

---

# Projet SIRAC

## Systèmes Informatiques Répartis pour Applications Coopératives

---

**Localisation :** *Grenoble*

**Mots-clés :** systèmes répartis, mémoire virtuelle répartie, réseaux à haut débit, programmation par composants, protection.

### 1 Composition de l'équipe

#### Responsable scientifique

Roland Balter, professeur, université Joseph Fourier

#### Secrétaire

Béatrice Claudio, contractuelle

#### Personnel Inria

Daniel Hagimont, CR  
Claude Castelluccia, CR, depuis le 1<sup>er</sup> octobre 1996

#### Personnel des établissements partenaires

Fabienne Boyer, MC, université Joseph Fourier  
Sacha Krakowiak, professeur, université Joseph Fourier  
Christine Lacombe, ingénieur d'études INPG <sup>1</sup>  
Jacques Mossière, professeur INPG  
Michel Riveill, professeur, université de Savoie  
Xavier Rousset de Pina, professeur INPG

#### Ingénieur expert

Vincent Roca, du 1<sup>er</sup> octobre 1996 au 30 septembre 1997

#### Chercheurs doctorants

Luc Bellissard, allocataire MENESR  
Christian Jensen, boursier sur contrat  
Olivier Lobry, allocataire MENESR <sup>2</sup>

---

<sup>1</sup>Institut National Polytechnique de Grenoble

<sup>2</sup>co-encadrement avec Imag-LSR

Vladimir Marangozov, allocataire MENESR  
Marie-Claude Pellégrini, boursière CNET  
Jean-Yves Vion-Dury, boursier CIFRE

Les chercheurs doctorants suivants soutiennent leur thèse entre octobre et décembre 1996 et quittent le projet : Slim Ben Atallah (gouvernement tunisien), Adriana Danes (MESR), Rushed Kanawati (gouvernement syrien), Alain Knaff (MESR), Emmanuel Lenormand (MESR), Jay Han (contrat), Elizabeth Pérez Cortés (gouvernement mexicain, Frédéric Saunier (MESR).

## 2 Présentation du projet

L'évolution des systèmes informatiques vers des configurations réparties est un phénomène général qui concerne tous les secteurs d'activité. Elle est favorisée par la généralisation des réseaux de communication et par la tendance des entreprises à décentraliser leurs structures de production et de décision.

Les systèmes pour le développement des applications réparties doivent fournir d'une part l'infrastructure nécessaire au partage d'information entre les machines d'un réseau et à l'exécution répartie de programmes, d'autre part les outils nécessaires à la construction, à l'installation et à l'administration des applications. Ces deux aspects définissent le champ du projet Sirac, dont l'objectif général est de concevoir et de réaliser un environnement pour le développement et l'exécution d'applications réparties.

La démarche suivie s'appuie sur la réalisation de prototypes expérimentaux et sur leur validation au moyen d'applications réelles.

Le projet Sirac a démarré en fin 1994 ; il est devenu projet Inria en fin 1995. Au cours de l'année écoulée, les actions ont été menées dans les deux domaines suivants :

- **Construction d'applications réparties.** L'objectif est de fournir des *outils* répondant à deux besoins : a) construire des applications réparties en combinant des techniques de programmation à base d'objets et des techniques d'intégration de composants ; b) faciliter l'administration, la configuration et l'évolution de ces applications.
- **Services systèmes pour la gestion d'informations réparties.** L'objectif est de fournir un *support générique et efficace* utilisable pour la construction de plates-formes à objets répartis et de serveurs d'objets. Deux aspects sont principalement abordés : la gestion efficace d'informations partagées sur une grappe (*cluster*) de machines, utilisant notamment les techniques de mémoire virtuelle répartie ; les techniques de protection adaptées au partage dynamique d'objets répartis.

Les applications utilisant les méthodes et outils développés dans le projet sont en priorité celles qui ont des besoins intensifs de partage et de communication d'information, et notamment :

- les applications coopératives, ce terme étant pris dans un sens large et recouvrant des besoins de coordination d'activités et de partage d'information. Exemples : téléconférence, édition coopérative de documents, aide à la décision, systèmes intégrés de conception assistée par ordinateur, aide à la formation.
- les services d'information : gérants de bases de données, serveurs pour le *World Wide Web*, serveurs d'information pour les réseaux internes (Intranet).

En fin 1996, nous prévoyons de démarrer une activité de recherche dans le domaine des **protocoles et services système pour réseaux à haut débit**. Cette action est motivée d'une part par l'évolution technique liée au thème des services système (utilisation de réseaux à haut débit pour la construction de serveurs sur réseaux locaux), d'autre part par la demande des utilisateurs (nouveaux services, tels que la diffusion fiable). Cette activité de recherche, soutenue par le recrutement de Claude Castelluccia comme CR au 1<sup>er</sup> octobre 1996, est destinée à terme, à avoir une existence autonome.

## 3 Actions de recherche

### 3.1 Construction d'applications réparties

*Participants* : Luc Bellissard, Fabienne Boyer, Vladimir Marangozov, Michel Riveill, Marie-Claude Pellégrini, Jean-Yves Vion-Dury.

*Mots-clés* : programmation par composants, programmation par objets, connecteurs, applications co-opératives.

#### 3.1.1 Environnement pour la programmation constructive

L'objectif[408] est ici de faciliter le développement et la maintenance des applications réparties, et donc de réduire le coût de ces opérations. Ces applications posent des problèmes de génie logiciel (réutilisation de l'existant, intégration de composants), d'environnement d'exécution (mécanismes de coordination, communication de groupes, sécurité et protection) et d'administration (configuration dynamique, gestion de ressources). Les travaux menés dans les axes suivants visent à résoudre ces problèmes.

• **Modèle d'assemblage et langage de configuration** Une application répartie est définie comme un assemblage de composants logiciels[409] coopérants, dont certains peuvent être des applications existantes. La description globale d'une application comporte deux parties : description des composants, et description de la coordination entre ces composants. La description d'un composant distingue son interface et son implémentation. Les services fournis par un composant et les conditions requises par son utilisation sont définis dans son interface. Celle-ci comporte en outre un ensemble d'attributs utilisés pour le contrôle et l'administration du composant. Les composants peuvent être primitifs, encapsulant un module logiciel (par exemple une application existante ou une bibliothèque) écrit dans un langage de programmation quelconque, ou complexes, c'est-à-dire construits comme une hiérarchie de composants interconnectés.

La description des interactions repose sur le concept de connecteur, un objet de communication qui permet de décrire des schémas d'échange et de synchronisation entre des composants. Certains connecteurs, correspondant à des schémas d'interaction usuels, sont fournis par le système (appel de procédure, émission et traitement d'événements, etc.). Par ailleurs il est prévu de fournir aussi des outils pour la spécification de nouveaux types de connecteurs adaptés aux besoins des applications.

Les éléments du modèle d'assemblage sont intégrés dans un langage de haut niveau, indépendant des langages de programmation. Ce langage de configuration, baptisé OCL (*Olan Configuration Language*), comporte trois parties, pouvant être vues comme trois langages complémentaires, qui permettent de décrire l'interface d'un composant, sa réalisation, et des paramètres de configuration physique.

- Le langage de description d'interface est une extension de l'IDL de CORBA, réalisée à l'aide d'annotations permettant de spécifier non seulement les services fournis mais aussi les services nécessaires au bon fonctionnement du composant et les événements pouvant être émis ou traités par le composant.
- Le langage d'assemblage permet de décrire la manière de construire un composant complexe à partir de composants primitifs et de connecteurs. Il permet, en outre, de décrire la manière dont sont réalisés les composants primitifs (description du fichier source, option de compilation et liaison entre l'exécutible encapsulé et l'interface du composant).
- Le langage de description de configuration permet de spécifier les attributs d'administration qui seront utilisés lors du déploiement de l'application. Aujourd'hui, les attributs d'administration sont limités au placement des composants.

• **Outils de construction et d'administration** Les outils sont destinés à aider le concepteur dans les différentes phases d'élaboration d'une application. Ils peuvent être classés comme suit.

- Outils de conception, utilisant le langage OCL complété par des outils graphiques interactifs, pour la description des composants et des connecteurs associés.
- Outils de configuration, permettant de régler l'application pour la faire fonctionner dans un environnement réparti donné (organisation en sites, utilisateurs, réseaux).
- Outils d'observation, de mise au point et d'administration, permettant de valider, d'adapter ou d'améliorer la conception et la configuration de l'application. L'exécution est visualisée par des moyens graphiques, et l'application peut être modifiée en cours d'exécution.

Ces différents outils utilisent les services de trois machines virtuelles, chargées respectivement de la gestion des composants (création, destruction, placement), de la gestion des connecteurs (création, destruction, interconnexion de composants) et de la gestion de la configuration de l'application (déploiement et reconfiguration).

Au cours de l'année 1995, nous avons construit une application de "réunion virtuelle" (4.1) à l'aide du modèle Olan et de la plate-forme à objets répartis Oode afin de valider le modèle de construction d'applications réparties par assemblage de composants existants.

Le prototype actuel est constitué d'un compilateur qui traite la description des composants (interface et assemblage). La compilation des interfaces produit deux types d'information : un squelette d'adaptateur pour encapsuler du code existant et une description de la signature des interfaces, utilisée par la suite pour adapter les paramètres lors de la phase d'assemblage des composants. La compilation du langage d'assemblage et du langage de description de configuration produit un script qui sera ultérieurement interprété par le gestionnaire de configuration pour déployer l'application.

En vue d'un prototypage rapide, les outils et services sont actuellement mis en œuvre sur la plate-forme à objets répartis ILU, développée par Xerox et compatible avec CORBA et le langage de développement est Python. Un portage est ensuite envisagé sur d'autres plates-formes d'usage commun (autres systèmes CORBA, Windows-COM-OLE, etc.).

### 3.1.2 Applications

Les résultats de cette action de recherche sont utilisés dans plusieurs collaborations industrielles : CNET Paris-A (4.1), CNET Meylan (4.5), GIE Dyade (4.3), Xerox (4.6).

Les applications suivantes sont en outre traitées.

1. *Résolution répartie de problèmes.* Une collaboration avec le projet Sherpa a commencé en 1996, en vue de développer une version répartie du logiciel de résolution de problèmes PowerGene, en utilisant les outils d'Olan. Le système produit doit permettre à des laboratoires de biologie moléculaire de mettre en commun leurs bases d'information pour la résolution coopérative de problèmes de séquençement de gènes.
2. *Collecticiels synchrones.* Les collecticiels synchrones [405] sont souvent construits par intégration d'applications existantes (pour la plupart mono-usager) autour d'un noyau de coordination qui permet de contrôler les interactions entre les participants. Une première expérimentation a été réalisée en collaboration avec le CNET sur la mise en œuvre d'une application de réunion virtuelle (4.1). Un prolongement de cette action a porté sur la description d'une application coopérative de navigation sur le *Web* (CoopGrail). L'objectif de ces expérimentations est de

montrer qu'il est relativement aisé de configurer à la demande une instance d'application coopérative, adaptée à un scénario d'utilisation donné, à partir d'une description du "squelette" de cette application, décrit dans le formalisme OCL.

## 3.2 Services système pour la gestion d'informations réparties

*Participants* : Daniel Hagimont, Christian Jensen, Olivier Lobry, Jacques Mossière, Xavier Rousset de Pina.

*Mots-clés* : mémoire virtuelle répartie, protection, capacités logicielles, *clusters*.

### 3.2.1 Service de gestion d'objets partagés

Le partage d'objets persistants est identifié comme un besoin commun à une large classe d'applications et d'environnements d'exécution répartis, allant des grappes de machines au *World Wide Web*. La présente action vise à fournir des services pour réaliser ce partage de données, qui doit être adaptable, portable, efficace et sûr. Il faut pour cela résoudre les problèmes suivants : gestion de la cohérence et de la synchronisation de données dupliquées ; placement dynamique des objets et de l'exécution ; protection des données et résistance aux pannes.

Le premier champ d'expérimentation est la réalisation d'un service de gestion de données persistantes, appelé Arias, sur une grappe de machines homogènes reliées par un réseau local à haut débit, en utilisant une mémoire virtuelle répartie de grande taille. Les travaux s'articulent autour des axes suivants.

- **Architecture de base** L'architecture de base d'Arias [411] est constituée d'un ensemble de machines clients et de machines serveurs homogènes, connectées sur un réseau local. Ces machines sont des stations Unix munies des services de partage, persistance et répartition. Les machines serveurs sont chargées de la conservation à long terme des données permanentes utilisées par les clients. Clients et serveurs communiquent au travers d'une mémoire virtuelle partagée persistante. Les informations sont organisées en segments[415], de taille fixée à la création, unités de partage, de protection et de stockage. Les segments sont couplés dans la mémoire à des adresses fixes, ce qui permet d'utiliser les adresses comme identifiant unique et ainsi d'améliorer les performances.

- **Service générique de gestion de cohérence** La conception du service de gestion de cohérence[416] repose sur deux choix de base : a) associer la gestion de la cohérence des informations partagées à la gestion de la synchronisation, ce qui améliore l'efficacité des algorithmes. b) définir une interface générique restreinte comportant des fonctions élémentaires, et permettant de construire, à la demande, différents schémas de synchronisation[400]. Ainsi, une application ne paie que le prix des services qu'elle utilise. Des schémas par défaut sont fournis.

- **Résistance aux pannes** L'objectif est d'assurer la permanence des segments en cas de panne d'un site. À cet effet, est fourni un service de stockage[412] qui permet de créer des images de segments sur disque, et un service générique de journalisation. Le service de stockage fournit des opérations de création ou destruction d'une image permanente de segment et de copie atomique d'une page de segment sur son image permanente. Le service de journalisation générique permet à l'utilisateur de créer un journal en lui associant un protocole spécifique de mise à jour. Ce service permet d'implanter indifféremment des journaux contenant des images avant, des images après, ou un mélange des deux.

- **Protection** L'utilisation d'un espace virtuel partagé unique a comme contrepartie la nécessité d'assurer la protection des segments, qui n'est plus garantie par l'isolation entre les espaces virtuels associés aux processus Unix. La protection utilise un schéma classique à base de domaines et de capacités logicielles[414][392], l'appel inter-domaines étant une opération protégée. Les capacités sont

gérées par le système et non manipulées directement par le code des applications, ce qui a le double avantage de ne pas avoir à chiffrer les capacités et de rendre le code indépendant du domaine dans lequel il s'exécute.

Un prototype de l'architecture Arias fonctionne sur le système AIX 4.2, sur un ensemble de machines Bull-Escala, interconnectées par un réseau local Ethernet, avec un degré de robustesse permettant de supporter des applications en vraie grandeur. La première application réalisée est un système de gestion de fichiers répartis (*Cluster File System*, ou CFS). CFS utilise la mémoire virtuelle d'Arias pour répartir un cache de données sur l'ensemble des serveurs d'une grappe. Une première campagne de mesures a été réalisée sur des jeux d'essai "standards" de taille significative. Elle montre que CFS a des performances supérieures, dans beaucoup de cas courants, à celles du système NFS, avec une souplesse d'utilisation et une facilité d'administration supérieures à celles de NFS.

### 3.2.2 Applications

Les résultats de l'action de recherche ci-dessus (3.2.1) sont directement utilisés dans le cadre de l'action Mescaline (4.2) du GIE Dyade. En outre, deux autres opérations sont lancées en fin 1996.

1. *Projet ESPRIT PerDis*. Un projet ESPRIT LTR, réunissant l'Inria (projets Sor et Sirac), le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB), la société IEZ, l'Inesc et *Queen Mary and Westfield College*, doit commencer en décembre 1996. Il a pour objectif de construire une plate-forme de gestion de données persistantes réparties pour l'ingénierie du bâtiment. L'apport de Sirac est la technique de gestion d'une mémoire d'objets répartie, et en particulier les algorithmes de cohérence.
2. *Support pour O2 réparti*. Cette action, menée en collaboration avec le laboratoire Imag-LSR, vise à utiliser le service de gestion de données Arias pour le support d'une version répartie du SGBD à objets O2. Une expérience menée en 1995-96 dans le cadre d'un projet de DEA a donné des résultats encourageants et doit se développer en liaison avec la société O2 Technology.

### 3.2.3 Protection par capacités logicielles

Le schéma de protection par capacités logicielles "cachées" (invisibles depuis le programme des applications) a initialement été introduit pour protéger les segments en mémoire virtuelle (3.2). Deux expériences préliminaires montrent que cette technique a un domaine d'application beaucoup plus large.

- Protection dans un système CORBA. La protection par capacités a été appliquée avec succès à la protection d'objets communiquant à travers Orbix (produit conforme au standard CORBA).
- Protection pour le code mobile. L'utilisation de code mobile (programmes pouvant migrer d'une machine à une autre et s'exécuter sur la machine de destination) pose le problème de la protection des informations et services de la machine destinataire contre de possibles actions malveillantes de la part du programme mobile. Une expérience menée sur la protection par capacités appliquée au système Java[413] a donné des résultats prometteurs, et ce travail sera poursuivi.

## 3.3 Protocoles et services système pour réseaux à haut débit

*Participants* : Claude Castelluccia, Daniel Hagimont, Xavier Rousset de Pina.

*Mots-clés* : protocoles multipoint, réseaux à haut débit, interface réseau-système, protocoles multipoint, clusters.

Le développement des réseaux à très haut débit, aussi bien pour les liaisons à grande distance que pour les connexions locales, modifie profondément les conditions d'utilisation des machines et

l'environnement des applications. Par exemple, sur un réseau local à haut débit, l'accès à la mémoire d'une machine distante est plus rapide que l'accès au disque local.

Cette évolution a un impact sur l'architecture des systèmes et sur les services fournis aux applications, dont la conception actuelle est fondée sur des hypothèses qui deviennent caduques. C'est pourquoi nous lançons une activité dans le domaine des réseaux. Cette activité comprend deux volets :

• **Protocoles de transport multipoints fiables pour l'Internet** Les communications de groupe sont une caractéristique commune des applications coopératives. La disponibilité de protocoles multipoint est donc un élément important pour la construction de telles applications. C'est pourquoi le projet Sirac développe une activité dans le domaine des protocoles multipoint. Dans un premier temps, cette activité concerne les protocoles multipoint fiables sur des réseaux de type "best effort". Il s'agit d'une étude réalisée en coopération avec le projet Rodéo, dont l'objectif est de fournir des services de transport fiables pour des communications multipoint, en s'appuyant sur le protocole IP *multicast*. Les résultats de cette étude seront utilisés directement dans l'application "tableau blanc" développée dans le projet Storia (4.4). Dans une étape ultérieure, l'objectif visé est de fournir un ensemble de protocoles multipoints, assurant des niveaux de fiabilité et de qualité de service variables, utilisables à la demande pour la construction d'applications.

• **Architectures de systèmes pour grappes de machines** Cet axe, qui ouvre des perspectives à moyen et long terme, concerne l'étude des architectures de systèmes pour réseaux locaux ou *clusters* prenant en compte les récents progrès dans le domaine des communications rapides. Ce travail prolonge directement l'activité de Sirac dans le domaine des services systèmes (3.2.1). Les étapes suivantes sont prévues :

- Mise en place d'une plate-forme d'expérimentation comportant une grappe de serveurs reliés par un réseau local à haut débit. Une étude préliminaire est en cours afin de déterminer la technologie de base pour cette étude (ATM, Myrinet et SCI sont les candidats en cours d'évaluation).
- Réalisation de protocoles de communication et de services de gestion d'information utilisant les interfaces fournies par le réseau ; intégration efficace de ces services dans un système d'exploitation réparti.
- Expérimentation et évaluation des services sur des applications définies en liaison avec des utilisateurs.

## 4 Actions industrielles

### 4.1 Action SSSAC (CNET Paris-A)

*Participants* : Slim Ben Atallah, Daniel Hagimont, Jay Han, Christian Jensen, Rushed Kanawati, Michel Riveill.

L'action SSSAC (Services et Support Système pour Applications coopératives) est financée par le CNET (Paris-A) dans le cadre de l'appel d'offre thématique de 1994 portant sur les Systèmes Répartis et les Réseaux Publics. Les objectifs de cette action recoupent ceux des deux axes de recherche principaux du projet : réalisation de services pour objets partagés persistants (3.2.1) ; réalisation d'outils et de services pour la construction d'applications réparties coopératives (3.1.1).

Dans le cadre de ce contrat, une application a été réalisée en coopération avec une équipe du CNET Paris-A. Il s'agit d'un système expérimental de "réunion virtuelle" [406], avec partage de documents (édités par Thot) et échange de commentaires vocaux (utilisant un logiciel existant). Cette expérimentation a permis de comparer deux approches d'intégration d'applications existantes au sein d'un collectif : la première, dite de "bas niveau", réalisée au niveau des événements de l'interface X-Windows

(utilisable avec des applications “fermées” telles que Xfig ou Xpaint) ; la seconde, réalisée au niveau des commandes de l'éditeur Thot, rendue possible par l'existence d'une interface programmatique dans l'éditeur Thot. Une version industrielle (Coopscan) issue de ce travail est développée actuellement par France Télécom.

## 4.2 Action Mescaline (Dyade)

*Participants* : Daniel Hagimont, Xavier Rousset de Pina.

L'objectif de l'action Mescaline est de fournir un support pour la construction de serveurs d'informations sur des plate-formes de type *cluster*. La base de ce travail est le service Arias (3.2.1) réalisé dans Sirac. Les avantages attendus sont une réduction du temps d'accès aux données, grâce aux techniques de cache réparti, et la possibilité d'évolution incrémentale, grâce à la modularité du système. Le service de fichiers répartis CFS (3.2.1) a servi de banc d'essai pour mesurer le gain de performance obtenu par rapport au système de fichiers réparti NFS. Les premiers résultats sont encourageants et conduisent Bull à étudier les moyens de transférer cette technologie dans ses produits. La cible de transfert prioritaire est la mise en œuvre de serveurs d'information extensibles (tels que des serveurs *Web*) à partir de machines de bas de gamme (de type Estrella) mises en grappe. L'application de cette même technologie aux serveurs de haut de gamme (en particulier pour des serveurs permettant l'accès parallèle à des bases de données) constitue un autre axe de transfert potentiel, qui requiert cependant des développements complémentaires. Les personnes de Bull participant à cette action sont Pascal Dechamboux (responsable) et Thierry Jacquin.

## 4.3 Action AAA (Dyade)

*Participants* : Michel Riveill, Luc Bellissard, ingénieur expert à recruter .

L'objectif de l'action AAA (*Agents Anytime Anywhere*) est de construire un environnement pour le développement d'applications réparties à base d'agents (composants actifs autonomes configurables, agissant pour le compte d'un utilisateur en vue d'une tâche spécifiée). La démarche adoptée consiste à enrichir les applications existantes (sans les modifier) en intégrant un certain nombre de fonctions nouvelles réalisées en termes d'agents coopérants agissant pour le compte de ces applications. En 1996, l'action AAA a été principalement consacrée à la mise en place d'un système d'ordonnancement de tâches, à base d'agents coopérants, pour une application de gestion d'entrepôt de données (*Data Warehouse*). En parallèle, un travail a démarré pour réaliser une adaptation des méthodes et outils de programmation constructive développés dans Sirac (3.1.1) au cas particulier des agents coopérants. Ce travail comporte plusieurs facettes : encapsulation d'applications existantes dans des composants ; réalisation des agents agissant pour le compte de ces composants ; dialogue inter-agents. L'objectif à court terme consiste à mettre en place une application de démonstration à base d'agents pour la configuration de l'environnement d'accès d'un utilisateur aux services de *Mail*, de *News* et au *Web*. Dans une étape ultérieure, il est envisagé d'étudier des services pour le commerce électronique. Les personnes de Bull participant à cette action sont Serge Lacourte (responsable), André Freyssinet et Marc Herrmann.

## 4.4 Action Storia (Thomson)

*Participants* : Claude Castelluccia, Vincent Roca.

Le projet Storia (collaboration entre Inria et SGS-Thomson) vise à développer et expérimenter en vraie grandeur des outils et services pour le travail coopératif sur un réseau d'entreprise. Dans le cadre de ce projet, Sirac participe, en coopération avec le projet Rodéo, à la construction d'un service de “tableau blanc” qui s'appuie sur des protocoles multipoints fiables (3.3).

## 4.5 Action ODMA (CNET-Meylan)

*Participants* : Michel Riveill, Marie-Claude Pellégrini.

Cette action débute en octobre 1996. Son objectif est de contribuer au développement d'un environnement pour la gestion du réseau d'accès de France Télécom (partie du réseau téléphonique située entre le dernier commutateur et les abonnés). Ce réseau doit intégrer de nouveaux services à valeur ajoutée, tels que la vidéo interactive par exemple. La coopération avec le CNET concerne les méthodes et outils pour la définition de ces services et leur intégration dans l'environnement global d'administration des réseaux publics de télécommunication. Cette action utilisera les résultats du projet Sirac (3.1.1), adaptés à l'environnement ODMA (*Open Distributed Management Architecture*) choisi par le CNET comme cadre de travail.

## 4.6 Action Coordination (Xerox RXRC)

*Participants* : Jean-Yves Vion-Dury.

L'objectif de la collaboration avec Xerox (Centre de Recherche de Grenoble) est de développer des outils communs pour l'environnement de programmation constructive du projet Sirac et l'environnement de programmation pour le langage CLF (*Coordination Language Facility*) réalisé par Xerox. Le domaine couvert est principalement celui des outils de génie logiciel, intégrant des capacités de visualisation, pour la construction et la mise au point d'applications utilisant ces langages.

Enfin, le projet Sirac entretient des relations avec l'action Médiation de Dyade. L'objectif de cette action, menée en collaboration avec le projet RODIN, est de réaliser des services d'accès à des données hétérogènes réparties. M. Riveill dirige dans ce cadre la thèse de Philippe Bonnet sur la construction de médiateurs.

# 5 Actions nationales et internationales

## 5.1 Actions nationales

- **GDR** Le projet Sirac est membre du pôle "Systèmes d'exploitation répartis" du PRC-GDR PRS (Parallélisme, Réseaux et Systèmes). Sirac est associé à des actions de deux autres GDR : Programmation (pôle "Parallélisme", groupe de travail SOPAD) et Interaction Homme-Machine (sur le travail coopératif).

## 5.2 Actions internationales

### 5.2.1 Europe de l'ouest

- **Groupe de travail Broadcast (ESPRIT)** Le projet Sirac participe au groupe de travail Broadcast (*Basic Research On Advanced Distributed Computing: from Algorithms to SysTems*). Faisant suite à un projet *Basic Research* du même nom, Broadcast regroupe les principaux groupes de recherche actifs dans ce domaine en Europe, autour des aspects algorithmiques et architecturaux des grands systèmes répartis. Le dernier *workshop* du projet a été organisé à Grenoble en juillet 1995.

- **Réseau d'excellence CaberNet (ESPRIT)** Le projet Sirac participe au réseau d'excellence de la CEE *Distributed Computing Systems Architecture*, aussi appelé *CaberNet*. Les actions portent sur le renforcement des réseaux de communication et sur des échanges post-doctoraux.

## 5.2.2 Europe de l'est

Dans le cadre du programme Tempus, le projet Sirac a accueilli pendant 6 mois un stagiaire roumain, Andrei Rares.

# 6 Diffusion des résultats

## 6.1 Actions d'enseignement

R. Balter et S. Krakowiak font des cours au DEA "Informatique : Systèmes et Communication" (université Joseph Fourier et Institut National Polytechnique de Grenoble), respectivement : "Principes des systèmes répartis" et "Construction des applications réparties".

J. Mossière fait un cours de "Systèmes répartis" en 3<sup>e</sup> année de l'Ensimag (INPG).

M. Riveill fait un cours sur les "Principes des systèmes répartis" au DEA d'Informatique à l'université de Savoie.

X. Rousset de Pina fait un cours "Architecture des Réseaux" en 3<sup>e</sup> année de l'Enserg (INPG).

## 6.2 Participation à des colloques

Des membres de l'équipe ont participé à des conférences et *workshops* ; on se reportera à la bibliographie pour en avoir la liste.

## 6.3 Conférences invitées, tutoriels, cours, etc.

Les membres du projet ont participé aux activités suivantes.

- École Inria sur la Construction d'Applications Réparties (Saint-Malo, septembre 1996), faisant suite aux trois éditions d'une École sur les Systèmes d'Exploitation Répartis en 1990, 1991 et 1993 (R. Balter, co-directeur ; S. Krakowiak, M. Riveill, enseignants). Cette École a accueilli 35 participants. Il est envisagé de la rééditer en 1997.
- École Européenne sur les Systèmes Répartis (ERSADS), organisée dans le cadre du Pôle Universitaire et Scientifique Européen de Grenoble en avril 1995 (S. Krakowiak, co-directeur). L'École sera reprise en 1997 (S. Krakowiak, membre du Comité Scientifique).
- Participation de M. Riveill à l'École sur le Placement Dynamique et la Répartition de Charge (Giens, juillet 1996), organisée par le GDR PRS.

Les membres doctorants du projet ont été actifs dans l'organisation des Journées des Jeunes Chercheurs en Systèmes Informatiques Répartis, avec le Réseau Doctoral du MENESR.

## 6.4 Comités de programme

D. Hagimont : participation aux comités de programme des *Journées Mémoire Partagée Répartie*, 1996 ; co-organisation du *Cabernet Radicals Workshop*, 1996.

S. Krakowiak : participation aux comités de programme de *IEEE Workshop on Services in Distributed and Networked Environments (SDNE)*, 1995 ; *15th ACM Symposium on Operating Systems Principles (SOSP)*, 1995 ; *International Workshop on Object-Orientation in Operating Systems (IWOOS)*, 1996 ; *Rencontres Françaises du Parallélisme (RenPAR-8)*, 1996 ; *EuroPAR Conference*, 1996.

M. Riveill : participation aux comités de programme des *Journées Mémoire Partagée Répartie*, 1996 ; *Rencontres Françaises du Parallélisme (RenPAR-8)*, 1996 ; *Contrôle Réparti dans les Applications Coopératives (CRAC)*, 1996.

## 6.5 Animations scientifiques

S. Krakowiak est responsable du pôle “Systèmes d’exploitation répartis” du GDR-PRC “Parallélisme, Réseaux, Systèmes”.

M. Riveill est co-responsable du groupe de travail SCOOP (travail coopératif) du GDR “Communication Homme-Machine”.

## 7 Publications

### Thèses

- [371] A. DANES, *Service transactionnel souple pour un système réparti à objets persistants*, thèse de doctorat, université Joseph Fourier, octobre 1996.
- [372] J. HAN, *Motivation, conception et réalisation d’une mémoire virtuelle partagée répartie*, thèse de doctorat, institut national polytechnique de Grenoble, novembre 1996.
- [373] A. KNAFF, *Conception et réalisation d’un système de stockage fiable extensible pour un système à objets persistants répartis*, thèse de doctorat, université Joseph Fourier, octobre 1996.
- [374] E. LENORMAND, *Coordination d’activités dans un système réparti*, thèse de doctorat, université Joseph Fourier, novembre 1996.
- [375] E. PÉREZ CORTÉS, *La cohérence sur mesure dans une mémoire virtuelle partagée répartie*, thèse de doctorat, institut national polytechnique de Grenoble, novembre 1996.
- [376] F. SAUNIER, *Protection d’une mémoire virtuelle répartie par capacités implicites*, thèse de doctorat, institut national polytechnique de Grenoble, octobre 1996.
- [377] D. VEILLARD, *Conception et réalisation d’un protocole de diffusion fiable pour réseaux locaux*, thèse de doctorat, université Joseph Fourier, février 1996.

### Articles et chapitres de livre

- [378] D. HAGIMONT, J. MOSSIÈRE, X. ROUSSET DE PINA, P.-Y. CHEVALIER, «Le système réparti à objets Guide», *Technique et Science Informatiques* 15, 6, 1996, p. 801–830, <ftp://ftp.imag.fr/pub/GUIDE/doc/publications/96-TSI-Guide-general-PUB.ps.gz>.
- [379] D. HAGIMONT, J. MOSSIÈRE, «Problèmes de désignation, de localisation et d’accès dans les systèmes répartis à objets», *Technique et Science Informatiques* 15, 1, 1996, p. 9–36, <ftp://ftp.imag.fr/pub/SIRAC/doc/publications/96-TSI-adressage-PUB.ps.gz>.
- [380] C. JENSEN, «Fine-grained Load Balancing Distribution in Object-based Systems: Experiments With Variable Grain Sizes in Guide», *Calculateurs Parallèles* 8, 1, 1996, <ftp://ftp.imag.fr/pub/GUIDE/doc/publications/96-CP-load-balancing-PUB.ps.gz>.
- [381] S. KRAKOWIAK, *Systèmes d’exploitation : principes et fonctions*, Techniques de l’Ingénieur, 1996, ch. H-3100, Traité Informatique.

### Communications à des congrès, colloques, etc.

- [382] L. BELLISSARD, S. BEN ATALLAH, F. BOYER, M. RIVEILL, «Distributed Application Configuration», *in: 16th International Conference on Distributed Computing Systems*, IEEE, p. 579–585, Hong-Kong, mai 1996, <ftp://ftp.imag.fr/pub/SIRAC/doc/publications/96-icdcs-olan-PUB.ps.gz>.

- [383] L. BELLISSARD, S. BEN ATALLAH, A. KERBRAT, M. RIVEILL, «Component-based Programming and Application Management with Olan», in : *Workshop on Object-Based Parallel and Distributed Computation*, J. Briot, J. G. et A. Yonezawa (éd.), Lecture Notes in Computer Science (LNCS) 1107, Tokyo, 1996, ftp://ftp.imag.fr/pub/SIRAC/doc/publications/95-obdpc-olan-PUB.ps.gz.
- [384] L. BELLISSARD, F. BOYER, M. RIVEILL, «Construction and Management of Cooperative Distributed Applications», in : *International Workshop on Object Orientation in Operating Systems (IWOOS'95)*, IEEE, p. 149–152, university of Lund, Sweden, août 1995, ftp://ftp.imag.fr/pub/SIRAC/doc/publications/95-iwoos-assemblage-PUB.ps.gz.
- [385] L. BELLISSARD, M. RIVEILL, «Olan: a Language and Runtime Support for Distributed Application Configuration», in : *Journées du GDR de Programmation*, Grenoble, France, novembre 1995, ftp://ftp.imag.fr/pub/SIRAC/doc/publications/95-gdrprog-config-PUB.ps.gz.
- [386] L. BELLISSARD, M. RIVEILL, «From Distributed Objects to Distributed Components: the Olan Approach», in : *Workshop: Putting Distributed Objects to Work, ECOOP'96*, Linz, Austria, juillet 1996, ftp://ftp.imag.fr/pub/SIRAC/doc/publications/96-ecoop-olan-WS.ps.gz.
- [387] S. BEN ATALLAH, R. KANAWATI, R. BALTER, M. RIVEILL, «CoopScan : une plate-forme générique pour le développement de collecticiels», in : *Septièmes Journées de l'Ingénierie de l'Interaction Homme-Machine (IHM'95)*, Cépaduès-Éditions, p. 21–26, Toulouse, octobre 1995, ftp://ftp.imag.fr/pub/SIRAC/doc/publications/95-ihm-coopscan-PUB.ps.gz.
- [388] S. BEN ATALLAH, R. KANAWATI, «A generic framework for synchronous groupware application development», in : *6th Internatioal Conference on Human-Computer Interaction*, Elsevier Science, Yokohama (Japan), juillet 1995.
- [389] S. BEN ATALLAH, «Protocoles de contrôle pour la connexion et la déconnexion dynamique de sites dans les collecticiels synchrones», in : *Septièmes Journées de l'Ingénierie de l'Interaction Homme-Machine (IHM'95)*, Cépaduès-Éditions, p. 103–104, Toulouse, octobre 1995, ftp://ftp.imag.fr/pub/SIRAC/doc/publications/95-ihm-dyn-connex-PUB.ps.gz.
- [390] P. DECHAMBOUX, D. HAGIMONT, M. LOPEZ, «Using a Distributed Shared Memory for Implementing Efficient Information Mediators», in : *Poster Session, High Performance Computing Network (HPCN Europe '96)*, Bruxelles, avril 1996, ftp://ftp.imag.fr/pub/SIRAC/doc/publications/96-hpcn-mediator-PUB.ps.gz.
- [391] P. DECHAMBOUX, D. HAGIMONT, J. MOSSIÈRE, X. ROUSSET DE PINA, «Un serveur de gestion de données persistantes réparties», in : *Rencontres du Parallélisme (Renpar'8)*, Bordeaux, mai 1996, ftp://ftp.imag.fr/pub/SIRAC/doc/publications/96-renpar-arias-PUB.ps.gz.
- [392] D. HAGIMONT, J. MOSSIÈRE, X. ROUSSET DE PINA, F. SAUNIER, «Hidden Software Capabilities», in : *16th International Conference on Distributed Computing Systems*, IEEE, p. 282–289, Hong-Kong, mai 1996, ftp://ftp.imag.fr/pub/SIRAC/doc/publications/96-icdcs-prot-PUB.ps.gz.
- [393] D. HAGIMONT, J. MOSSIÈRE, X. ROUSSET DE PINA, «Hidden Capabilities: Towards a Flexible Protection Utility for the Internet», in : *ACM European SIGOPS Workshop*, Connemara, Eire, septembre 1996.
- [394] R. KANAWATI, M. RIVEILL, «Access Control Model for Groupware Applications», in : *HCI'95 People and Computer*, G. Allen, J. Wilkinson, P. Wright (éd.), School of Computing & Mathematics, p. 66–71 (Adjunct Proceedings), university of Huddersfield-UK, août 1995, ftp://ftp.imag.fr/pub/SIRAC/doc/publications/95-hci-uk-protection-PUB.ps.gz.
- [395] R. KANAWATI, «Un Modèle de Protection de Données pour les Applications Coopératives», in : *Journée des Jeunes Chercheurs*, Réseau Doctoral en Architecture des Systèmes et des Machines Informatiques (éd.), Irista, Rennes, octobre 1995, ftp://ftp.imag.fr/pub/SIRAC/doc/publications/95-jjc-modele-prot-PUB.ps.gz.
- [396] R. KANAWATI, «Replicated Data Management Algorithm for Distributed Synchronous Groupware Applications», in : *Proceedings of DAPSYS'96: Workshop on Distributed and Parallel Systems - Environments and Tools*, KEKI - Publication, Miskolc, Hungary, octobre 1996, ftp://ftp.imag.fr/pub/SIRAC/doc/publications/96-Dapsys-Licra-PUB.ps.gz.

- [397] A. KERBRAT, S. BEN ATALLAH, «Formal Specification for a Framework for Groupware Development», in: *8th International Conference on Formal Description Techniques for Distributed Systems and Communication Protocols (FORTE'95)*, p. 303–310, Montréal, Canada, octobre 1995, <ftp://ftp.imag.fr/pub/SIRAC/doc/publications/95-forte-coopscan-PUB.ps.gz>.
- [398] V. MARANGOZOV, L. BELLISSARD, «Component-based Programming of Distributed Applications», in: *2nd CaberNet Radicals Workshoptie*, Connemara (Ireland), mai 1996.
- [399] I. OUEICHEK, X. ROUSSET DE PINA, «Configuration Management in the Guide Distributed System», in: *Proceedings of the Intern. Conf. on Configurable Distributed Systems (ICCDs)*, Annapolis, MD, mai 1996.
- [400] E. PÉREZ-CORTÉS, J. HAN, J. MOSSIÈRE, «Construction de protocoles de cohérence sur une interface générique de mémoire répartie partagée», in: *Journées sur la Mémoire Partagée Répartie (MPR'96)*, Bordeaux, mai 1996, <ftp://ftp.imag.fr/pub/SIRAC/doc/publications/96-mpr-arias-coh-PUB.ps.gz>.
- [401] D. SALBER, J. COUTAZ, M. RIVEILL, D. DECOUCHANT, «De l'observabilité et de l'honnêteté : le cas du contrôle d'accès dans la communication Homme-Homme médiatisée», in: *Septième Journées de l'Ingénierie de l'Interaction Homme-Machine (IHM'95)*, Cépaduès-Éditions, p. 27–34, Toulouse, octobre 1995, <ftp://ftp.imag.fr/pub/SIRAC/doc/publications/95-ihm-csew-PUB.ps.gz>.
- [402] F. SAUNIER, «Service de protection d'une mémoire virtuelle répartie dans SIRAC», in: *Journées sur la Mémoire Partagée Répartie (MPR'96)*, Bordeaux, mai 1996, <ftp://ftp.imag.fr/pub/SIRAC/doc/publications/96-mpr-arias-prot-PUB.ps.gz>.

## Cours polycopiés

- [403] L. BELLISSARD, M. RIVEILL, *Construction des applications réparties*, École CNRS : Placement dynamique et répartition de charge, Giens, 1996.
- [404] S. KRAKOWIAK, *Introduction aux applications réparties*, École Inria : Construction d'applications réparties, Saint-Malo, 1996.

## Rapports de recherche et publications internes

- [405] R. BALTER, S. BEN ATALLAH, R. KANAWATI, M. RIVEILL, «Collecticiels synchrones : analyse des besoins et étude des architectures», *rapport de recherche n°9-96*, Imag-Inria, projet Sirac, mars 1996, <ftp://ftp.imag.fr/pub/SIRAC/doc/reports/96-9-olan-coll-RT.ps.gz>.
- [406] R. BALTER, S. BEN ATALLAH, R. KANAWATI, M. RIVEILL, «Coopscan, une plate-forme générique pour la construction de collecticiels synchrones», *rapport de recherche n°11-96*, Imag-Inria, projet Sirac, avril 1996, <ftp://ftp.imag.fr/pub/SIRAC/doc/reports/96-11-cs-RT.ps.gz>.
- [407] R. BALTER, S. KRAKOWIAK, «Objectifs et plan de travail du projet Sirac», *rapport de recherche n°1-95*, Imag-Inria, projet Sirac, juin 1995, <ftp://ftp.imag.fr/pub/SIRAC/doc/reports/95-1-sirac-plan-RT.ps.gz>.
- [408] R. BALTER, M. RIVEILL, «Environnement de développement d'applications réparties : objectifs et plan de travail», *rapport de recherche n°7-96*, Imag-Inria, projet Sirac, février 1996, <ftp://ftp.imag.fr/pub/SIRAC/doc/reports/96-7-olan-global-RT.ps.gz>.
- [409] S. BEN ATALLAH, L. BELLISSARD, A. KERBRAT, M. RIVEILL, «Component-based Programming and Application Management with Olan», *rapport de recherche n°8-96*, Imag-Inria, projet Sirac, février 1996, <ftp://ftp.imag.fr/pub/SIRAC/doc/reports/95-8-olan-comp-RT.ps.gz>.
- [410] F. BOYER, E. LENORMAND, V. MARANGOZOV, «Un modèle d'événements pour la coordination dans les applications réparties», *rapport de recherche n°10-96*, Imag-Inria, projet Sirac, mars 1996, <ftp://ftp.imag.fr/pub/SIRAC/doc/reports/96-10-olan-evts-RT.ps.gz>.
- [411] P. DECHAMBOUX, D. HAGIMONT, J. MOSSIÈRE, X. ROUSSET DE PINA, «Arias : un service de gestion de données persistantes partagées», *rapport de recherche n°2-95*, Imag-Inria, projet Sirac, octobre 1995, <ftp://ftp.imag.fr/pub/SIRAC/doc/reports/95-2-arias-global-RT.ps.gz>.

- [412] P. DECHAMBOUX, A. KNAFF, «Services de permanence pour une mémoire virtuelle persistante partagée», *rapport de recherche n°5-95*, Imag-Inria, projet Sirac, octobre 1995, <ftp://ftp.imag.fr/pub/SIRAC/doc/reports/95-5-arias-perm-RT.ps.gz>.
- [413] D. HAGIMONT, S. KRAKOWIAK, J. MOSSIÈRE, X. ROUSSET DE PINA, «A Selective Protection Scheme for the Java Environment», *rapport de recherche n°12-96*, Imag-Inria, projet Sirac, septembre 1996, <ftp://ftp.imag.fr/pub/SIRAC/doc/reports/96-12-arias-java-prot-RT.ps.gz>.
- [414] D. HAGIMONT, F. SAUNIER, «La protection dans un service de gestion de données persistantes partagées», *rapport de recherche n°6-95*, Imag-Inria, projet Sirac, octobre 1995, <ftp://ftp.imag.fr/pub/SIRAC/doc/reports/95-6-arias-prot-RT.ps.gz>.
- [415] J. HAN, «La gestion des segments dans une mémoire virtuelle partagée répartie», *rapport de recherche n°4-95*, Imag-Inria, projet Sirac, octobre 1995, <ftp://ftp.imag.fr/pub/SIRAC/doc/reports/95-4-arias-segment-RT.ps.gz>.
- [416] E. PÉREZ CORTÉS, «Cohérence et synchronisation dans une mémoire virtuelle partagée répartie», *rapport de recherche n°3-95*, Imag-Inria, projet Sirac, octobre 1995, <ftp://ftp.imag.fr/pub/SIRAC/doc/reports/95-3-arias-coherence-RT.ps.gz>.

## 8 Abstract

The goal of the Sirac project is to design and implement environments for the development and run time support of distributed applications. Research is conducted in two main areas.

1. Construction of distributed applications. The goal is to develop tools answering two classes of needs: a) to construct distributed applications by combining techniques of component-based integration and object-oriented programming; b) to facilitate the administration, configuration and evolution of large distributed applications.
2. Services for the support of shared, persistent, distributed objects. The goal is to provide a flexible and efficient support for the construction of object platforms and object servers, using a distributed shared memory. The design is targeted to the emerging hardware facilities (fast networks and large address spaces) and emphasises generic consistency techniques.

Several collaborative projects with industrial partners are under way to transfer the results of the research.

- Shared memory services for clustered servers, with applications to efficient database support (with the Dyade Bull-Inria consortium).
- Environment for the support of distributed agents, with applications to distributed datawarehousing (with the Dyade Bull-Inria consortium).
- Support for the provisioning and management of added value telecom services (with CNET-France Télécom).
- Software tools for distributed coordination (with Rank Xerox Research Centre).