction de contraintes associés aux $n + 1$ modèles M_i . Nous utilisons pour cela l'algorithme AC4².

2. R.Mohr, TH.Henderson : Arc and Path Consistency Revisited, Artificial Intelligence 28, pp.225-233, 1986

Ce formalisme a été utilisé pour représenter différents types d'activités. En premier lieu, il nous a permis de définir deux bibliothèques de modèles d'événements standards couramment utilisés comme : *is stopped, walks, runs, arrives, goes away, goes right side, goes left side, falled, standing, is close to, is far from, is inside, is outside, walk together* et *walk to*. La première librairie est constituée d'événements furtifs c'est à dire d'activités caractérisées par un changement d'état sans préoccupation de continuité dans le temps. La seconde bibliothèque est constituée d'événements persistants c'est à dire d'activités caractérisées par un changement d'état qui se prolonge dans le temps. Ce formalisme a aussi été utilisé pour la modélisation de comportements liés à la sécurité dans les stations de métro et en agences bancaires. Les comportements liés à la sécurité dans les stations de métro ont été élaborés grâce à l'expertise obtenue lors du projet européen AVS-PV³ ; il s'agit de comportements de vandalisme contre l'équipement et les comportements pour la protection des usagers (accès à une zone dangereuse). Les comportements liés à la sécurité en agences bancaires ont été élaborés en collaboration avec les responsables de sécurité de la FNCA⁴. Ces comportements sont liés aux différents types d'attaque d'agences bancaires : hold up, prise d'otage, sortie sous la contrainte ou séquestration. Ce formalisme a également été utilisé pour la modélisation de comportements interactifs de personnes dans les parkings et fait l'objet d'une collaboration avec l'équipe du Pr. Larry Davis de l'université de Maryland. Ce formalisme a enfin été utilisé pour la modélisation de comportements liés au travail en environnement médiatisé et fait l'objet d'une collaboration avec les équipes PRIMA et IIHM de l'IMAG à Grenoble (voir ci-dessous le projet MediaSpace).

6.2.5 Le projet MediaSpace

Participants : Alberto Avanzi, François Brémond, Nathanael Rota, Robert Stahr, Monique Thonnat.

MediaSpace est un projet de collaboration entre trois équipes : le projet Orion de l'INRIA Sophia Antipolis, l'équipe PRIMA du laboratoire Gravir/IMAG à Grenoble et l'équipe IIHM de du laboratoire Clips/IMAG.

Ce projet vise à réaliser un outil collaboratif associant la communication vidéo et la protection de l'espace privé, pour faciliter le contact informel permanent entre les membres distants d'une équipe. En utilisant la plate-forme CoMeDi (un outil de communication homme-machine médiatisée créé par l'équipe IIHM), on veut disposer d'outils d'interprétation de séquences vidéo capables de reconnaître un certain nombre de scénarios préétablis. Le but est de doter CoMeDi de la capacité de s'adapter de façon automatique (et personnalisable par l'utilisateur) afin de (1) protéger l'espace privé de l'utilisateur et de (2) piloter automatiquement la caméra. Le rôle de l'équipe ORION est, en se basant sur son savoir-faire en interprétation, de concevoir et de mettre en œuvre les algorithmes nécessaires à la reconnaissance des scénarios permettant :

1. de déterminer les différentes situations de changement de modalités de transmission des images (i.e. : la reconnaissance d'une réunion de travail implique l'établissement de la modalité "occupé" et par conséquent le filtrage de la vidéo transmise) ;

3. Advanced Video Surveillance for Prevention of Vandalism

4. Fédération Nationale du Crédit Agricole, France

2. de déterminer les parties intéressantes des images à transmettre (i.e. : la reconnaissance d'une personne écrivant au tableau implique un zoom de la caméra sur le tableau).

Le travail effectué par l'équipe ORION se divise en cinq parties : l'implémentation d'une librairie d'algorithmes de reconnaissance de peau conçus par l'équipe PRIMA, la construction du modèle 3D de la scène (bureau) et de la calibration de la caméra, la conception et implémentation d'un module de suivi de personnes basé sur la détection de peau, l'intégration d'un système de reconnaissance de scénarios temps-réel (4 frames/seconde) qui prend ses vidéos d'entrée indifféremment à partir de fichiers d'images JPEG ou directement de la caméra et la formalisation des scénarios à reconnaître.

En parallèle avec le calcul d'interprétation, on génère les états de la scène (porte ouverte/fermée, présence d'individus) et les événements (une nouvelle personne rentre dans la scène, ou la quitte). Puis on communique ces états et événements au module de reconnaissance de scénarios conçu par Nathanaël Rota. Le protocole de cet échange d'informations est un codage XML. L'intégration du module de reconnaissance de scénarios reste à faire.

Pour l'instant nous avons formalisé 3 scénarios type qui ont été spécifiés par l'équipe IIHM. Une tâche qui reste à accomplir est de réaliser la communication entre le module de reconnaissance de scénarios et la plate-forme CoMeDi.

6.2.6 L'action Dyade Telescope

Participants : Nathanaël Rota, Robert Stahr, Monique Thonnat.

L'action de développement Telescope a démarré en octobre 1998. Son objectif est de constituer un ensemble logiciel de type boîte à outils pour la vidéosurveillance. Ces travaux sont réalisés à Sophia dans le projet Orion par un ingénieur détaché de l'équipe Multimedia de Bull et des chercheurs d'Orion. Cette année, nous avons consolidé le logiciel VSIS d'un point de vue robustesse des traitements d'images. De plus, un travail important de génie logiciel a été effectué. Il s'agit plus précisément de la transformation du code source C existant pour le rendre compilable sous Linux aussi bien que sous Solaris. Ceci a surtout été fait à l'aide des outils «autoconf» et «automake». La bibliothèque de routines de sérialisation de structures C en XML a été rendue plus robuste et des fonctionnalités relatives aux tableaux multidimensionnels ont été rajoutées. Un travail d'adaptation de la bibliothèque pour profiter du nouveau standard «XML Schema» (voir <http://www.w3.org/TR/rdf-schema/>) a été commencé.

D'autre part, afin d'étudier dans quelle mesure ces solutions techniques d'analyse et d'interprétation de séquences d'images conçues pour la vidéosurveillance de métros sont généralisables au domaine bancaire, nous avons travaillé en coopération avec les spécialistes de sécurité de la FNCA. Cette étude est composée de trois étapes qui sont l'élaboration des informations concernant la scène, le traitement des données vidéos et l'analyse des comportements spécifiques. La calibration des caméras et l'élaboration du modèle 3D de la scène sont achevés. Le traitement des vidéos a été planifié en quatre temps : numérisation, extraction de mouvement, reconnaissance des personnes et suivi temporel des personnes. La numérisation a été effectuée avec succès en 2 séances de 80 minutes, produisant plus de 60000 images. Ces images ont été, en outre, étiquetées et organisées en fonction des comportements qu'elles illustrent. L'extraction de mouvement de ces 60000 images a été effectué. Les algorithmes de reconnaissance et de

suivi temporel des personnes doivent encore être mis en œuvre afin de terminer le traitement des vidéos. Pour ce qui concerne l'analyse de comportements, la traduction de l'expertise de sécurité en modèles de comportements reconnaissables a été effectuée à travers une analyse générale de la sécurité en agence bancaire. La reconnaissance des modèles de comportements n'a pas encore été mise en œuvre.

Enfin, nous avons renforcé la coopération avec l'équipe Bull Multimedia en montant un nouveau projet européen, le projet ADVISOR décrit ci-dessous. Dans ce projet les compétences en interprétation de séquences vidéo d'Orion et celles en archivage multimedia de l'équipe Multimedia nous permettent d'envisager l'annotation automatique et l'archivage de données de vidéosurveillance.

6.2.7 Le projet ADVISOR

Participants : Frédéric Cupillard, Binh Bui, François Brémond, Monique Thonnat.

Le Projet ADVISOR a démarré en janvier 2000 pour une durée de trois ans.

Ce projet a pour but de développer un système intelligent permettant de sélectionner les écrans de surveillance intéressants pour les opérateurs de métro ainsi que d'archiver et d'annoter les séquences vidéo afin de rechercher en post-traitement les séquences intéressantes. L'innovation de ce projet consiste pour l'INRIA dans l'utilisation de caméras multiples, le traitement temps réel des séquences vidéo, et l'annotation des séquences vidéo.

L'Inria intervient dans 3 tâches de la chaîne des traitements du projet :

1/ Modélisation de la scène vue par une ou plusieurs caméras.

L'objectif de cette tâche est de construire un modèle de la scène observée par la caméra. Ce modèle contient des informations géométriques 3D sur la structure de la scène (i.e. location et taille des murs, plate-formes etc...) ainsi que des informations sémantiques utilisées dans la tâche d'analyse de comportement. Il utilise la calibration de la caméra observant la scène afin de calculer les informations géométriques 3D du modèle à partir des données 2D fournies par les images. Actuellement, la modélisation d'un quai d'une des stations pilotes (station Yser du métro de Bruxelles) a été réalisée ainsi que la calibration d'une des caméras de ce quai. Pour cela, on a étendu la représentation du modèle de scène développé précédemment dans l'équipe. Cette modélisation s'étendra ensuite au cas de caméras multiples.

2/ Détection de mouvements.

L'objectif de cette tâche est l'implémentation d'un outil temps-réel ayant les fonctions suivantes :

- Détecter les régions mobiles dans une séquence vidéo. Afin de détecter et construire les régions mobiles dans chaque image de la séquence, on effectue la différence entre l'image courante et une image de référence, l'image résultante est alors seuillée puis une analyse des régions connexes permet de construire les régions mobiles. On a modélisé le changement d'illumination de la scène afin que ce module puisse être robuste et fonctionner en continu.

- Générer une description de chacune de ces régions. Cette description consiste à calculer 8 paramètres par région ; 3 paramètres (centre de gravité, largeur du rectangle, hauteur du rectangle) sont définis en 2D et 3D ainsi que la surface 2D et la proportion de couleur de peau incluse dans la région.

- Classification des régions mobiles. La classification consiste à étiqueter chaque région mobile en une classe d'objet sémantique. On a défini 8 classes : 4 classes pour les personnes (person, occluded person, group of persons, crowd) et 4 classes pour les autres objets (metro, scene object, noise, unknown).

3/ Analyse de comportement.

Nous avons commencé le développement d'un outil logiciel d'analyse d'événements élémentaires (par ex. : se lever, marcher etc.) permettant le calcul des historiques des individus et des groupes, et la reconnaissance de comportements complexes (par ex. : vandalisme, acte de violence, entrée dans une zone interdite). Des discussions préliminaires ont permis de définir un premier choix d'événements et de comportements en collaboration avec les opérateurs de métro associés au projet ADVISOR.

6.3 Reconnaissance de pollens

Participants : Alain Boucher, Monique Thonnat.

Résumé : *Cette année, nous avons poursuivi nos travaux sur l'analyse d'images 3D de pollens pour la reconnaissance de classes allergènes à partir de connaissances palynologiques dans le cadre du projet européen ASTHMA. Nous avons approfondi l'étude du processus de formation d'une image de pollen sous microscope optique dans le cadre de la thèse de Nicolas Dey. Enfin, nous avons démarré une nouvelle activité sur l'utilisation de techniques d'apprentissage pour la reconnaissance automatique des grains de pollen.*

6.3.1 Reconnaissance 3D de pollens

Participants : Alain Boucher, Monique Thonnat.

Le projet ASTHMA a démarré en octobre 1998 pour une durée de trois ans. Ce projet a pour but de prévoir et de fournir des informations sur la qualité de l'air pour les personnes sensibles aux aéroallergènes (pollens et autres poussières présents dans l'air). Dans le cadre de ce projet, le projet Orion s'intègre dans l'étude d'un système de reconnaissance semi-automatique de pollens, et ce en collaboration avec le LASMEA de Clermont-Ferrand et le réseau espagnol d'aérobiologie (REA), représenté par des équipes de Cordoue et de Barcelone.

Le but du système étudié est d'automatiser la tâche de lecture et de comptage des grains de pollens au microscope, qui est longue et répétitive pour les palynologues (spécialistes des pollens). Le projet Orion s'intéresse au développement d'algorithmes de reconnaissance 3D de pollens à l'aide d'une base de connaissances sur les différents taxons et leurs caractéristiques.

En effet, une première étude effectuée en 1997 avait conclu sur la nécessité de travailler en 3D⁵. L'observation des méthodes de travail des palynologues aboutit aux mêmes conclusions, car l'information nécessaire pour la reconnaissance et la classification d'un grain de pollen peut se situer à différents niveaux à l'intérieur du grain. Ce grain peut également être vu sous différents angles et aspects, selon son orientation lorsqu'il se dépose sur le capteur. Les images

5. Maziere97

que nous possédons sont en fait des séries de 100 coupes optiques des grains de pollen espacées de 0.5 micron pour des grains de taille variant de 15 à 60 microns.

La reconnaissance du type d'un grain de pollen s'effectue en deux étapes :

- *Calcul de mesures globales* : La stratégie de reconnaissance commence par détecter ou approximer les frontières 3D du grain. Puis, des mesures globales sont calculées sur le grain (particulièrement sur la coupe centrale), comme le diamètre, la couleur moyenne (RVB), la forme, ... Finalement, ces mesures sont analysées pour décider des prochains traitements. Par exemple, un grain brisé, détecté par sa forme, conduira le système à examiner la possibilité que ce grain soit de type Cupressaceae.
- *Recherche de caractéristiques spécifiques* : Selon les mesures effectuées sur le grain de pollen, le système privilégiera certaines hypothèses et cherchera des caractéristiques spécifiques, en tenant compte de leur position probable. Par exemple, la surface supérieure du grain sera analysée pour comprendre l'ornementation du grain, tandis que les images centrales aideront à identifier la présence de cytoplasme et à calculer l'épaisseur de l'exine. Les algorithmes de détection peuvent travailler en 2D et valider leurs résultats en 3D (i.e. un pore n'est validé que s'il est visible sur plusieurs images). Différents algorithmes sont mis au point pour identifier chaque caractéristique selon différents points de vue (un pore apparaît différemment selon une vue polaire ou une vue équatoriale du grain). Les caractéristiques ainsi détectées par le système aident à la recherche de nouvelles caractéristiques.

Quelques structures des grains de pollen sont déjà identifiées comme, par exemples, le pore avec annulus des Poaceae, le cytoplasme des Cupressaceae ainsi que le réticule des *Olea* et des types similaires (figure 9). Les résultats préliminaires démontrent la reconnaissance de certains types de pollen, comme les Poaceae ou les *Parietaria*, ou de certains groupes de types de pollen, comme le groupe des réticulés.

Quatre types de pollen ont été choisis pour le projet ASTHMA, selon leur fréquence dans les zones d'étude et leur allergénicité : Cupressaceae, *Olea europea*, Poaceae et *Parietaria*. Ce sont les premiers types que le système doit reconnaître. La reconnaissance de grains de pollen étant basée sur des caractéristiques morphologiques, il peut être difficile de distinguer entre des types possédant des caractéristiques similaires. Dans une deuxième étape, le système devra donc pouvoir distinguer entre des types de pollen similaires. Une deuxième liste de ces pollens a été conçue selon l'abondance de ces types et sur la coincidence des périodes de pollinisation : Brassicaceae, *Broussonetia*, *Celtis*, *Coriaria*, *Fraxinus*, *Ligustrum*, *Phillyrea*, *Populus*, *Salix* et *Morus*. Enfin, d'autres types de pollen seront considérés dans une troisième étape : *Alnus*, *Ambrosia*, *Artemisia*, *Betula*, *Cannabis*, *Carpinus-Ostrya*, *Cariophyllaceae*, *Castanea*, *Casuarina*, *Chenopodiaceae-Amaranthaceae*, *Corylus*, *Palmae*, *Pinus*, *Plantago*, *Platanus*, *Quercus*, *Rumex* et *Ulmus*.

Il est également nécessaire de posséder une base de connaissances sur les différents taxons étudiés pour arriver à les reconnaître. Cette base, développée conjointement avec les experts en palynologie, contient les différentes données morphologiques et géométriques pour les pollens étudiés. Elle contient également des informations sur les sites de captage de ces pollens, c'est-à-dire sur les taxons les plus susceptibles d'être rencontrés en fonction de la période de l'année.

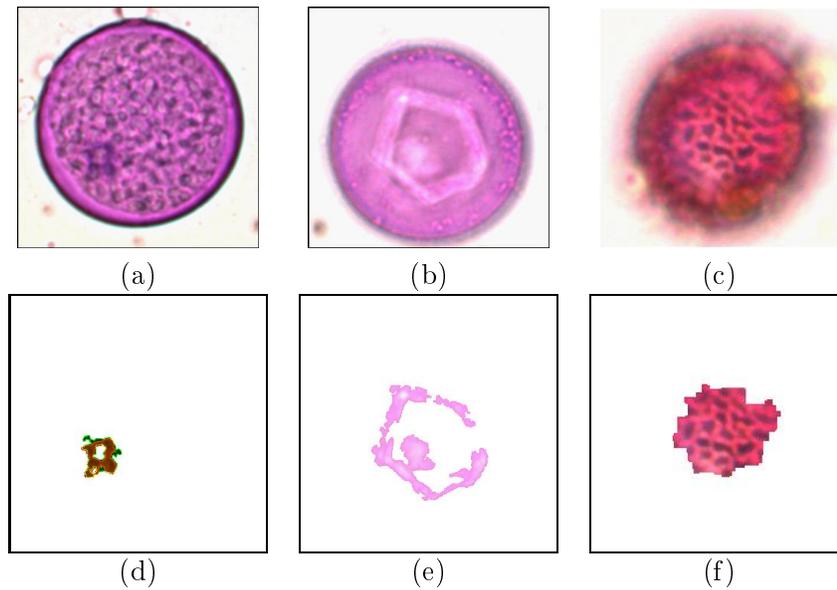


FIG. 9 – Résultats d'extraction de caractéristiques essentielles pour la reconnaissance et la classification de grains de pollen. (a)(d) Le pore du Poaceae. (b)(e) Le cytoplasme du Cupressaceae (c)(f) Le réticule de l'Olea.

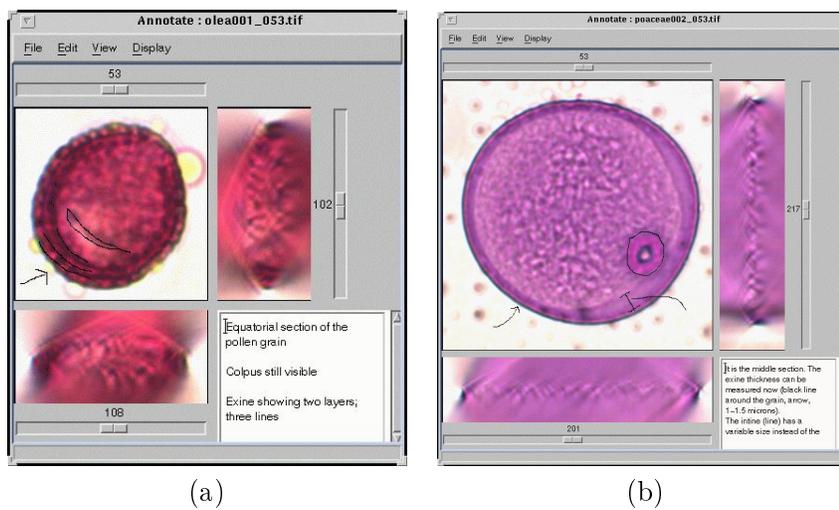


FIG. 10 – Annotation de séquences d'images pour l'acquisition de connaissances. (a) Exemple avec un grain de type Olea. (b) Exemple avec un grain de type Poaceae.

Afin de favoriser l'acquisition des connaissances sur les différents types de pollen, un logiciel a été mis au point à l'INRIA et partagé avec les partenaires du projet. Il permet à un ou plusieurs experts d'annoter les séquences d'images et d'indiquer les caractéristiques importantes pour la reconnaissance en fonction des situations rencontrées (figure 10).

6.3.2 Analyse de la forme de grains de pollen à partir de plusieurs plans images

Participants : Nicolas Dey, Alain Boucher, Monique Thonnat.

Pour mieux comprendre la formation de l'image afin de l'exploiter ultérieurement dans un but de reconnaissance, nous avons modélisé la formation de l'image d'un pollen, qui est un objet microscopique translucide et tridimensionnel. Du fait de la translucidité du spécimen, les zones situées au-dessus et en-dessous de la zone focalisée (qui apparaît nette) contribuent aussi à la formation de l'image, mais en dégradant la qualité de l'image avec un apport de «flou». Pour reproduire le phénomène de la formation de l'image d'un pollen, il est nécessaire de modéliser non seulement l'objet et le microscope mais aussi le flou avant de construire l'image.

Le pollen a été modélisé comme étant une succession discrète de plan-objets $o(x, y, z)$ accolés les uns aux autres selon la direction de l'axe optique du système (z) : ils présentent tous une distribution en intensité bidimensionnelle (x, y) correspondant au coefficient d'absorption réel du pollen.

C'est le microscope qui est responsable de la perte de résolution selon l'axe z , car il va avoir pour effet de former une image 2-D de la réalité 3-D. La Réponse Impulsionnelle Incohérente (R.I.I.) du microscope est une constante. Mais il est évident que tous les plans-objets ne peuvent pas être focalisés (nets) en même temps : le flou doit intervenir à travers une R.I.I. notée $h_F(x, y, \epsilon)$ où ϵ est la défocalisation. On a choisi un modèle gaussien (symétrique en x et y) déjà existant, mais la théorie (vérifiée par la pratique) nous montre que cette R.I.I. n'est pas symétrique en ϵ . La R.I.I. qui décrit le flou s'écrit

$$h_F(x, y, \epsilon) = \frac{1}{2\pi\sigma(\epsilon)^2} - \frac{x^2 + y^2}{2\sigma(\epsilon)^2} \quad (1)$$

avec l'écart-type $\sigma(\epsilon) = 2K(\epsilon)\epsilon$. C'est grâce à ce $K(\epsilon)$ que nous avons rendu asymétrique en ϵ l'Eq. 1.

L'image, enfin, a été modélisée comme étant une somme discrète «d'imagettes», une imagette $i(x, y, \epsilon)$ étant donnée par la convolution de $o(x, y, z)$ avec les différentes R.I.I.. Pour valider notre modèle, nous l'avons comparé à une série d'images réelles (Fig. 11). Les images calculées sont représentées sur la Fig. 12. Le microscope, qui est un système optique réel, possède une **profondeur de champ** finie, c'est-à-dire une zone finie à l'intérieur de laquelle toute information apparaîtra **nette**. Il est évident qu'alors, toute information située à l'extérieur de cette zone sera **floue**. De plus, l'objet auquel nous nous intéressons est translucide, et lors du processus de formation de l'image, les informations floues et nettes sont mêlées ; il ne nous est pas possible d'avoir accès facilement à l'information qui nous intéresse.

D'après plusieurs considérations théoriques, nous avons établi une formule approchée pour

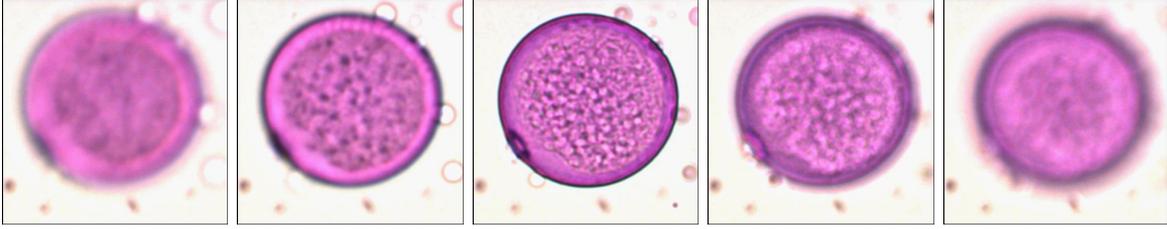


FIG. 11 – Une séquence réelle d'images de pollen d'un grain de Poaceae. Toutes les images correspondent à un focus à l'intérieur du grain.

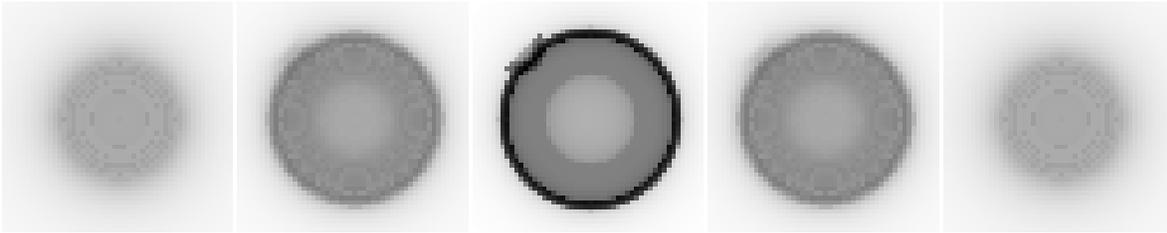


FIG. 12 – Une séquence d'images de synthèse utilisant notre modèle. Comme sur la Fig. 11, toutes les images correspondent à un focus à l'intérieur du modèle de pollen.

$K(\epsilon)$, continue dans tout l'espace :

$$K(\epsilon) = \frac{\epsilon^2}{C^{ste}} (1 + e^{\alpha\epsilon}) \quad (2)$$

où α et C^{ste} sont des paramètres que l'on ajuste empiriquement à $C^{ste} = 1040$, et $\alpha = 0.025$.

Compte-tenu de certaines observations sur l'asymétrie de l'image, nous avons développé un modèle asymétrique. On peut voir cette asymétrie comme un critère de comparaison entre images de synthèse et images réelles. C'est ce que l'on voit sur la Fig. 13 : nous avons empilé numériquement les images XY (i.e. dans le plan (x, y)) d'une série, que nous observons selon des directions transversales XZ et YZ . On remarque l'asymétrie sur les coupes XZ ou YZ : sur la Fig. 13 (a), le côté droit de la coupe XZ (par exemple) est plus sombre sur la droite que sur la gauche de l'image, et c'est l'effet que nous avons simulé et que l'on retrouve sur la Fig. 13 (b).

6.3.3 Expérimentation de techniques d'apprentissage pour la reconnaissance automatique des grains de pollen

Participants : Ngoc-Tung Nguyen Nguyen, Augustin Lux, Monique Thonnat, Alain Boucher.

Si on considère la classification de pollen d'une façon plus générale que les besoins strictes du projet ASTHMA, le problème devient très vaste : le nombre d'espèces de pollen est quasiment

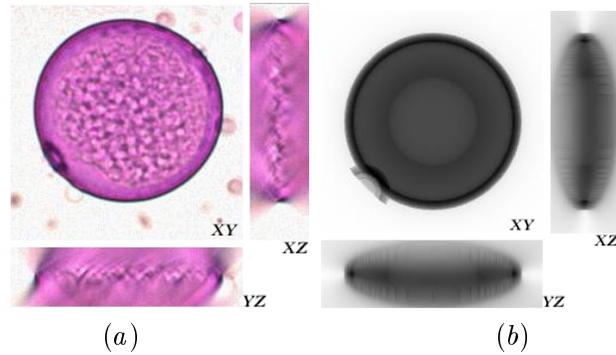


FIG. 13 – Deux séries d’images vues selon 3 directions principales. (a) représente une série réelle d’un pollen de Poaceae tandis que (b) est une série d’images de synthèse calculée à partir de notre modèle. Sur chaque sous-figure (a) et (b), on peut voir en haut à gauche une vue XY, l’image au sens habituel du terme, tandis qu’en-dessous et à droite, on a les vues YZ et XZ respectivement, qui proviennent d’un empilement numérique des images. On remarque un côté plus sombre sur les coupes en Z.

illimité, et leurs formes peuvent aussi bien être extrêmement variées que différer par des détails infimes mais significatifs.

Dans ce contexte, l’apprentissage automatique paraît une nécessité. L’objectif de ce travail a été : (a) d’étudier comment des techniques connues d’apprentissage automatique peuvent intervenir dans le processus de reconnaissance de pollen, et (b) de mener des expérimentations avec les nombreuses images de pollen disponibles dans le projet.

Nous avons choisi deux sous-tâches particulières : la détection du pore des Poaceae et la classification du réticule, c.-à-d. la caractérisation d’un pollen à partir de mesures de texture.

Nous avons adapté deux techniques classiques d’apprentissage à la réalisation de ces tâches : les réseaux neuronaux avec rétropropagation du gradient, et la programmation génétique selon les principes développés dans la thèse récente d’Alvaro Guardia⁶.

Nous avons constitué une base d’environ 300 images pour l’entraînement et la validation des algorithmes d’apprentissage (figure 14).

Réseau neuronal pour la détection du pore du Poaceae.

On considère un réseau neuronal qui reçoit en entrée les 16x16 pixels d’une fenêtre de l’image prétraitée, et fournit en sortie une réponse *pore de type1*, *pore de type2* ou *non-pore*. À l’apprentissage classique du réseau par rétropropagation du gradient nous avons ajouté une recherche de la structure optimale du réseau par exploration systématique des réseaux avec 1 à 3 couches cachées comportant entre 4 et 20 nœuds dans chaque couche.

Résultats : avec 150 exemples d’apprentissage, le réseau obtenu donne une reconnaissance correcte dans 80% à 90% des cas. Le temps d’exécution du processus d’apprentissage est d’environ 2 jours.

Programmation génétique pour la détection du pore du Poaceae.

6. Alvaro Guardia “Apprentissage génétique de règles de reconnaissance visuelle, Thèse de l’InpG, 1998

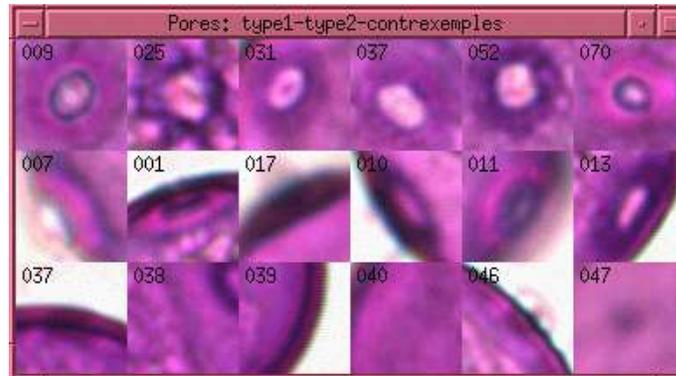


FIG. 14 – Quelques imagettes utilisées pour l'entraînement d'un réseau neuronal : deux types de pores (première - deuxième ligne), et des exemples de non-pores (troisième ligne).

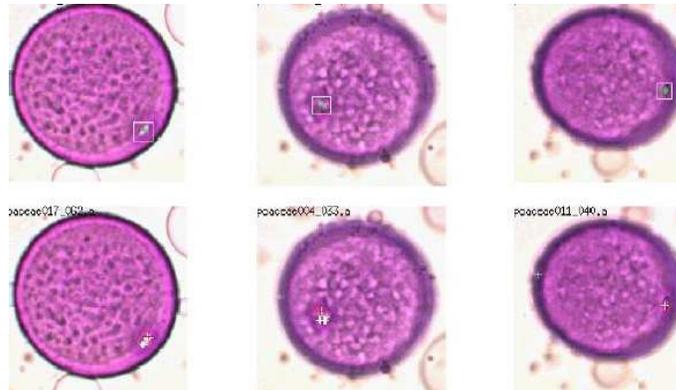


FIG. 15 – Apprentissage avec programmation génétique. Les images en haut montrent les informations d'apprentissage ; un rectangle et une croix indiquent l'emplacement du pore. Les images en bas montrent les résultats de reconnaissance de la meilleure règle apprise ; la croix rouge indique le point le plus probable, les croix blanches d'autres possibilités.

On utilise la programmation génétique pour construire des règles de reconnaissance à partir d'images traitées avec un ensemble d'opérateurs. Nous avons essayé deux ensembles d'opérateurs : des opérateurs construits avec un algorithme génétique, et des opérateurs fournis explicitement (de types Gaussien et Laplacien). Un premier jeu de règles apprises semble bien cohérent (figure 15), mais nous n'avons pas eu le temps de l'évaluer complètement.

Ce travail a permis de rassembler des outils et de poser des problèmes en apprentissage. Dans la suite, il faudra ajouter d'autres techniques d'apprentissage, et les intégrer avec un contrôle au sens de l'IA. En effet, ces programmes ont besoin de très nombreux paramètres qu'on ne peut pas demander au programmeur, ou à un utilisateur. De plus, l'apprentissage doit être incrémental, et pouvoir s'exécuter parallèlement au fonctionnement normal d'un système, afin de le surveiller et l'améliorer en permanence.

6.4 Plateforme logicielle en bioinformatique

Participants : Hélène Priéto, Monique Thonnat.

Notre participation prend place dans un projet de développement à Sophia-Antipolis d'un site intégré de génomique expérimentale autour d'une plateforme technologique de conception et de réalisation de biopuces qui est en cours d'établissement à l'Institut de Pharmacologie Moléculaire et cellulaire du CNRS.

Le séquençage des génomes complexes (homme, souris, levure, *Caenorhabditis elegans*, *Drosophila melanogaster*, bactéries pathogènes. . .) introduit dans les banques de données des milliers de nouvelles séquences d'ADN, codant des protéines dont la fonction reste souvent inconnue. Avec la connaissance complète de l'information contenue dans le génome humain apparaît concrètement l'extraordinaire complexité du monde biologique, où des milliers de gènes participent au plus simple des processus cellulaires. Prendre la mesure de cette complexité implique d'aborder complètement différemment l'étude des grandes fonctions biologiques, en utilisant des techniques et des outils d'analyse de la fonction des gènes, basés sur l'évolution de leur expression au cours d'un processus physiopathologique.

Au moment où s'achève le séquençage du génome humain, la technologie des biopuces (ou *biochips*) basée sur le dépôt à haute densité de gènes sur les lames de microscopie, combiné à la détection de différents niveaux de fluorescence, permet d'obtenir une information complémentaire quantifiant simultanément l'expression de (dizaines de) milliers de gènes dans une cellule. La complexité du vivant peut ainsi être projetée dans un espace de dimension finie sur lequel les conséquences du développement d'une pathologie ou de l'ajout d'une drogue se mesurent en termes de points, ce qui ouvre la voie à de nouvelles méthodes de représentation et d'analyse.

En développant fortement la production de biopuces, l'automatisation de leur fabrication permet d'envisager des études sur fonctionnement et les dysfonctionnements de la cellule vivante selon une dynamique temporelle, avec de nombreuses applications thérapeutiques potentielles. Il s'agit alors, non plus d'annoter des séquences, ni même d'interpréter des schémas d'expressions de gènes, mais d'étudier les trajectoires d'évolution de ces schémas pour identifier précisément la participation des différents gènes dans les fonctions biologiques physiologique-

ment bien définies.

Dans ce contexte scientifique, l'objectif principal du projet *MedLab* qui regroupe différents laboratoires du CNRS (équipe de Pascal Barbry de l'IPMC, de Richard Kristen, Villefranche), le projet Orion ainsi que deux partenaires industriels (CEREP, COSE), est de fournir aux équipes impliquées en biologie cellulaire sur la Côte d'Azur une plateforme expérimentale complète. La participation d'Orion dans ce contexte se situe au niveau de l'intégration logicielle de cette plateforme. La partie informatique comprend plusieurs composantes dont les thématiques correspondent aux axes fondamentaux des besoins des biologistes pour l'utilisation de la plateforme biopuces. Parmi ces composantes, nous pouvons citer le suivi de la réalisation chimique et mécanique des biopuces (avec automatisation de protocoles et procédures, pilotages et intégration de différents programmes), l'extraction automatique des résultats expérimentaux par l'analyse d'images provenant d'un scanner et un outil d'analyse des résultats orientée vers leur interprétation biologique. Puis, une fois cette plateforme logicielle mise en place et les premières *biochips* obtenues, il s'agira d'intégrer au sein de l'environnement informatique pour la génomique développé au sein l'action de développement GénoStar, à laquelle Orion participe, aux cotés de l'action Hélix de l'INRIA Rhône-Alpes le module d'analyse qui sera développé .

7 Contrats industriels (nationaux, européens et internationaux)

Participants : Alain Boucher, François Brémond, Frédéric Cupillard, Nathanael Rota, Robert Stahr, Monique Thonnat.

Résumé : *En 2000, Orion a continué à participer au projet européen ASTHMA et à l'action Dyade Telescope. Un nouveau projet européen en vidéosurveillance ADVISOR de 3 ans a démarré en janvier 2000.*

- Coopération de 2 ans avec Bull dans le cadre de l'action de développement Dyade Telescope pour le développement d'un système intelligent de vidéosurveillance.
- Projet ASTHMA : ce projet d'une durée de 3 ans et d'un montant de 1.2 MF pour Orion a pour objectif de faciliter la détection d'aéroallergènes.
- Projet ADVISOR : ce projet d'une durée de 3 ans et d'un montant de 2.4 MF pour Orion a pour objectif l'analyse et l'annotation automatique de séquences de vidéosurveillance dans les métros.

Pour plus d'informations sur les projets européens ASTHMA et ADVISOR, voir aussi la rubrique concernant les actions financées par la Commission Européenne.

8 Actions régionales, nationales et internationales

8.1 Actions régionales

-COopération LOcale de Recherche (COLOR) DISCOBAC pour un an entre l'Inria et l'ESSI-UNSA, regroupant les équipes RAINBOW et SPORTS de l'IS et les équipes Tick et Orion pour l'étude de la distribution sûre des systèmes à base de connaissances. Cette collaboration a donné lieu à un stage et à l'organisation en novembre d'un séminaire sur le thème « Connaissances et Distribution ».

- Coopération avec l'action Helix de l'INRIA Rhones-Alpes dans le cadre de l'action de développement Genostar.

-COopération LOcale de Recherche (COLOR) Horticol pour un an à compter de septembre 2000 entre l'Inria et l'Inra, plus précisément entre l'URIH de l'Inra Sophia Antipolis et le projet Orion sur le thème des méthodes de détection précoce des maladies sur plantes en serre.

- Collaboration avec le pôle Cindynique de l'ENSMP Sophia Antipolis, dans le cadre du co-encadrement de la thèse de Sabine Delaitre par S. Moisan et J-L. Wybo. L'objectif de la thèse est de recueillir et d'utiliser l'expérience pour réviser des plans d'actions dans des situations de danger, avec une application sur les feux de forêts.

- M. Thonnat est membre du conseil d'administration de l'UFR STAPS de la faculté des sciences du sport de l'université de Nice-Sophia Antipolis.

8.2 Actions nationales

- Coopération avec Bull dans le cadre de l'action de développement Dyade Télescope pour le développement d'un système intelligent de vidéosurveillance.

- Participation à l'action coopérative Mediaspace regroupant l'équipe PRIMA de Jim Crowley du laboratoire Gravir/IMAG située à l'INRIA Monbonnot, l'équipe de Joëlle Coutaz du laboratoire Clips/IMAG à Grenoble et le projet Orion sur le thème de l'interprétation de séquences d'images appliquée à des environnements de travail collectif distants.

- Collaboration avec le CEA Saclay (DIST/SIIA), dans le cadre du groupe de travail « Connaissances et codes ».

-Collaboration avec l'action ROMANS de l'INRIA Rhones-Alpes dans le cadre du pilotage de programmes.

8.3 Actions financées par la Commission Européenne

Résumé : *Le projet a participé cette année à deux projets européens en interprétation d'images : le projet ASTHMA de type Climat et Environnement et le nouveau projet ADVISOR de type IST.*

8.3.1 Projet ASTHMA

Le Projet ASTHMA a démarré en octobre 1998 pour une durée de trois ans. Ce projet de type Climat et Environnement a pour objectif de fournir aux utilisateurs des informations précises et quasi temps-réel sur les aéroallergènes (dont les pollens) et la qualité de l'air afin

de les aider à optimiser leurs traitements thérapeutiques. Les partenaires sont le laboratoire pharmaceutique Zambon (Italie), ACRI (France), les universités de Barcelone (Espagne), de Cordoue (Espagne), de Clermont (France), le CHU de Nice (France), le FISBAT (Italie) et le PAMOC (France). La contribution d'Orion concerne la reconnaissance automatique d'images 3D de pollens observés sous microscope optique.

8.3.2 Projet ADVISOR

Le Projet ADVISOR a démarré en janvier 2000 pour une durée de trois ans. Ce projet de type IST a pour but de développer un système intelligent permettant de sélectionner les écrans de surveillance intéressants pour les opérateurs de métro ainsi que d'archiver et d'annoter les séquences vidéo afin de rechercher en post-traitement les séquences intéressantes. L'innovation de ce projet consiste, pour Orion, dans l'utilisation de caméras multiples, d'un traitement temps réel des séquences vidéo et de l'annotation des séquences vidéo. Les partenaires sont Racal/Thomson (Grande-Bretagne), Bull (France), Vigitec (Belgique), King's College Londres (Grande-Bretagne), l'université de Reading (Grande-Bretagne) et l'INRIA (France).

8.4 Relations bilatérales internationales

8.4.1 Europe

- Nous coopérons avec Steve Maybank de l'université de Reading sur le thème de l'interprétation de la détection, du suivi et de l'interprétation de séquences vidéo.

8.4.2 Afrique

Nous coopérons avec Wided Chaari et Faouzi Ghorbel du Grift à l'ENSI de Tunis dans le cadre d'un projet STIC franco-tunisien de deux ans sur le thème des systèmes à base de connaissances distribués pour la vision.

9 Diffusion de résultats

9.1 Animation de la communauté scientifique

- M. Thonnat a été relecteur des revues IEEE Transactions - Pattern Analysis and Machine Intelligence PAMI, Artificial Intelligence Journal, Pattern Recognition Letters PATREC, Journal of Computer Vision and Image Understanding CVIU et Image and Vision Computing Journal.

- M. Thonnat et F. Brémond ont été relecteurs des conférences ICPR et VS2000.

- M. Thonnat a fait partie du comité d'organisation de la conférence internationale FG2000 Face and Gesture recognition.

- S. Moisan a fait partie du comité d'organisation de la conférence ECOOP'2000 sur la programmation par objets (responsable des workshops).

- S. Moisan a fait partie du comité de programme de la conférence IC'2000, sur l'ingénierie des connaissances.

9.2 Enseignement universitaire

- DEA Informatique de l'université de Nice-Sophia Antipolis, cours d'Intelligence artificielle (6h S. Moisan). Orion est équipe d'accueil pour le DEA Informatique de l'UNSA.
- DESS Informatique à l'ESSI (université de Nice-Sophia Antipolis), TD d'analyse et conception objet (25h S. Moisan).
- DEA Astronomie haute résolution angulaire, image et gravitation (université de Nice-Sophia Antipolis) cours de classification (9h M. Thonnat et 3h F. Brémond)
- Formation Permanente du CNRS, Ecole de la Grande-Motte du 15 au 20 mai 2000 cours systèmes à base de connaissances pour le traitement et l'interprétation d'images (M. Thonnat 6h).

9.3 Thèses en cours

- Nicolas Dey : Analyse 3D d'images de pollens pour la prévention des allergies, université de Nice-Sophia Antipolis.
- Nathanaël Rota : Interprétation de séquences vidéo pour la reconnaissance de gestes et de scénarios, université de Nice-Sophia Antipolis.
- Soutenance en décembre de de la thèse de Sabine Delaitre co-dirigée par S. Moisan et J-L. Wybo de l'ENSMP : « Gestion des connaissances en gestion des risques naturels. CREAD : Capitaliser et Réutiliser l'expérience pour l'Aide à la Décision ».

9.4 Participation à des colloques, séminaires, invitations

N. Rota a été invité le 7 janvier à l'ENST par le GDR-PRC ISIS & I3, Systèmes Complexes pour la Compréhension de la Parole et des Images et a présenté un exposé sur "Vision pour la vidéosurveillance".

F. Brémond et M. Thonnat ont été invités par C. Tessier au CERT à Toulouse le 25 février à une journée nationale sur le suivi d'une situation évolutive surveillée par des capteurs et M. Thonnat a présenté un exposé sur la reconnaissance de scénarios en vidéosurveillance.

Silvia Coradeschi de l'Universite d'Orebro (Suède) a été invitée du 26 juin au 7 juillet et a présenté un séminaire "On Anchoring".

Laars Karlson du Mobile Robotics Lab at the Applied Autonomous Sensor Systems group de l'Universite d'Orebro (Suède) a été invité du 26 juin au 7 juillet et a présenté un séminaire sur "Planning in a troublesome world".

Le professeur Hilary Buxton de l'Université du Sussex, Cognitive and Computing Sciences (UK) a été invitée du 11 au 15 septembre et a présenté un séminaire sur "Context-based vision".

10 Bibliographie

Ouvrages et articles de référence de l'équipe

- [1] V. CLÉMENT, M. THONNAT, « A Knowledge-Based Approach to Integration of Image Procedures Processing », *CVGIP: Image Understanding* 57, 2, mars 1993, p. 166–184.

- [2] S. LIU, P. SAINT-MARC, M. THONNAT, M. BERTHOD, « Feasibility study of automatic identification of planktonic foraminifera by computer vision », *Journal of foraminiferal research* 26, 2, avril 1996, p. 113–123.
- [3] M. THONNAT, V. CLÉMENT, J. OSSOLA, « Automatic Galaxy classification », *Astrophysical Letters and Communication* 31, 1-6, 1995, p. 65–72.
- [4] M. THONNAT, M. GANDELIN, « Un système expert pour la description et le classement automatique de zooplanctons à partir d'images monoculaires », *Traitement du signal, spécial I.A* 9, 5, novembre 1992, p. 373–387.
- [5] M. THONNAT, S. MOISAN, « Knowledge-based systems for program supervision. », *in : First international workshop on Knowledge-Based systems for the (re)Use of Programs libraries KBUP'95*, INRIA, p. 4–8, Sophia Antipolis, France, mars 1995.

Livres et monographies

- [6] J. MALENFANT, S. MOISAN, A. MOREIRA (éditeurs), *Object-Oriented Technology - ECOOP'2000 Workshop Reader, Lecture Notes in Computer Science*, 1964, Sophia Antipolis and Cannes, France, Springer, juin 2000.

Articles et chapitres de livre

- [7] M. THONNAT, S. MOISAN, « What can Program Supervision do for Software Re-use? », *IEE Proceedings - Software Special Issue on Knowledge Modelling for software components reuse* 147, 5, 2000.

Communications à des congrès, colloques, etc.

- [8] A. BOUCHER, P. HIDALGO, M. THONNAT, J. BELMOTE, C. GALAN, « 3D Pollen Image Recognition based on Palynological Knowledge », *in : Second European Symposium on Aerobiology*, Vienne, Autriche, septembre 2000.
- [9] A. BOUCHER, P. TOMCZACK, P. HIDALGO, M. THONNAT, J. BELMOTE, C. GALAN, P. BONTON, « A Semi-Automatic System for Pollen Recognition », *in : Second European Symposium on Aerobiology*, Vienne, Autriche, septembre 2000.
- [10] S. DELAÎTRE, S. MOISAN, M. A., « Instrumentation d'un processus de retour d'expérience pour la gestion des risques », *in : IC'2000, Journées Francophones d'Ingénierie des Connaissances 1*, p. 217–228, Toulouse, France, mai 2000.
- [11] S. DELAÎTRE, S. MOISAN, « Knowledge Management by Reusing Experience », *in : EKAW'2000, 12th International Conference on Knowledge Engineering and Knowledge Management*, Rose Dieng and Olivier Corby (éditeur), *Lecture Notes in Artificial Intelligence 1935*, Springer, p. 304–311, Juan les Pins, France, octobre 2000.
- [12] F. HONGENG, S. BRÉMOND, R. NEVATIA, « Bayesian Framework for Video Surveillance Application », *in : 15th International Conference on Pattern Recognition*, Barcelone, Espagne, septembre 2000.
- [13] F. HONGENG, S. BRÉMOND, R. NEVATIA, « Representation and Optimal Recognition of Human Activities », *in : IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, USA, juin 2000.

- [14] S. MOISAN, J.-L. ERMINE, « Gestion opérationnelle des connaissances sur les codes », *in* : *IC'2000, Journées Francophones d'Ingénierie des Connaissances*, p. 131–141, Toulouse, France, mai 2000.
- [15] S. MOISAN, D. ZIÉBELIN, « Résolution de problèmes en pilotage de programmes », *in* : *RFIA '2000, 12e Congrès Reconnaissance des Formes et Intelligence Artificielle*, p. 387–395, Paris, France, février 2000.
- [16] N. ROTA, R. STAHR, M. THONNAT, « Tracking for Visual Surveillance in VSIS », *in* : *First IEEE International Workshop on Performance Evaluation of Tracking and Surveillance PETS2000*, Grenoble, France, mars 2000.
- [17] N. ROTA, M. THONNAT, « Activity Recognition from Video Sequences using Declarative Models », *in* : *14th European Conference on Artificial Intelligence. ECAI2000.*, Berlin, Allemagne, août 2000.
- [18] N. ROTA, M. THONNAT, « Video Sequence Interpretation for Visual Surveillance », *in* : *Workshop on Visual Surveillance. VS'00.*, p. 59–67, Dublin, Irlande, juillet 2000.

Divers

- [19] B. ARCIER, *Application de la notion d'interaction entre objets à une application d'intelligence artificielle*, Rapport de stage de de troisième année, IUP d'Avignon, septembre 2000.
- [20] A. AVANZI, « Analyse et interprétation de séquences video pour un Mediaspace », 2000, Rapport de stage, Supelec.
- [21] T. BEN SALAH, *Conception et réalisation d'un outil sécurisé pour la gestion des ressources distribuées sur Internet : application au pilotage de programmes*, Rapport de stage de de troisième année, ENSI Tunis, juin 2000.
- [22] BOUCHER, A. AND TOMCZAK, R. AND HIDALGO, P. AND THONNAT, M. AND BELMONTE, J. AND GALAN, C. AND BONTON, P., « Method and Apparatus for the Automatic Detection and Recognition of Pollen », 2000, Brevet européen no 00830597.1.
- [23] B. BUI, « Classification de régions mobiles », 2000, Rapport de stage, IFI, Hanoi.
- [24] S. DUVAL, *Conception et réalisation d'un programme d'apprentissage pour le pilotage de codes*, Rapport de stage de troisième année, IRESTE, Nantes, juin 2000.
- [25] N.-T. NGUYEN, « Expérimentation de techniques d'apprentissage pour la reconnaissance automatique des grains de pollen », 2000, Rapport de DEA Images, Vision et Robotique de Grenoble.