

# *Projet ORION*

*Systemes intelligents réutilisables et vision cognitive*

*Sophia Antipolis*

THÈME 3A



*R*apport  
*d'Activité*

2001



## Table des matières

<b>1</b>	<b>Composition de l'équipe</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Présentation et objectifs généraux</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Fondements scientifiques</b>	<b>5</b>
3.1	Introduction . . . . .	5
3.2	Pilotage de programmes . . . . .	5
3.3	Plate-forme logicielle de développement de SBC . . . . .	6
3.4	Interprétation automatique d'images . . . . .	9
<b>4</b>	<b>Domaines d'applications</b>	<b>11</b>
4.1	Panorama . . . . .	11
4.2	Imagerie astronomique . . . . .	12
4.3	Vidéosurveillance . . . . .	12
4.4	Reconnaissance de pollens . . . . .	13
<b>5</b>	<b>Logiciels</b>	<b>15</b>
5.1	Ocapi . . . . .	15
5.2	PEGASE . . . . .	15
5.3	VSIS . . . . .	15
<b>6</b>	<b>Résultats nouveaux</b>	<b>15</b>
6.1	Pilotage de programmes . . . . .	15
6.1.1	Serveur de partage de bases de connaissances . . . . .	16
6.1.2	Enrichissement de la représentation des connaissances . . . . .	16
6.2	Plate-forme logicielle de développement de SBC . . . . .	17
6.2.1	Moteur de catégorisation TACLE, version 1 . . . . .	17
6.2.2	Vérification de moteurs . . . . .	18
6.3	Interprétation automatique de séquences d'images . . . . .	19
6.3.1	Détection de personnes . . . . .	19
6.3.2	Suivi spatio-temporel d'individus . . . . .	22
6.3.3	Analyse de groupe d'individus . . . . .	23
6.3.4	Nouveau formalisme pour la reconnaissance de comportement . . . . .	25
6.3.5	Visualisation de comportements humains pour l'interprétation automatique de séquences videos . . . . .	27
6.3.6	Apprentissage de paramètres . . . . .	28
6.4	Reconnaissance d'objets complexes . . . . .	29
6.4.1	Reconnaissance de pollens . . . . .	29
6.4.2	Modélisation de la formation d'images de pollens . . . . .	31
6.4.3	Détection de pathologies du rosier . . . . .	32
6.5	Plate-forme logicielle en bioinformatique . . . . .	34
<b>7</b>	<b>Contrats industriels (nationaux, européens et internationaux)</b>	<b>36</b>

---

<b>8</b>	<b>Actions régionales, nationales et internationales</b>	<b>36</b>
8.1	Actions régionales . . . . .	36
8.2	Actions nationales . . . . .	36
8.3	Actions financées par la Commission Européenne . . . . .	37
8.3.1	Projet ASTHMA . . . . .	37
8.3.2	Projet ADVISOR . . . . .	37
8.4	Relations bilatérales internationales . . . . .	37
8.4.1	Europe . . . . .	37
8.4.2	Afrique . . . . .	37
<b>9</b>	<b>Diffusion de résultats</b>	<b>38</b>
9.1	Animation de la communauté scientifique . . . . .	38
9.2	Enseignement universitaire . . . . .	38
9.3	Thèses en cours . . . . .	38
9.4	Participation à des colloques, séminaires, invitations . . . . .	38
<b>10</b>	<b>Bibliographie</b>	<b>39</b>

# 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 jusqu'au 15 octobre]

Irène Urso [Assistante de projet Inria à partir du 15 octobre]

## Personnel Inria

François Brémond [CR]

Annie Ressouche [CR collaborateur membre de l'action Tick]

## Ingénieurs experts

Binh Bui

Alain Boucher

Frédéric Cupillard

Hélène Priéto [Ingénieur associé]

## Personnel Bull

Alberto Avanzi [Ingénieur Bull à partir de novembre]

Robert Stahr [Ingénieur Bull Dyade jusqu'à mi-avril]

## Chercheurs doctorants

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

Céline Hudelot [boursier Région, université de Nice-Sophia Antipolis à partir du 1er novembre ]

Nathanaël Rota [boursier INRIA Dyade, université de Nice-Sophia Antipolis jusqu'au 30 octobre]

Thinh Van Vu [boursier INRIA, université de Nice-Sophia Antipolis à partir du 1er octobre]

## Professeurs Invités

Hilary Buxton [Professeur, Université du Sussex UK du 1er octobre à fin décembre]

Augustin Lux [Professeur, I.N.P.G Grenoble délégation, jusqu'au 1er octobre]

Jean-Paul Rigault [Professeur, UNSA sabbatique jusqu'à fin août]

## Stagiaires

Olivier Bertrand [ENS-Lyon, de juillet à mi-août]

Isabelle Colin [CNAM, jusqu'en octobre]

Vincent Leclercq [DEA Strasbourg de mars à septembre]

Patrick Nivet [IFSIC et DEA Rennes de février à juillet]

Anissa Omrane [Ensi Tunis, de mi-juillet à mi-septembre]

Laurent Quintian [DEA Informatique UNSA de mars à juin]

Nizar Rezgui [Ensi Tunis, de mi-juillet à mi-août]

Thinh Van Vu [IFI Hanoi d'avril à septembre]

## 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.

Le projet Orion s'intéresse aux recherches sur les systèmes **intelligents réutilisables** et sur la **vision cognitive**.

### Axes de recherches

Plus précisément nos recherches portent sur la conception de systèmes intelligents en utilisant des techniques de représentation des connaissances, d'apprentissage et de raisonnements.

Nous étudions deux niveaux de réutilisabilité : la réutilisabilité de programmes et la réutilisabilité d'outils de conception de systèmes à base de connaissances. Nous proposons une approche originale par des techniques de **pilotage de programmes** qui permettent de planifier les modules (ou programmes) et de contrôler leur exécution. Nos recherches portent sur la représentation des connaissances sur les programmes et leur utilisation ainsi que sur les raisonnements de planification. De plus, en nous appuyant sur les résultats de l'état de l'art en génie logiciel et en langages à objet nous proposons une plate-forme afin de faciliter la construction de systèmes à base de connaissances.

En vision cognitive nous étudions deux types d'interprétation automatique d'images : l'interprétation de séquences vidéo et la reconnaissance d'objets complexes. Nos recherches portent donc sur la représentation des connaissances sur les objets, les événements et les scénarios à reconnaître, ainsi que sur les raisonnements utiles pour l'interprétation comme la catégorisation pour la reconnaissance d'objets complexes.

### 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 Télescope2 pour le développement d'un système intelligent de vidéosurveillance.
- Convention de recherches avec la RATP en interprétation vidéo.
- Coopération avec l'ENSI, Unité de recherche GRIFT/ASI de Tunis (Tunisie) dans le cadre des coopérations franco-tunisiennes Inria/Institut Français de Coopérations.

## 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.

**Participants :** Sabine Moisan, Monique Thonnat.

**Glossaire :**

**Le pilotage de programmes** a pour but d'automatiser la réutilisation de logiciels complexes (programmes de bibliothèques de traitement d'images par exemple), en proposant des techniques originales pour planifier des traitements et contrôler leur 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 (programmes de bibliothèques de traitement d'images par exemple). Nous proposons pour cela des techniques originales pour planifier des traitements et contrôler leur 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).

Notre approche se base 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

Afin de mieux comprendre la problématique du pilotage de programmes, d'améliorer la qualité de l'utilisation des programmes existants et d'élargir leurs domaines d'applications, les connaissances impliquées dans le processus de prise de décision de l'expert doivent être décrites de manière structurée et indépendante de l'implantation. Ceci peut être atteint en appliquant des techniques de modélisation des connaissances. 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 OCAP1 [?], 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.

**Langage de description de bases de connaissances en pilotage.** Grâce à la plateforme LAMA, nous avons développé le langage YAKL (Yet Another Knowledge base Language) qui 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.

### 3.3 Plate-forme logicielle de développement de SBC

**Mots clés :** frameworks, bibliothèques, réutilisation de composants, génie logiciel.

---

[?] \*\*\* ERROR: citation 'CVGIP93' undefined \*\*\*



**Participants :** Sabine Moisan, Annie Ressouche, Jean-Paul Rigault.

**Glossaire :**

**La plate-forme logicielle LAMA** 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 boîtes à outils pour construire et adapter tous les éléments logiciels nécessaires à la réalisation de systèmes à base de connaissances.

**Résumé :** *La plate-forme logicielle LAMA permet la réutilisation des éléments logiciels nécessaires à la réalisation de systèmes à base de connaissances (moteurs d'inférence, interfaces, langage de description des connaissances, etc.). Elle regroupe des boîtes à outils pour construire et adapter tous ces éléments. La plate-forme permet la construction de systèmes de pilotage aussi bien que d'interprétation automatique et facilite le couplage des raisonnements de pilotage de programmes et d'interprétation d'images.*

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 la *réutilisation des éléments logiciels* composant un système à base de connaissances (moteurs d'inférence, interfaces, langage de description des connaissances, etc.). 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. Sa conception s'est appuyée sur des techniques avancées issues du génie logiciel ou des langages à objets. 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 boîtes à outils pour construire et adapter tous les éléments logiciels nécessaires à la réalisation de systèmes à base de connaissances. Ainsi, il est possible d'adapter facilement ces éléments à la tâche de l'expert. Ces boîtes à outils sont complémentaires mais indépendantes, de façon à pouvoir modifier, voire ajouter ou retirer un outil sans modifier le reste. La plate-forme est conçue pour permettre la construction de systèmes de pilotage aussi bien que d'interprétation automatique. Un autre objectif de la plate-forme est de pouvoir facilement coupler des raisonnements de pilotage de programmes et d'interprétation d'images.

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 par exemple), des outils pour en vérifier le comportement, des générateurs de compilateurs pour des langages de description de base de connaissances (qui ont permis de créer le langage YAKL pour le pilotage et SYKL pour la catégorisation), une bibliothèque pour la construction d'outils de vérification de base de connaissances et une bibliothèque pour la construction d'interfaces graphiques. Les principes de ces différentes boîtes à outils sont détaillés ci-dessous.

---

[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.

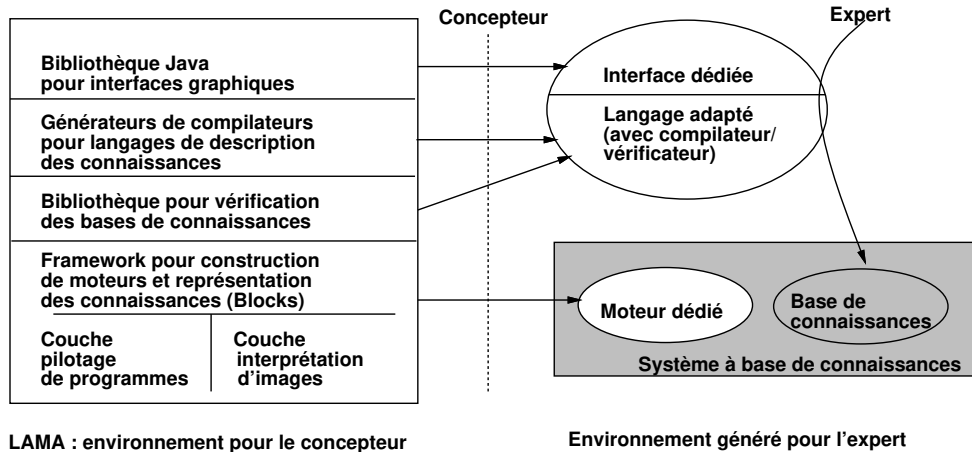


FIG. 1 – L'architecture de LAMA et les outils offerts pour construire des moteurs, décrire des bases de connaissances, les vérifier et les visualiser

*Framework pour les moteurs.* 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 aussi dans les tâches de pilotage de programmes et de catégorisation –, 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.

#### *Vérification des moteurs*

En nous plaçant du point de vue du génie logiciel, nous souhaitons associer au framework des outils de vérification, dans le but de fournir des environnements conviviaux et sûrs pour la conception de moteurs de SBC. Cette vérification porte donc sur les composants du framework BLOCKS, qui doivent pouvoir être réutilisés de manière sûre. Nous nous sommes tournés pour cela vers des techniques issues du *model-checking*. La définition d'une part d'un modèle, pour exprimer le comportement des composants et, d'autre part, d'opérations sur ce modèle

traduisant uniquement des extensions valides nous donnera un cadre pour faire des preuves et des simulations de moteurs.

#### *Vérification des bases de connaissances*

Le problème de la vérification de systèmes à base de connaissances est important pour assurer leur robustesse. 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 l'environnement de développement fourni par la plate-forme LAMA qui intègre actuellement une modélisation des activités de pilotage et de catégorisation. 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 ou d'interprétation. 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). 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 un moteur va l'utiliser.

*Bibliothèque de développement d'interfaces graphiques.* Faciliter la construction de SBC 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.

### 3.4 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.

**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.

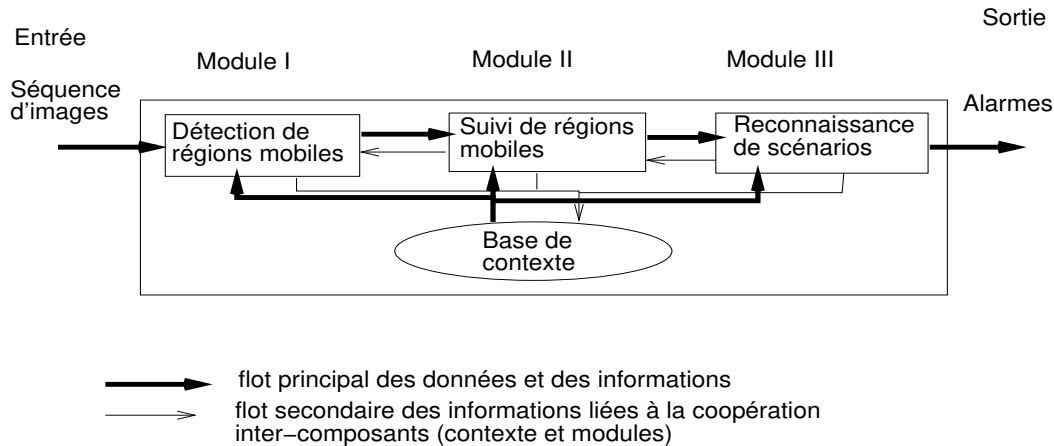


FIG. 2 – Architecture d'un système d'interprétation de séquences d'images.

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 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

- 
- [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. BJAOUI, « 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.
- [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.

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 avons expérimenté 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 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 automatisa-tion 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<sup>+</sup>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].

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

- 
- [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<sup>+</sup>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.
- [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.



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, version 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 :** Sabine Moisan, Annie Ressouche.

**Résumé :** *Cette année, nous avons focalisé nos recherches principalement 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 tels systèmes, dont les différents constituants peuvent être localisés sur différents sites. Nous avons aussi étudié des possibilités d'enrichir la représentation des connaissances offerte pour le pilotage.*

### 6.1.1 Serveur de partage de bases de connaissances

**Participants** : Sabine Moisan, Anissa Omrane, Annie Ressouche.

Dans le cadre d'une coopération STIC avec la Tunisie (ENSI de Tunis), un stage a permis de réorganiser le code du serveur réalisé l'an dernier, afin d'améliorer sa maintenance. Ce serveur dédié au pilotage donne accès à des bases de connaissances en pilotage de programmes afin de permettre l'accès collaboratif à des codes distants et le partage de codes entre équipes. Il permet à plusieurs groupes d'utilisateurs de partager des bases de connaissances (mais pas encore de les exécuter). Il offre un mécanisme de protection de ces ressources grâce à des techniques d'authentification et d'attribution de permissions. Il permet une administration partagée entre plusieurs administrateurs et il est portable sur tout environnement et plate-forme reconnaissant Java.

Durant le stage, le code Java concernant la gestion des utilisateurs a été remanié et le modèle de communication simplifié, en utilisant un dialogue applets/servlets basé sur l'utilisation de *URL connections* en Java. Nous avons aussi utilisé un autre type de serveur de servlet (JSDK au lieu de Jetty).

### 6.1.2 Enrichissement de la représentation des connaissances

**Participants** : Sabine Moisan, Laurent Quintian, Jean-Paul Rigault.

Les notions de rôle et de point de vue peuvent s'avérer utiles dans la description des connaissances, afin de modéliser des points de vue sur les éléments de connaissance, ou des rôles joués par ces éléments. Il est donc intéressant de proposer des capacités à gérer ces notions dans la boîte à outils de LAMA dédiée à la génération de langages de description des connaissances.

La « séparation des préoccupations » (*separation of concerns*) est un paradigme émergent dans le monde des objets, dont l'objectif est de séparer clairement - aussi bien pendant la conception que dans l'implémentation - les comportements correspondants aux différentes activités des objets. Nous avons réalisé cette année une étude bibliographique sur les méthodes, langages et outils récemment apparus autour de ce paradigme et leurs apports potentiels à la représentation des connaissances. Les travaux en question ont dégagé de nombreux concepts (rôles, aspects, sujets, filtres de composition, points de vue, ...), ont proposé des schémas architecturaux de représentation (*patterns*) et ont développé des techniques et des outils associés : métaprogrammation, composition de méthodes, « tissage des aspects » (*aspect weaving*), *composition filters*...

Cependant, les outils réellement disponibles sont peu nombreux et la composition de comportements est difficile à automatiser. Les techniques de métaprogrammation, que nous avons déjà utilisées pour le framework BLOCKS, semblent rester les meilleures candidates pour une implantation opérationnelle. Nous envisageons donc de continuer avec ces techniques et d'utiliser des outils comme OpenC++, pour enrichir les capacités des langages de description de connaissances constructibles par LAMA.

## 6.2 Plate-forme logicielle de développement de SBC

**Participants :** Sabine Moisan, Annie Ressouche, Jean-Paul Rigault.

**Résumé :** *Nous nous intéressons aux problèmes de réutilisation logicielle, de support et de fiabilité dans la conception des systèmes à base de connaissances, 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 LAMA, 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 enrichi la plate-forme LAMA pour élargir son champ d'application aux systèmes d'interprétation.*

Les évolutions dans la plate-forme ont porté tout d'abord sur un enrichissement du framework BLOCKS. Le sous-framework dédié au pilotage (i.e. la couche pilotage de BLOCKS) étant arrivé à une certaine maturité, nous avons cette année commencé à ajouter les composants réutilisables dédiés aux moteurs d'interprétation d'images. Notre approche, qui s'apparente à celle des « component frameworks » en génie logiciel, permet le développement de plusieurs moteurs à partir de composants adaptables. La nouvelle couche dédiée à l'interprétation nous a permis, dans un premier temps, de réaliser un moteur de catégorisation d'objets.

La plate-forme s'est aussi enrichie d'outils supplémentaires pour la vérification des moteurs.

### 6.2.1 Moteur de catégorisation TACLE, version 1

**Participants :** Isabelle Colin, Sabine Moisan, Monique Thonnat.

Une première version d'un moteur de catégorisation, nommé TACLE, a été réalisée grâce à la plate-forme. Ce moteur permet de classer un objet dans une taxonomie prédéfinie (description hiérarchique de l'ensemble des classes d'objets possibles). Si l'objet n'est pas parfaitement conforme à la description d'une classe, le moteur peut proposer une liste de classes dont les caractéristiques sont proches. Ce type de raisonnement répond (partiellement) aux besoins en interprétation d'images. Le moteur utilise la théorie des possibilités pour représenter les connaissances et raisonner sur ces connaissances, car les données caractérisant l'objet à reconnaître peuvent être entachées d'incertitudes ou d'imprécisions. TACLE doit encore être testé sur des bases de connaissances (par exemple en pallinologie et en astronomie). Ce moteur est amené à être étendu, pour prendre en compte une part plus importante des problèmes liés à l'interprétation d'images.

Associé à ce moteur, nous avons défini un langage de description des connaissances pour la catégorisation, qui permet de décrire des taxonomies de classes, leurs attributs, etc. et des objets inconnus avec certains attributs valués. De plus, le langage permet de décrire, sous forme de règles de production, les critères nécessaires à la tâche de catégorisation (règles de classification principalement). Un mécanisme automatique permet de répartir les règles exprimées

par l'expert en les rattachant aux classes où elles sont pertinentes pour la catégorisation. Une première maquette d'interface graphique a aussi été réalisée.

Le moteur et le langage reposent sur les composants offerts par la plate-forme LAMA et sur les extensions qui ont été réalisées pour les besoins de la tâche de catégorisation. Dans BLOCKS, ces extensions constituent le début d'une couche de composants spécifiques à l'interprétation, couche qui est amenée à s'étendre autant que celle pour le pilotage. Ce premier moteur orienté vers la tâche d'interprétation va aussi nous permettre de commencer à expérimenter les communications entre pilotage et interprétation.

### 6.2.2 Vérification de moteurs

**Participants :** Sabine Moisan, Annie Ressouche, Jean-Paul Rigault.

Cette année nous avons étudié des modèles synchrones pour modéliser le comportement des moteurs et nous avons mené des expériences avec des outils existants. Le comportement des composants de BLOCKS a été tout d'abord spécifié en utilisant le langage Esterel (et l'outil graphique EsterelStudio commercialisé par Esterel Technologies). Cet outil comporte un simulateur qui nous a permis de visualiser le comportement des objets modélisés ainsi qu'un outil de preuves qui nous a permis de vérifier certaines propriétés relatives au comportement des méthodes des composants. Cette expérience a montré que les modèles synchrones sont bien adaptés pour décrire les comportements des composants d'un moteur, mais l'utilisation directe des outils existants s'avère difficile car l'application des techniques de vérification du domaine synchrone aux systèmes à base de connaissances est une approche nouvelle qui demande une adaptation tant au niveau de la définition du modèle qu'au niveau de la conception des outils.

Nous avons donc conçu un modèle synchrone mieux adapté à notre problématique et sur lequel les techniques de model checking sont valides. Pour ce faire, nous avons défini un langage de spécification comportemental pour décrire le fonctionnement des moteurs. Ce langage est inspiré du langage graphique Argos et il est bien adapté à la modélisation du comportement des composants de BLOCKS. Il manipule essentiellement des automates et il est muni d'un opérateur de parallélisme et d'une opération de hiérarchie qui permet de raffiner les états des automates. Il diffère d'Esterel dans la mesure où les opérateurs sont plus simples et n'entraînent pas de problème de causalité. Ensuite, nous avons donné une sémantique aux comportements décrits par ce langage en terme de machine d'états finis. Ce modèle est bien adapté à la vérification de propriétés de la logique temporelle et aux techniques de *model checking* qui lui sont associées. En particulier, notre langage supporte des techniques de vérification modulaires (par rapport à ses opérateurs). Quant à la preuve de comportement des moteurs ainsi construits, on peut envisager soit d'introduire les techniques de model checking directement dans l'environnement de développement, soit d'interfacer des outils existants.

Il reste encore à envisager la conception pratique d'outils réalistes. Dans un premier temps, nous pensons introduire notre langage dans Ptolemy II. C'est un système hétérogène et ouvert pour modéliser et simuler des systèmes qui offre la possibilité de définir son propre domaine de calcul. Ceci devrait nous permettre d'avoir un simulateur du langage et d'interfacer les outils de model checking existants. A plus long terme, nous envisageons de réaliser un outil dédié. De plus, le domaine de la conception de systèmes de base de connaissances a de multiples facettes

(comme la distribution des moteurs, l'utilisation des outils générés à travers le réseau, etc.) qui posent des problèmes nouveaux en matière de vérification.

### 6.3 Interprétation automatique de séquences d'images

**Participants :** François Brémond, Nathanaël Rota, 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. Nous avons appliqué ces techniques dans le cadre de trois projets : l'action de développement Telescope2, le projet européen ADVISOR et un nouveau projet avec la RATP.*

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. Notre approche d'interprétation de séquences vidéo est basée sur une modélisation a priori de l'environnement observé (ou décor de la scène).

Cette année, nous avons poursuivi nos travaux sur la détection de personnes, nous avons proposé de nouvelles approches pour le suivi spatio-temporel d'individus, l'analyse de groupes d'individus, la reconnaissance de comportement humains, la visualisation de comportements humains et l'apprentissage de paramètres pour notre plateforme logicielle. Nous avons appliqué ces diverses techniques dans le cadre de trois projets : l'action de développement Telescope2, le projet européen ADVISOR et un nouveau projet avec la RATP.

#### 6.3.1 Détection de personnes

**Participants :** Olivier Bertrand, François Brémond, Binh Bui, Monique Thonnat.

Dans le système d'interprétation de séquences vidéos, une première étape essentielle consiste à détecter les personnes évoluant dans la scène. Une erreur commune de détection est de détecter comme une seule région mobile (1) une personne tirant, poussant ou portant des objets (valise, sac, poussette,...), ou (2) plusieurs personnes proches ou se superposant (les unes derrière les autres).

Pour résoudre ce problème, cette année, nous avons proposé une méthode permettant de découper une région mobile dépassant (plus large que) le modèle d'une personne isolée en des

régions mobiles correspondant au mieux au modèle d'une personne. Le modèle d'une personne est constitué de la hauteur, la largeur et la longueur en 3D (i.e. taille réelle en cm) d'une personne typique évoluant dans la scène. Pour découper une région mobile, nous disposons des informations provenant d'une caméra observant la scène vue d'en haut (i.e. plongeante). Pour chaque région, nous calculons les points potentiels de séparation. Pour cela, nous calculons l'histogramme des pixels de chaque région comme le montre la figure 3. Lorsqu'une vallée est détectée entre deux sommets, nous considérons cette vallée comme un point potentiel de séparation entre deux personnes à isoler et les sommets comme les centres de ces personnes. Si la taille (la hauteur, longueur et largeur) des personnes ainsi isolées correspond au modèle d'une personne alors ce point de séparation est valide.

Une fois qu'un point de séparation est calculé, nous coupons la région mobile à cet endroit pour former deux nouvelles régions. Ensuite, nous re-calculons tous les attributs de ces deux nouvelles régions et nous les re-classons en personne isolée. En particulier, nous approximations les nouveaux centres de gravité de chaque région à partir de l'histogramme.

Cette méthode sépare correctement des personnes proches (ou se superposant partiellement) en fonction de la position de ces personnes par rapport à la caméra et ne permet pas de résoudre complètement le problème de détection de personnes. Cependant, un de nos objectifs est d'obtenir une interprétation de la scène parfaite impliquant une détection de haute qualité. Pour cela, nous avons besoin d'informations supplémentaires et nous avons mis en place un site prototype constitué d'un accès équipé d'une caméra observant la scène vue d'en haut et de capteurs latéraux (23 cellules optiques et 3 caméras observant la scène vue de côté). À l'aide de ces capteurs latéraux, nous calculons de façon statistique le pourcentage des zones non en mouvement (au niveau supposé de la hanche des personnes) à l'intérieur des régions mobiles à découper. À partir de ce pourcentage nous calculons précisément les points de séparation de ces régions. Lorsque nous avons suffisamment de capteurs latéraux, nous obtenons une détection de personnes de bonne qualité (50% de détection correcte de personnes isolées pour chaque image des séquences traitées avec des cellules optiques disposées tous les 20cm). Nous pensons qu'en optimisant la position des capteurs latéraux dans l'accès et en utilisant la cohérence temporelle des régions mobiles, nous pourrions obtenir une détection de personnes parfaite. En effet, il suffit d'associer correctement les régions mobiles à leur modèle une fois (i.e. une seule image) pendant le passage d'une personne pour obtenir une interprétation parfaite de la scène.

Une autre façon d'améliorer la détection de personnes consiste à affiner la description des régions mobiles. Par exemple cette année, nous avons calculé les couleurs dominantes des régions mobiles dans une séquence vidéo, pour apporter une aide dans le suivi d'individus. Ces travaux se sont déroulés en trois temps :

- Tout d'abord, on a cherché à concevoir et à programmer des algorithmes permettant d'extraire les couleurs dominantes d'une région mobile donnée. Deux algorithmes, l'un basé sur l'algorithme des "nuées dynamiques", et l'autre sur une recherche de "gaussiennes" dans l'histogramme des pixels d'une région, ont été finalement implémentés.
- Ensuite, ces algorithmes ont été testés et évalués selon différents codages couleurs et on a défini une notion de "distance" entre deux régions, du point de vue des couleurs dominantes.
- Enfin, le module de suivi a été enrichi de manière à utiliser les couleurs dominantes

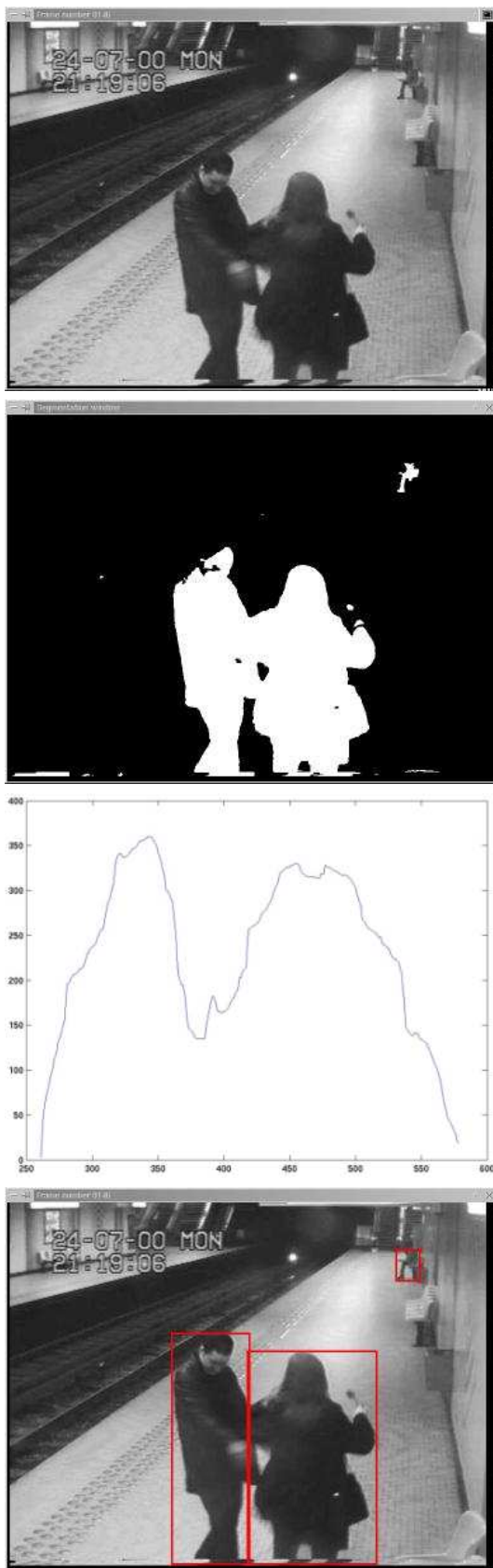


FIG. 3 – Découpage d’une région mobile. (a) Image brute ; (b) Deux personnes sont détectées comme une seule région mobile ; (c) Histogramme de cette région mobile montrant la fréquence des pixels en mouvement en fonction de leur abscisse : une vallée est détectée à la position 380 ; (d) Cette région mobile est découpée en deux régions mobiles classées “personne”.

des régions mobiles et leur “distances” réciproques dans le choix des meilleures pistes à associer aux individus détectés. Cet apport a permis d'accroître les performances du suivi d'individus sur certaines séquences, tout particulièrement en résolvant un problème d'échange de pistes lors du croisement de deux individus.

### 6.3.2 Suivi spatio-temporel d'individus

**Participants** : Nathanaël Rota, Robert Stahr, Monique Thonnat.

Nous nous intéressons ici au problème de la reconstruction incrémentale de l'évolution de la scène (c'est-à-dire le problème de mise en correspondance temporelle). La méthode proposée consiste en le calcul d'un diagnostic optimal de l'évolution du système entre deux frames. A partir d'un ensemble de primitives, appelées fonctions de mise en correspondance, on construit à chaque frame, un ensemble de diagnostics possibles dont on garde le plus vraisemblable. Ce diagnostic optimal conditionne alors l'évolution de la description du système.

On définit un ensemble de 7 fonctions de correspondance  $\Phi_j$  de : soit  $P_{t-1}$ , soit  $Q_t$  soit  $P_{t-1} \times Q_t$  dans  $P_t \times T_t$  correspondant aux configurations possibles de correspondance temporelle. Dans le cas général,  $\Phi_j(p_{i,t-1}, q_{j,t}) = (p_{k,t}, t(p_{i,t-1}, p_{k,t}))$ .

- $\Phi_1$  : MATCH( $p_{i,t-1}, q_{j,t}$ ) = ( $p_{k,t}, t(p_{i,t-1}, p_{k,t})$ ) si et seulement si  $p_{i,t-1}$  et  $q_{j,t}$  correspondent au même humain à l'instant  $t-1$  et  $t$ . Le calcul de similarité utilisé est basé, entre autre, sur les attributs numériques de position et de dimension des sommets à comparer. Dans ce calcul de similarité, le poids de chaque composante peut être ajusté :  $p$  position 2D,  $w$  largeur 2D,  $h$  hauteur 2D,  $P$  position 3D,  $W$  largeur 3D,  $H$  hauteur 3D.
- $\Phi_2$  : LOST( $p_{i,t-1}$ ) = ( $p_{k,t}, t(p_{i,t-1}, p_{k,t})$ ) si et seulement si il n'existe aucun  $q_{j,t} \in Q_t$  correspondant à l'humain décrit par  $p_{i,t-1}$ . Si un humain est caché (HIDDEN) pendant plus d'un certain nombre (*patience*) de frames, il est considéré comme perdu (LOST).
- $\Phi_3$  : NOISE( $q_{j,t}$ ) = ( $\emptyset, \emptyset$ ) si et seulement si  $q_{j,t}$  ne correspond à aucun humain.
- $\Phi_4$  : EXIT( $p_{i,t-1}$ ) = ( $\emptyset, \emptyset$ ) si et seulement si l'humain correspondant au sommet  $p_{i,t-1}$  ayant quitté la scène à l'instant  $t$ , il n'existe aucun  $q_{j,t}$  correspondant.
- $\Phi_5$  : ENTRY( $q_{j,t}$ ) = ( $p_{k,t}, \emptyset$ ) si et seulement si l'humain correspondant à  $q_{j,t}$  n'était pas présent dans la scène à l'instant  $t-1$ .
- $\Phi_6$  : HIDDEN( $p_{i,t-1}, q_{j,t}$ ) = ( $p_{k,t}, t(p_{i,t-1}, p_{k,t})$ ) si et seulement si l'humain correspondant au sommet  $p_{i,t-1}$  est occulté par un autre humain décrit par  $q_{j,t}$ .
- $\Phi_7$  : APPEARS( $p_{i,t-1}, q_{j,t}$ ) = ( $p_{k,t}, \emptyset$ ) si et seulement si l'humain correspondant à l'ensemble de blobs  $q_{j,t}$  était caché à l'instant  $t-1$  par un autre humain décrit par  $p_{i,t-1}$ .

Soit  $\mathcal{I}$  un diagnostic représentant un arrangement de fonctions  $\Phi_j$  correspondant à une configuration possible de correspondances temporelles à la frame  $t$ . Nous avons, alors,  $Q_t, P_{t-1}$  ainsi que  $n$  diagnostics  $\mathcal{I}_1, \dots, \mathcal{I}_n$  ayant pour évaluation  $e(\mathcal{I}_1), \dots, e(\mathcal{I}_n)$ , dont la forme est :

$$\begin{cases} \mathcal{I}_p &= \{ \Phi_\alpha(p_{i,t-1}, q_{j,t}), \dots, \Phi_\beta(p_{i,t-1}, q_{j,t}) \} \\ e(\mathcal{I}_p) &= e(\Phi_\alpha(p_{i,t-1}, q_{j,t})) + \dots + e(\Phi_\beta(p_{i,t-1}, q_{j,t})) \end{cases}$$

On cherche, au final, à trouver le diagnostic  $\mathcal{I}$  tel que,  $\forall p \in [0, n[, e(\mathcal{I}) = \max_{p \in [1, n]} (e(\mathcal{I}_p))$ . La solution du problème de diagnostic est donc le diagnostic ayant la meilleure évaluation  $e(\mathcal{I})$



parmi tous les diagnostics valides.

Le calcul de  $\mathcal{I}$  utilise un paramètre  $\lambda$  qui peut être vu comme le seuil minimum de similarité lorsqu'on évalue la fonction  $\Phi_1$  : MATCH, définie ci-dessus.

L'avantage de l'approche réside dans la gestion unifiée et simultanée de l'ensemble des caractéristiques du problème (calcul de similarité entre deux individus, problèmes d'entrées/sorties, problème d'occultation dynamique, problème de bruit et de perte de détections).

### 6.3.3 Analyse de groupe d'individus

**Participants** : François Brémond, Frédéric Cupillard, Monique Thonnat.

Dans les applications de surveillance de métro, les individus évoluent souvent en groupe et se superposent rendant difficile leur segmentation en individus isolés. Nous avons développé un algorithme permettant le calcul d'un historique pour chaque groupe présent dans la scène. L'originalité de cet algorithme est que tout groupe de personnes correspondant à un modèle de groupe est suivi globalement et qu'un délai est utilisé afin de suivre de façon cohérente ce groupe sur une longue période de temps. Afin de détecter des événements et de reconnaître des scénarios impliquant les groupes, on calcule et on stocke dans un historique les informations propres à chaque groupe suivi (trajectoire du groupe, positions et tailles 3D du groupe et de ses membres, vitesse latérale entre les personnes du groupe).

Le suivi d'un groupe  $G_i$  consiste à détecter, image après image, les régions mobiles caractérisant les individus appartenant à ce groupe. Pour décider quelles sont les régions mobiles appartenant à ce groupe à l'instant  $t$ , on utilise une fenêtre temporelle de longueur  $N$  ( $N = 20$ ) d'images successives  $[t, t+N]$ . Dans cette fenêtre, on calcule d'abord les "pistes" (définies comme une suite de  $N$  régions mobiles) qui peuvent a priori correspondre aux futures trajectoires des personnes appartenant à ce groupe. On sélectionne l'ensemble des "meilleures" pistes (selon un modèle de piste d'individus évoluant dans un groupe et un modèle de groupe) qui correspondent le mieux aux trajectoires des personnes appartenant au groupe  $G_i$ . Les régions mobiles détectées à l'instant  $t$ , contenues dans cet ensemble de pistes sélectionnées, constituent l'ensemble des individus appartenant au groupe  $G_i$ .

Le suivi de groupe revient donc à effectuer une sélection de pistes (trajectoires) suivant des contraintes liées à des modèles prédéfinis de groupe et de piste.

#### Modèle de Piste

Une piste correspond à une trajectoire potentielle d'une personne évoluant au sein d'un groupe. Si  $t_c$  est le temps courant, une piste est composée d'une séquence temporelle de régions mobiles  $M_k(t), t \in [t_c - N; t_c]$ . Un coefficient de taille  $Size(P_k^{t_c})$  permet de caractériser une piste :

$$Size(P_k^{t_c}) = \frac{\sum_{t \in [t_c - N; t_c]} Size_{3D}(M_k(t))}{N}$$

Avec  $Size_{3D} = Height_{3D} \cdot Width_{3D}$  du rectangle associé à la région mobile. Ce coefficient permet de classer les pistes entre elles. Plus le coefficient de taille  $Size(P_k^{t_c})$  associé à la piste est grand, plus la probabilité que cette piste corresponde à une personne dans un groupe est grande.

#### Modèle de Groupe

Notre modèle de groupe est basé sur les caractéristiques propres d'un groupe réel et sur le type d'interprétation que l'on désire réaliser. Les 3 particularités principales sont :

- **Cohérence de taille (1)** : les membres d'un groupe ont une taille au moins égale à celle d'une personne.
- **Cohérence spatiale (2)** : les membres d'un groupe sont proches les uns des autres.
- **Cohérence temporelle (3)** : afin d'interpréter de façon stable le comportement d'un groupe sur une période de temps assez grande, le nombre de personnes dans ce groupe doit être stable dans le temps. Par exemple, si une personne s'éloigne du groupe à l'instant  $t$  et s'en rapproche à nouveau un peu plus tard, on veut que la région mobile correspondant à cette personne soit maintenue dans le groupe à l'instant  $t$ .

Pour répondre à ces 3 critères, on associe à un groupe  $G_m$  un coefficient de qualité qui caractérise la densité du groupe à travers le temps :

$$Q_{G_m}(t) = \alpha Q_{G_m}(t-1) + (1-\alpha)Q'_{G_m}(t) \quad t > t_0$$

$$Q_{G_m}(t_0) = Q'_{G_m}(t_0)$$

Ce coefficient est composé de 2 parties :

- $Q_{G_m}(t-1)$  tient compte de la valeur précédente du coefficient de qualité et permet, grâce à un coefficient de mise à jour  $\alpha \in [0; 1]$ , d'obtenir un coefficient de qualité stable dans le temps.
- $Q'_{G_m}(t)$  permet de caractériser la densité du nouvel ensemble de pistes sélectionnées dans le groupe  $G_m$  au temps  $t$ . C'est un coefficient de qualité instantané défini à partir de 2 fonctions de la façon suivante :

$$Q'_{G_m}(t) = \sum_{k=1}^{N_{paths}} Size(P_k) \cdot Prox(P_{m,best}; P_{m,k})$$

La première fonction  $Size(P_k)$  correspond au coefficient de taille des pistes sélectionnées. Elle permet de donner plus de poids aux pistes comportant des régions mobiles ayant une grande dimension et répond ainsi au critère de cohérence de taille (1).

La deuxième fonction  $Prox(P_{m,best}; P_{m,k})$  permet de calculer les proximités entre les pistes  $P_{m,k}$  sélectionnées et la piste  $P_{m,best}$ . La piste  $P_{m,best}$  est la piste sélectionnée ayant le plus grand coefficient de taille. Cette piste permet d'approximer la direction principale du groupe. La fonction proximité est définie de la façon suivante :

$$Prox(P_{m,best}; P_{m,k}) = e^{-dist(P_{m,best}; P_{m,k})}$$

$dist(P_{m,best}; P_{m,k}) = \min_{t \in [t_c - N; t_c]} (dist3D(M_{P_k}(t); M_{P_{best}}(t)))$  La distance  $dist(P_{m,best}; P_{m,k})$  entre les pistes  $P_{m,best}$  et  $P_{m,k}$  est définie comme le minimum des distances 3D entre les régions mobiles respectives des 2 pistes détectées au même instant. Si cette distance diminue, alors la proximité entre ces 2 pistes  $P_{m,best}$  et  $P_{m,k}$  augmente exponentiellement. Cette fonction permet de répondre aux 2 critères : cohérence spatiale (2) et temporelle (3). En effet elle assure que les régions mobiles correspondant aux personnes associées à un groupe sont assez proches les unes des autres à l'instant  $t$  (2) ou bien qu'elles le seront au moins une fois dans les  $N$  prochaines images (3).

L'algorithme de suivi de groupe consiste à sélectionner à chaque image et pour chaque groupe l'ensemble des pistes qui rend le coefficient de qualité instantané du groupe le plus grand. Le coefficient de qualité du groupe permet ensuite de décider, en le comparant à un seuil, si le groupe doit être conservé ou supprimé. La sélection des pistes n'est effectuée qu'après un délai de  $N$  images, donc avec un certain recul qui permet d'anticiper toutes les trajectoires

possibles des individus dans un groupe et de décider de façon plus robuste quels individus appartiennent au groupe. Ensuite on calcule et on stocke dans un historique au niveau du groupe les informations permettant de calculer les propriétés nécessaires à la reconnaissance du comportement du groupe (trajectoire du groupe, positions et tailles 3D du groupe et de ses membres, vitesse latérale entre les personnes du groupe).

Cet algorithme a été testé sur plusieurs séquences de métro (la plus longue contient plus de 6500 frames) lors d'une démonstration en mai 2001 en présence d'un représentant de la CEE (voir figure 4).

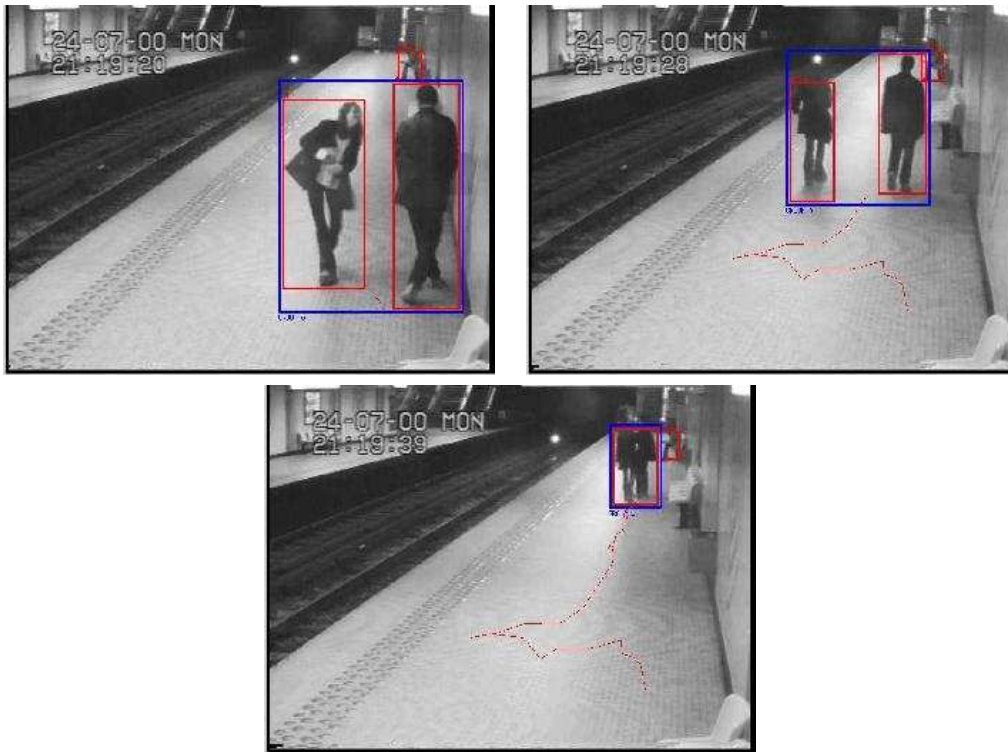


FIG. 4 – Les 3 images illustrent le suivi d'un groupe composé de 2 personnes (représenté dans un rectangle bleu) ainsi que le calcul de sa trajectoire (ligne rouge) sur une période d'environ 32s.

#### 6.3.4 Nouveau formalisme pour la reconnaissance de comportement

**Participants :** François Brémond, Frédéric Cupillard, Monique Thonnat.

Nous avons défini un nouveau formalisme afin d'écrire et utiliser toutes les méthodes (appelées opérateurs) nécessaires à la reconnaissance de comportements. Ce formalisme s'appuie sur 3 idées directrices. La première est que ce formalisme soit souple d'utilisation (i.e. tout type d'opérateur tel un filtre temporel peut-être défini). La seconde est que les opérateurs soient facilement réutilisables en explicitant au niveau des opérateurs toutes les connaissances nécessaires à leur fonctionnement. Enfin que la description de ces opérateurs soit déclarative afin

de construire une bibliothèque d'opérateurs extensible à la demande. Pour calculer toutes les propriétés nécessaires à la reconnaissance de comportement, on utilise un mécanisme générique basé sur la définition d'**Opérateurs** qui sont composés de 4 attributs :

- **Nom de l'opérateur** : indique la propriété à calculer.
- **Entrées** : Accès aux données d'entrée relatives aux acteurs impliqués dans le calcul de la propriété.
- **Fonctions/Méthodes** : Séries de méthodes permettant de calculer la propriété.
- **Sorties** : Résultat du calcul de la propriété enregistré dans un lieu spécifique. Ce résultat correspond à la valeur de la propriété.

Les acteurs impliqués dans le calcul de la propriété peuvent aussi bien être des individus, des groupes d'individus ou des objets du décor (équipements, zones). Les propriétés nécessaires à la reconnaissance de comportement représentent différents types de concepts comme les états, les événements ou les scénarios (qui peuvent combiner des états, événements ou encore d'autres sous-scénarios). Les **Opérateurs** apportent une souplesse d'utilisation au mécanisme de reconnaissance car ils permettent de tester plusieurs méthodes pour calculer une propriété indépendamment des entrées et sorties. Il est ainsi possible de changer une méthode pour calculer une propriété sans devoir modifier ses entrées et sorties. De plus, l'enregistrement des propriétés dans un lieu spécifique leur permet d'être calculées de façon hiérarchique. Par exemple, plusieurs événements peuvent être calculés à partir du même état ou bien un scénario peut être déterminé à partir de plusieurs scénarios déjà calculés. Ce mécanisme basé sur l'utilisation d'**Opérateurs** peut être facilement réutilisable : il est modulable et peut être adapté à différents types de reconnaissance de comportement. Enfin, on envisage de représenter les **Opérateurs** de façon déclarative afin d'abstraire le mécanisme de reconnaissance et de faciliter l'apport et la manipulation de connaissances.

Ce formalisme a été testé lors d'une démonstration en présence d'un représentant de la CEE et a permis de reconnaître 5 types de scénarios tels que : "un individu attend", "un individu court", "un groupe d'individus est agité" (voir figure 5).

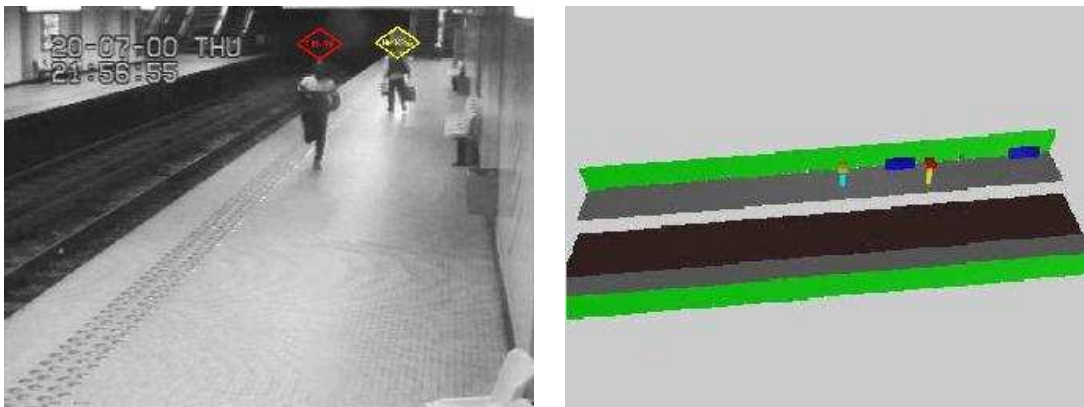


FIG. 5 – Sur l'image de gauche, les scénarios "un individu court" (sous le losange rouge) et "un individu marche" (sous le losange jaune) sont reconnus. L'image de droite montre une animation 3D illustrant ces 2 scénarios reconnus : "un individu court" (sous le cube rouge) et "un individu marche" (sous le cube jaune).

### 6.3.5 Visualisation de comportements humains pour l'interprétation automatique de séquences vidéos

**Participants :** François Brémond, Monique Thonnat, Think Vu Van.

Notre objectif est d'étudier le problème de la simulation pour l'interprétation de séquences d'images. Il s'agit de concevoir un système de visualisation générant des animations 3D à partir des comportements reconnus par un système d'interprétation automatique ou à partir de comportements décrits par un expert. Dans le cadre de cette étude, nous avons utilisé le logiciel de reconnaissance de comportements à partir de séquences vidéos VSIS (Video Surveillance Intelligent System). La visualisation des comportements doit permettre de tester et de valider l'interprétation. L'objectif du système de visualisation est à la fois (1) de rendre compte des calculs de l'interprétation, (2) d'être suffisamment flexible et paramétrable pour tester différentes configurations du système d'interprétation et (3) d'être suffisamment réaliste pour comprendre les scénarios évoluant dans la scène. Nous résolvons ce problème en proposant un modèle hiérarchique et articulé comme modèle générique du corps humain. Le corps humain est constitué d'une hiérarchie de sous-parties dont les éléments de base sont des sphères, des troncs de cône et des parallélépipèdes. Les sous-parties peuvent effectuer des rotations les unes par rapport aux autres. Nous proposons également deux autres modèles hiérarchiques, les modèles génériques de comportements et de scénarios. Un comportement caractérise le mouvement d'une partie du corps humain (ou tout le corps) de l'individu. Ce mouvement correspond aux rotations de la partie autour de ses axes. Un comportement peut être périodique ou apériodique. Pour les comportements apériodiques, la période correspond à la durée du comportement. Pour les comportements périodiques, le nombre des périodes est défini dans le comportement le contenant et la durée du comportement est obtenue en multipliant le nombre des périodes par la période du comportement. Un scénario est représenté comme une liste de comportements (et de sous scénarios) portant sur des individus évoluant dans la scène et sur des objets du décor. Les contraintes temporelles sont exprimées à l'aide des périodes correspondant à la durée de chaque comportement. La figure 6 montre la visualisation du scénario "deux personnes se rencontrent à la machine à café" entre les instants 80 et 240. De plus, nous proposons un modèle générique de scènes rassemblant tous les modèles précédents. Une scène combine et initialise les scénarios prédéfinis. Une scène est constituée du décor où se déroule la scène, des informations concernant la caméra virtuelle correspondant au point de vue par lequel l'animation 3D est visualisée (la position 3D, la direction et la champ de vue), de la liste des acteurs intervenant dans la scène et d'un ensemble de scénarios se déroulant dans la scène. Nous proposons également un langage de description pour représenter ces modèles.

Les résultats déjà obtenus sont prometteurs : nous avons déjà pu visualiser les sorties de VSIS (par exemple, scénario "agression d'un individu") et visualiser les scénarios décrits par un expert (par exemple, scénario "une personne court après une autre"). Enfin, nous avons vérifié que le système de test est cohérent avec VSIS : l'interprétation d'une première vidéo est identique à l'interprétation d'une seconde vidéo générée à partir de la visualisation de l'interprétation de la première vidéo (consultez le site WEB : <http://www-sop.inria.fr/orion/personnel/Think.Vu/TestVSIS/>).

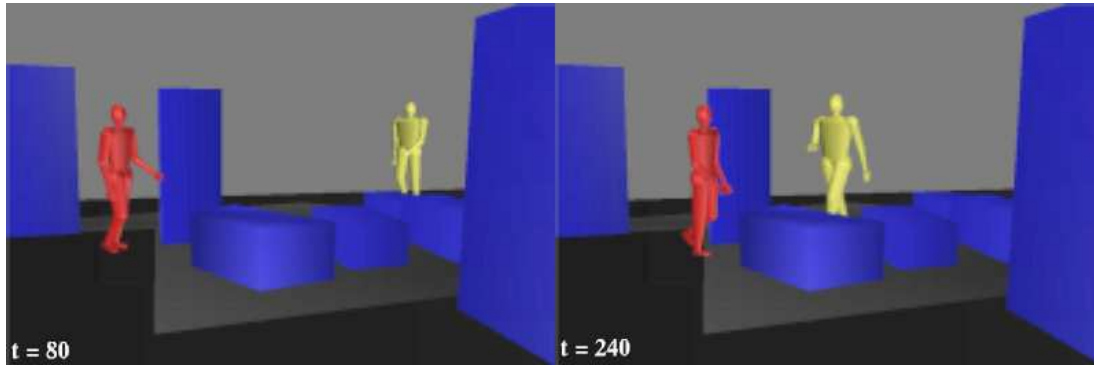


FIG. 6 – Visualisation du scénario " deux personnes se rencontrent à la machine à café " entre les instants 80 et 240.

### 6.3.6 Apprentissage de paramètres

**Participants :** Patrick Nivet, Nathanel Rota, Monique Thonnat.

Le but de cette étude est d'utiliser l'algorithmique génétique pour optimiser les paramètres des méthodes utilisées par notre logiciel d'interprétation vidéo VSIS. Nous avons choisi de nous focaliser sur les premières étapes c'est-à-dire la détection et le suivi de personnes (ou "tracker"). L'étape suivante de reconnaissance de comportements n'est pas prise en compte dans cette étude. Notre approche consiste à trouver les paramètres les plus adaptés à chacune des sous-tâches en considérant la liste des paramètres comme un chromosome. Ainsi, étant donné un résultat connu et idéal d'une sous-tâche donnée, on cherche à déterminer quel type de chromosome amène à ce résultat.

Un cycle se passe en deux temps : évaluation de la population de chromosomes et élaboration de la population suivante. L'évaluation de la population consiste à générer, avec le tracker de VSIS, le graphe des personnes suivies correspondant à chaque chromosome et à lui attribuer un score. L'élaboration de la population suivante comporte quatre parties : sélection, croisement, mutation et normalisation, et a pour but de construire cette nouvelle population en fonction de la précédente et de ses scores d'évaluation. Nous avons ensuite conduit diverses expérimentations, c'est-à-dire nous avons lancé l'algorithme génétique sur un ensemble de séquences vidéos, afin d'en vérifier l'efficacité. Les expérimentations ont été réalisées par étapes successives. Dans un premier temps, l'objectif a été de vérifier la convergence de l'algorithme, en lançant la recherche au voisinage d'une solution parfaitement connue et dont on est sûr de l'existence (un graphe «optimal» a été généré grâce au tracker donc on connaît le chromosome-solution associé). Dans un second temps, toujours en utilisant un graphe généré par le tracker, l'optimisation est lancée à partir d'une population totalement aléatoire. Dans un troisième temps, le graphe optimal utilisé n'est plus issu du tracker puisqu'il est réalisé à la main. Nous ne pouvons donc plus garantir l'existence du chromosome amenant à ce graphe. Suite à cela, deux analyses ont été réalisées : l'étude de la dispersion des valeurs pour chaque paramètre et l'évaluation de la validité sur d'autres séquences d'un jeu de paramètre optimisé.

L'apprentissage de paramètres s'est révélé efficace, mais dans une certaine limite. En effet,

il n'existe pas de jeu de paramètres universel, capable de garantir une bonne interprétation d'une vidéo quelconque. Néanmoins, dans un même contexte, deux séquences vidéos auront un jeu de paramètres optimal très similaire. Il est donc possible d'imaginer un apprentissage sur site lors de l'installation du système dans un endroit donné.

## 6.4 Reconnaissance d'objets complexes

**Mots clés :** classification, image, 3D, pollen, santé, environnement.

**Participants :** Alain Boucher, Nicolas Dey, 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. Nous avons démarré une nouvelle activité en coopération avec l'INRA à Sophia Antipolis pour la détection et l'interprétation de pathologies de rosiers à partir d'images obtenues par vidéomicroscope.*

### 6.4.1 Reconnaissance de pollens

**Participants :** Alain Boucher, Monique Thonnat.

Le projet ASTHMA, démarré en octobre 1998 pour une durée de trois ans, s'est terminé à la fin de septembre 2001. Ce projet avait 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, nous avons étudié la faisabilité d'un système de reconnaissance semi-automatique de pollens, 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, tâche 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 3D [Maz97]. 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 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 :

---

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

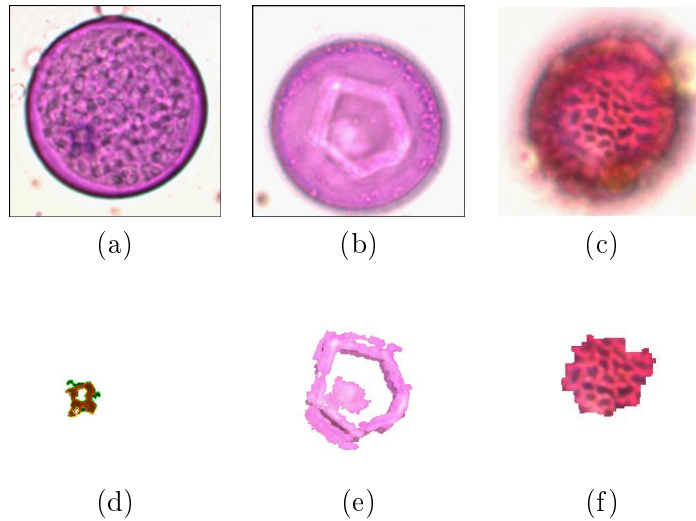


FIG. 7 – Résultats d'extraction de caractéristiques essentielles pour la reconnaissance et la classification de grains de pollen.

- (a)(d) Le pore du Poaceae.
- (b)(e) Le cytoplasme du Cupressaceae
- (c)(f) Le réticule de l'*Olea*.

- *Classification grossière* : La stratégie de reconnaissance commence par calculer un certain nombre de mesures (2D) sur la coupe centrale du grain, comme la taille, la couleur moyenne (RVB), la forme, la convexité, . . . A ces mesures on ajoute les informations sur la date et le lieu de l'échantillon. Ces informations, externes à l'image, sont comparées au calendrier pollinique (date de floraison des différents types). La combinaison des différentes mesures et des informations extérieures à l'image permet d'établir les premières hypothèses sur la nature du grain. Ces hypothèses guideront la suite des traitements. Par exemple, un grain brisé, détecté par sa forme, conduira le système à examiner la possibilité que ce grain soit de type Cupressaceae.
- *Classification fine* : 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.

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 similaires possédant des caractéristiques similaires. Quelques structures des grains de pollen sont identifiées comme par exemple le pore avec annulus des Poaceae, le cytoplasme des Cupressaceae, ainsi que le réticule des *Olea* et des types similaires (figure 7).

Deux types de résultats ont été obtenus dans ce projet. Premièrement, l'étude principale a porté sur des images de référence, c'est-à-dire des images de vrais grains de pollens, mais sans occlusion par des poussières ou autres particules. En utilisant la méthode "leave-one-out" sur une base de 350 grains de pollen, nous obtenons un taux de reconnaissance global (32 classes) de 77%, et un taux de 99% si on se concentre uniquement sur les types de pollens allergéniques (5 classes). D'autres tests sur des bases d'images acquises avec des conditions d'éclairage différentes montrent un taux de reconnaissance d'environ 40%.

Le deuxième type de résultat concerne les images aérobiologiques, c'est-à-dire des images de vrais pollens acquises en conditions réelles, avec de la poussière et d'autres particules pouvant gêner l'identification du pollen. Sur ces images, la difficulté supplémentaire est d'isoler le grain de pollen de la poussière qui le recouvre partiellement et de travailler par la suite sur des données incomplètes concernant ce grain. Dans ces conditions difficiles, le système a obtenu un taux de classification de 30%.

Ces résultats sont encourageants dans la mesure où ils démontrent la faisabilité accrue de la reconnaissance de pollen et ce autant sur des images de références que des images acquises en conditions réelles. Les travaux futurs sur ce système porteront sur la robustesse du système face aux conditions d'acquisition des images et sur l'apprentissage automatique de méthodes de détection des caractéristiques plus avancées en interaction avec les experts.

#### 6.4.2 Modélisation de la formation d'images de pollens

**Participants :** Alain Boucher, Nicolas Dey, 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. Le spécimen étant translucide, les zones situées au-dessus et en-dessous de la zone focalisée (qui apparaît nette) contribuent aussi à la formation de l'image, mais elles apparaissent "floues" et dégradent la qualité de l'image. 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 est modélisé comme une répartition 3-D d'indice de réfraction complexe. Cet indice  $n = n_r + i.n_i$  est composé d'une partie réelle  $n_r$  qui gère la réfraction et d'une partie imaginaire  $n_i$  qui gère l'absorption. Lorsque nous simulons une source lumineuse, la lumière interagit avec cet objet pour donner une répartition lumineuse 3-D. Le phénomène de la réfraction est en cours d'incorporation au modèle, et dans une première approximation, seul le phénomène d'absorption est pris en compte.

Après discrétisation selon les 3 directions, on obtient une succession discrète de plans-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. 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 fonction caractéristique du microscope, la Réponse Impulsionnelle, où la défocalisation  $\varepsilon$  intervient. Il est en fait plus commode de travailler avec la fonction équivalente à la Réponse Impulsionnelle dans le plan des fréquences spatiales : la Fonction de Transfert Optique (F.T.O.). Elle ne dépend que de paramètres physiques du microscope. On a adopté le modèle de Stockseth [Sto69] qui s'écrit (Eq. 1) :

$$H(q, \varepsilon) = (1 - 1.38 \left(\frac{q}{f_c}\right) + 0.0304 \left(\frac{q}{f_c}\right)^2 + 0.344 \left(\frac{q}{f_c}\right)^3) Jinc\left(4k w(\varepsilon) \left(1 - \frac{q}{f_c}\right) \frac{q}{f_c}\right) \quad (1)$$

où  $q = \sqrt{x^2 + y^2}$ ,  $Jinc(x) = 2 \frac{J_1(x)}{x}$  avec  $J_1$  le premier ordre de la fonction de Bessel,  $f_c = \frac{2A}{\lambda d_f}$  est la fréquence de coupure et  $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ . Stokseth note  $w(\varepsilon) = -d_i + \Delta z(\varepsilon) (1 - \cos \alpha) + \sqrt{d_i^2 + \Delta z(\varepsilon) (\cos^2 \alpha - 1)}$  où  $\alpha = \arctan\left(\frac{A}{d_i}\right)$  et  $\Delta z(\varepsilon) = d_i - \frac{f(d_f + \varepsilon)}{d_f + \varepsilon - f}$  pour un microscope [Cas96].

L'image, enfin, a été modélisée comme étant une somme discrète « d'imagettes », une imagette  $i(x, y, \varepsilon)$  étant donnée par la convolution de  $o(x, y, z)$  avec les différentes Réponses Impulsionnelles défocalisées. Pour valider notre modèle, nous l'avons comparé à une série d'images réelles (Fig. 8). Les images calculées sont représentées sur la Fig. 9.

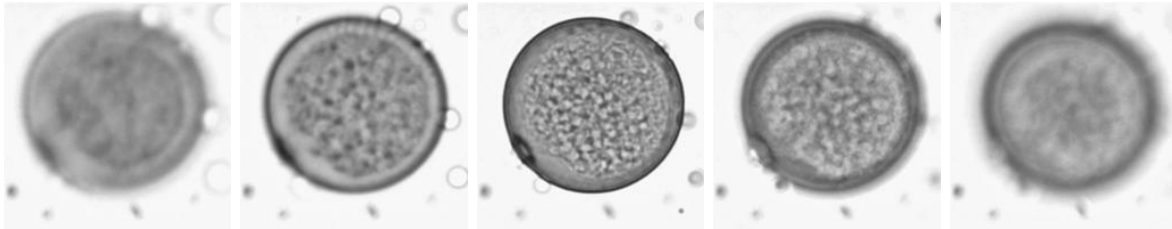


FIG. 8 – Une séquence réelle d'images de pollen d'un grain de Poaceae. Toutes les images correspondent à un focus à l'intérieur du grain.

### 6.4.3 Détection de pathologies du rosier

**Participants** : Alain Boucher, Vincent Leclercq, Augustin Lux, Monique Thonnat.

L'analyse et l'interprétation d'images biologiques, issues de conditions d'acquisition *in situ*, est un problème complexe. Cette année, nous avons étudié la faisabilité d'une détection des pathologies du rosier, et plus particulièrement de l'oïdium. Pour cela, il est nécessaire de connaître, et de modéliser les connaissances issues des experts pathologistes et biologistes.

[Sto69] P. STOKSETH, « Properties of a Defocused Optical System », *Journal of Optic Society of America* 59, 10, octobre 1969, p. 1314–1321.

[Cas96] K. CASTLEMAN, *Digital Image Processing*, Prentice Hall, 1996.

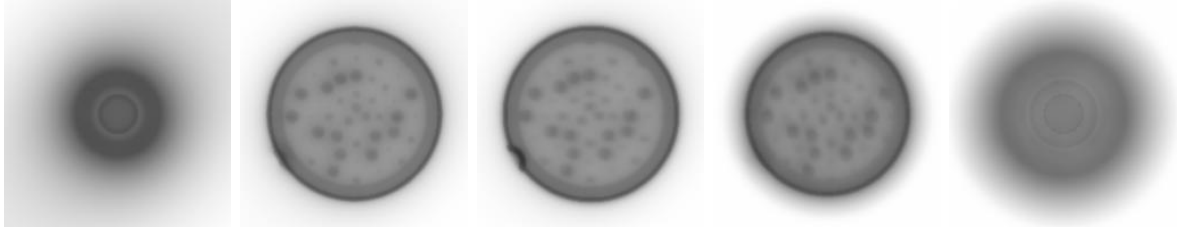


FIG. 9 – Une séquence d’images de synthèse utilisant notre modèle. Comme sur la Fig. 8, toutes les images correspondent à un focus à l’intérieur du modèle de pollen.

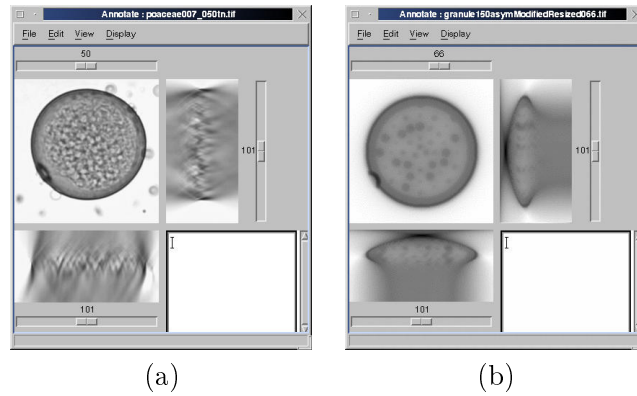


FIG. 10 – Deux séries d’images vues selon 3 directions principales. (a) représente une série réelle d’un pollen de Poaceae tandis que (b) est une série d’images de synthèse calculée à partir du modèle. Sur chaque sous-figure (a) et (b), on peut voir en haut à gauche une vue  $XY$ , l’image au sens habituel 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  $Z$ .

Nous avons étudié les différentes pathologies qui surviennent dans la production de roses, tout d'abord d'un point de vue biologique, puis d'un point de vue des connaissances utilisables dans le cadre d'un processus d'interprétation pour le cas particulier de l'oïdium.

On s'est intéressé ici plus particulièrement à l'aspect acquisition des connaissances et à la mise au point d'une chaîne de vision adaptée au cas de la détection de l'oïdium. Cette chaîne de vision utilise un détecteur de structures curvilignes multi-échelle, basée sur le principe de la sélection automatique de l'échelle et sur une approche par modèles. L'originalité de ce système est qu'il calcule des propriétés surfaciques sur le laplacien de l'image, et non sur l'image elle-même. Les résultats en sortie de ce système sont encourageants, et semblent être un bon point de départ pour une interprétation et une modélisation des éléments trouvés dans la feuille. L'extraction de structures schématiques à partir du laplacien doit être poursuivie, et améliorée, notamment en étudiant l'influence de l'approximation réalisée. De même, une étude a été faite sur les espaces couleurs, dans le but de séparer les images en différentes classes correspondant aux divers cas biologiques. Les conclusions que l'on peut tirer pour cette étude sont que la détection et le suivi de maladies du rosier nécessitent d'arriver à produire une description en entité symbolique des différents éléments présents dans l'image, ce qui représente un travail beaucoup plus étalé dans le temps que l'étude présentée ici.

## 6.5 Plate-forme 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 plate-forme 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.

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 le 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 physiologiquement 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, Philippe Roussel (ESSI, I3S) ainsi que deux partenaires industriels (CEREP, COSE), est de fournir aux équipes impliquées en biologie cellulaire sur la Côte d'Azur une plate-forme expérimentale complète. La participation d'Orion dans ce contexte se situe au niveau de l'intégration logicielle de cette plate-forme.

L'introduction de méthodes automatiques ou semi-automatiques de production, de traitement et d'analyse permet la production de séries suffisantes de biopuces, et rend possible des études détaillées sur le fonctionnement des cellules normales ou pathologiques d'où sortiront certainement de nombreuses applications thérapeutiques ou agronomiques. Un point crucial dans un tel projet consiste à mettre en place des méthodes automatisées de production et d'analyse peu usuelles dans le milieu académique. Une fois de telles méthodes en place, il sera possible d'annoter des séquences, d'interpréter des schémas d'expressions géniques, ou encore d'étudier l'évolution de ces schémas lors de situations physiologiques bien définies. L'objectif de *MedLab* est de fournir aux équipes de biologie de la région PACA-est une plate-forme expérimentale complète permettant la réalisation de biochips dédiées, leur mise en oeuvre et leur interprétation. Les principales composantes de cette partie informatique sont 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. Un des premiers objectifs de la mise en place de la plateforme informatique du laboratoire a été le développement de "cahiers de manip" informatiques, basés sur l'utilisation de SPT1500 (Palm Pilot comportant un lecteur de codes barre intégré).

Parallèlement au développement de ces applications, il nous a fallu concevoir la base de données devant gérer toutes les données relatives à la fabrication des biopuces ainsi que les résultats des quantifications des niveaux d'expression des gènes présents sur ces lames.

Notre effort se porte aussi sur une intégration informatique (logicielle et matérielle) des différents appareils (robot remplissant et vidant les plaques pour les PCRs (Polymerase Chain Reaction, technique de production d'ADN), robot déposant sur les puces, scanner des puces, caméra numérique,...) qui constituent la chaîne de production des puces. Ceci permet aux différentes parties de cette chaîne d'interagir sur les parties en aval. Les différents appareils, par le biais de logiciels, peuvent ainsi extraire des informations de la base de données et mettre directement cette dernière à jour. Le but est d'aller vers une automatisation maximale de la production tout en laissant la place au contrôle humain pour les étapes clés. Parmi les objectifs de ce projet figurent la mise en commun des travaux et ressources avec d'autres plateformes de production de biopuces, ainsi que l'intégration au sein de l'environnement informatique pour la génomique développé au sein de l'action de développement GénoStar, à laquelle Orion participe aux côtés du projet Hélix de l'INRIA Rhône-Alpes, du module d'analyse de données qui sera développé.

## 7 Contrats industriels (nationaux, européens et internationaux)

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

**Résumé :** *En 2001, Orion a continué à participer au projet européen ASTHMA, à l'action Dyade Telescope et au projet européen en vidéosurveillance ADVISOR. Un nouveau contrat industriel a démarré en 2001 avec la RATP pour la classification de voyageurs.*

- Coopération avec Bull dans le cadre de l'action de développement Dyade Télescope puis de l'action Telescope2 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.
- RATP : ce contrat d'une durée de 3 ans et d'un montant de 1.6 MF pour Orion a pour objectif la détection et la classification de différents types de voyageurs en temps-réel.

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) 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.

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

- 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.

- S. Moisan a animé la commission « Connaissances et codes » dans le cadre du Club Gestion des Connaissances, qui réunit des industriels français et européens.

- Participation au projet *MedLab* pour une plateforme expérimentale de réalisation de biochips. Les partenaires sont le CNRS (équipes de Pascal Barbry de l'IPMC, de Richard Kristen, Villefranche), le projet Orion, Philippe Roussel (ESSI, I3S) ainsi que deux partenaires industriels (CEREP, COSE).

### 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 la détection, du suivi et de l'interprétation de séquences vidéo.
- Nous coopérons avec les experts botanistes en palynologie des universités de Cordoba et de Barcelone (Espagne) pour la reconnaissance de grains de pollens.

#### 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 Image and Vision Computing Journal et Pattern Recognition Letters PATREC.
- M. Thonnat a été relecteur des conférences TAIMA2001 et RFIA2002.
- M. Thonnat a fait partie du comité d'organisation de la conférence internationale FG2000 Face and Gesture recognition.
- S. Moisan a été relecteur de la revue TSI.
- S. Moisan a fait partie du comité de programme de la conférence IC'2001, sur l'ingénierie des connaissances.
- F. Brémond a été relecteur de la Special Issue on Intelligent Multimedia Processing de la revue IEEE Transactions on Neural Networks.

### 9.2 Enseignement universitaire

- 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)

### 9.3 Thèses en cours

- Nicolas Dey : Analyse 3D d'images de pollens pour la prévention des allergies, université de Nice-Sophia Antipolis.
- Celine Hudelot : Interprétation automatique d'images in situ de vegetaux pour la detection et le suivi de pathologies, université de Nice-Sophia Antipolis.
- Nathanaël Rota : Interprétation de séquences vidéo pour la reconnaissance de gestes et de scénarios, université de Nice-Sophia Antipolis (soutenue le 30 octobre).
- Thinh van Vu : Visualisation de comportements humains pour l'interpretation de se-quences video., université de Nice-Sophia Antipolis.
- Jean-Philippe Vidal : Assistance au calage de codes d'hydraulique, Institut National Polytechnique de Toulouse (Démarage le 1er décembre).

### 9.4 Participation à des colloques, séminaires, invitations

A. Boucher a été invité le 9 mars 2001 à l'ENST pour présenter ses travaux sur la Reconnaissance semi-automatique de grains de pollen dans le cadre de l'Operation 6.2 - GDR-PRC ISIS & I3 sur Systemes Complexes pour la COmprehension de la Parole et des Images (Animateurs : C. Garbay, TIMC, Grenoble et P. Dalle, IRIT, Toulouse)

N. Dey a présenté ses travaux sur la Modélisation et l'étude de la formation de l'image d'un objet 3D translucide dans le cadre des Journées de travail Numérisation et Modélisation



3D du GDR-PRC ISIS (CNRS) GT5 Vision les Mercredi 24 et jeudi 25 janvier 2001 à l'ENST à Paris.

M. Thonnat a été invitée du 18 au 25 mars à Taiwan pour faire une présentation au workshop INRIA-NSC sur le multimedia et XML à Puli et pour visiter l'Academia Sinica et la National University of Taiwan à Taipei.

M. Thonnat a été invitée les 6 et 7 avril à Hong-Kong University pour présenter ses travaux sur Image Understanding Techniques for Visualsurveillance dans le cadre d'une journée scientifique sur le thème de l'Image et la Vision.

M. Thonnat a été invitée du 7 au 10 octobre aux Ateliers TAIMA01 à Hammamet (Tunisie) pour présenter ses travaux sur Analyse de scènes de bureaux pour la communication video.

S. Moisan a été invitée au séminaire sur les Synchronous languages à Dagstuhl (D) du 4 au 7 décembre.

Le professeur Hilary Buxton de l'Université du Sussex, Cognitive and Computing Sciences (UK) a été invitée pendant 3 mois (d'octobre à décembre) pour coopérer avec Orion sur le thème des techniques d'apprentissage numérique en vision cognitive.

## 10 Bibliographie

### Ouvrages et articles de référence de l'équipe

- [1] F. BRÉMOND, M. THONNAT, « Issues of representing context illustrated by video-surveillance applications », *International Journal of Human-Computer Studies Special Issue on Context 48*, 1998, p. 375–391.
- [2] N. CHLEQ, F. BREMOND, M. THONNAT, *Advanced Video-based Surveillance Systems*, édition C.S. Regazzoni, G. Fabri, and G. Vernazza, Kluwer A.P. , Hangham, MA, USA, November 1998, ch. Image Understanding for Prevention of Vandalism in Metro Stations, p. 108–118.
- [3] V. CLÉMENT, M. THONNAT, « A Knowledge-Based Approach to Integration of Image Procedures Processing », *CVGIP : Image Understanding 57*, 2, mars 1993, p. 166–184.
- [4] S. LIU, P. SAINT-MARC, M. THONNAT, M. BERTHOD, « Feasibility study of automatic identification of planktonic foraminifera by computer vision », *Journal of foramineferal research 26*, 2, avril 1996, p. 113–123.
- [5] M. THONNAT, V. CLÉMENT, J. OSSOLA, « Automatic Galaxy classification », *Astrophysical Letters and Communication 31*, 1-6, 1995, p. 65–72.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] M. THONNAT, N. ROTA, « Image Understanding for Visual Surveillance Applications », *in : Third International Workshop on Cooperative Distributed Vision*, Kyoto, Japan, novembre 1999.

## Thèses et habilitations à diriger des recherches

- [10] N. ROTA, *Contribution à la reconnaissance de comportements humains à partir de séquences videos*, thèse de doctorat, université de Nice-Sophia Antipolis, Octobre 2001.

## Articles et chapitres de livre

- [11] P. BONTON, A. BOUCHER, M. THONNAT, R. TOMCZAK, P. HIDALGO, J. BELMONTE, C. GALAN, « Colour image in 2D and 3D microscopy for the automation of pollen rate measurement », *Image Analysis and Stereology* 20, Suppl 1, 2001, p. 527–532, also Proc. 8th European Congress for Stereology and Image Analysis (ECSIA).
- [12] A. BOUCHER, P. HIDALGO, M. THONNAT, J. BELMONTE, C. GALAN, P. BONTON, R. TOMCZAK, « Development of a Semi-Automatic System for Pollen rRcognition », *Aerobiologia, International Journal of Aerobiology*, 2001, (à paraître).
- [13] G. MEDIONI, I. COHEN, F. BRÉMOND, S. HONGENG, G. NEVATIA, « Activity Analysis in Video », *Pattern Analysis and Machine Intelligence PAMI* 23, 8, 2001, p. 873–889.
- [14] S. MOISAN, « Réutilisation et générateurs de systèmes à base de connaissances : le *framework* BLOCKS », *TSI* 20, 4, 2001, p. 529–553.

## Communications à des congrès, colloques, etc.

- [15] A. AVANZI, F. BRÉMOND, M. THONNAT, « Tracking Multiple Individuals for Video Communication », in : *International Conference on Image Processing ICIP'01*, IEEE Signal Processing Society, Thessaloniki, Greece, October 2001.
- [16] F. CUPILLARD, F. BRÉMOND, M. THONNAT, « Tracking Groups of People for Videosurveillance », in : *2nd European Workshop n Advanced Video-based surveillance Systems AVBS'01*, Kingston, UK, September 2001.
- [17] M. DERY, A-M. AND BLAY-FORNARINO, S. MOISAN, B. ARCIER, L. MULE, « Distributed Access Knowledge-Based System : Reified Interaction Service for Trace and Control », in : *3rd International Symposium on Distributed Objects & Applications, DOA'01*, p. 76–84, Rome, Italy, September 2001.
- [18] N. DEY, A. BOUCHER, M. THONNAT, « Modélisation et étude de la formation de l'image d'un objet 3D translucide », in : *2ème colloque francophone méthodes et techniques optiques pour l'industrie.*, Societe Francaise d'Optique, Trégastel, France, November 2001.
- [19] A. LUX, « Tools for Automatic Interface Generation in Scheme 2nd », in : *Workshop on Scheme and Functional Programming, Colloquium principles, Logics, and Implementations of high-level programming languages"*, Florence, Italy, September 2001.
- [20] S. MOISAN, W. LEJOUAD-CHAARI, « Réutilisation intelligente de programmes de vision en environnement distribué », in : *2èmes Ateliers Traitement et Analyse d'Images Méthodes et Applications, TAIMA01*, Hammamet, Tunisia, October 2001.
- [21] M. THONNAT, A. AVANZI, F. BRÉMOND, « Analyse de scènes de bureaux pour la communication video », in : *2èmes Ateliers Traitement et Analyse d'Images Méthodes et Applications, TAIMA01*, Hammamet, Tunisia, October 2001.

## Rapports de recherche et publications internes

- [22] N. ROTA, R. STAHR, M. THONNAT, « AI Techniques for VSIS Human Tracker », *Rapport de Recherche n°4138*, INRIA, février 2001, <http://www.inria.fr/rrrt/rr-4138.html>.

**Divers**

- [23] O. BERTRAND, *Reconnaissance et suivi de couleurs pour une caméra intelligente*, Mémoire, ENS Lyon, 2001, Rapport de stage de 1ere année.
- [24] A. BOUCHER, M. THONNAT, « Deliverable TN5300 : Semi automatic system for pollen recognition : hardware and software description document, user's manuals », 2001, Rapport de contrat ASTHMA ENV4-CT98-0755.
- [25] P. BOUCHER, A. AND HIDALGO, J. BELMONTE, M. THONNAT, C. GALÁN, P. BONTON, R. TOMCZAK, « Final report », 2001, Rapport de contrat ASTHMA ENV4-CT98-0755.
- [26] P. BOUCHER, A. AND HIDALGO, J. BELMONTE, M. THONNAT, C. GALÁN, « Deliverable TN5320 : Pollen analyst knowledge description document », 2001, Rapport de contrat ASTHMA ENV4-CT98-0755.
- [27] B. BUI, F. BRÉMOND, M. THONNAT, « Rapport de fin de phase 1 projet PFC », 2001, Rapport de contrat INRIA/RATP.
- [28] B. BUI, F. BRÉMOND, M. THONNAT, « Rapport tache 1 incrément 1 phase 2 projet PFC », 2001, Rapport de contrat INRIA/RATP.
- [29] F. CUPILLARD, F. BRÉMOND, M. THONNAT, S. MAYBANK, N. SIEBEL, Q. WU, S. VELASTIN, B. LO, « Deliverable R2.1 Report on Calibration, Scene Modelling, Motion Detection and Tracking for Single Camera », 2001, Rapport de contrat ADVISOR IST-1999-11287.
- [30] F. CUPILLARD, F. BRÉMOND, M. THONNAT, « Deliverable R3.1 Report on Single Camera Behaviour Recognition », 2001, Rapport de contrat ADVISOR IST-1999-11287.
- [31] P. HIDALGO, J. BELMONTE, A. BOUCHER, C. GALÁN, M. THONNAT, « Deliverable TN6320 : Pollen recognition system : validation report », Rapport de contrat ASTHMA ENV4-CT98-0755.
- [32] P. HIDALGO, J. BELMONTE, A. BOUCHER, C. GALÁN, M. THONNAT, « Deliverable TN6310 : Pollen recognition tests : results report », 2001, Rapport de contrat ASTHMA ENV4-CT98-0755.
- [33] V. LECLERCQ, *Analyse et interprétation d'images pour la détection de pathologies du rosier*, Mémoire, ENSPS, 2001, Rapport de stage de 3ieme année.
- [34] V. LECLERCQ, *Analyse et interprétation d'images pour la détection de pathologies du rosier*, Mémoire, Université Louis Pasteur Strasbourg I, 2001, Rapport de stage de DEA Informatique.
- [35] P. NIVET, *Optimisation de paramètres par algorithmes génétiques, application à l'analyse vidéo*, Mémoire, Institut de Formation Supérieur en Informatique et Communication, 2001, Rapport de stage de DEA.
- [36] P. NIVET, *Optimisation de paramètres par algorithmes génétiques, application à l'analyse vidéo*, Mémoire, Ecole Nationale d'Ingénieurs de Brest, 2001, Projet de Fin d'Etude.
- [37] L. QUINTIAN, *Séparation des comportements : vers une classification*, Mémoire, Université de Nice, 2001, Rapport de stage de DEA Informatique.
- [38] T. VAN VU, *Visualisation de comportements humains pour l'interprétation automatique de séquences vidéos*, Mémoire, Institut de la Francophonie pour l'Informatique, Hanoi, 2001, Rapport de stage de DEPA.