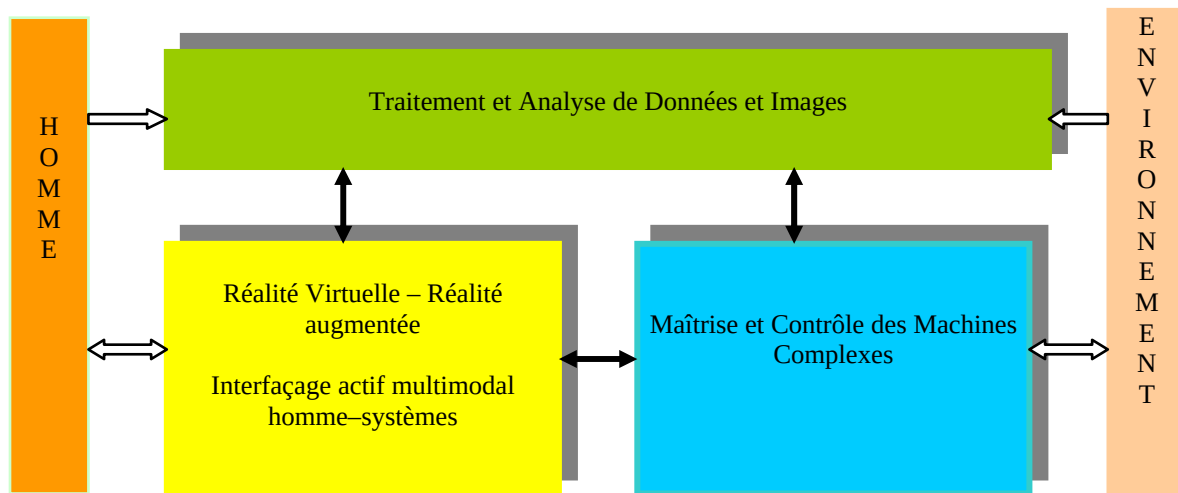


# Laboratoire Systèmes Complexes FRE 2494



## RESUME du RAPPORT D'ACTIVITE *2004*



# Table des matières

|                                                                                                                        |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>I. POLITIQUE SCIENTIFIQUE DU LSC.....</b>                                                                           | <b>5</b>  |
| <b>1. Contexte et mutation.....</b>                                                                                    | <b>5</b>  |
| <b>2. Thématique générale de recherche : la machine intelligente autonome ou dans ses relations avec l'homme .....</b> | <b>5</b>  |
| 2.1 Thème I. Traitement et analyse de données et images (TADI).....                                                    | 6         |
| 2.2. Thème II. Réalité virtuelle et réalité augmentée (RVRA).....                                                      | 7         |
| 2.3. Thème III. Modélisation et Contrôle des machines complexes (MCMC) .....                                           | 8         |
| <b>3. Synergies inter-thèmes .....</b>                                                                                 | <b>10</b> |
| <b>4. Conclusion des activités du LSC jusqu'en 2004 .....</b>                                                          | <b>11</b> |
| <b>5. Perspectives pour les quatre années à venir .....</b>                                                            | <b>12</b> |
| 5.1. Perspectives du Thème I : TADI .....                                                                              | 16        |
| 5.2. Perspectives du Thème II : RVRA .....                                                                             | 17        |
| 5.3. Perspectives du Thème III : MCMC.....                                                                             | 18        |
| <b>II. BILAN CHIFFRE.....</b>                                                                                          | <b>21</b> |
| <b>1. Ressources humaines.....</b>                                                                                     | <b>21</b> |
| <b>2. Bilans financiers .....</b>                                                                                      | <b>22</b> |
| <b>3. Bilan des productions scientifiques.....</b>                                                                     | <b>23</b> |
| <b>4. Visibilité et collaboration.....</b>                                                                             | <b>25</b> |
| <b>5. Liste des équipements .....</b>                                                                                  | <b>27</b> |



# I. POLITIQUE SCIENTIFIQUE DU LSC

## 1. Contexte et mutation

Le Laboratoire Systèmes Complexes (LSC) est né en 2000 de la partition du CEMIF (Centre d'Etude de Mécanique d'Ile-de-France) en deux entités indépendantes. Le CEMIF –laboratoire mixte CEA/Université d'Evry– a été créé en 1992. Le conseil scientifique du CEMIF, dans sa réunion de novembre 1998, a jugé que la cohérence du laboratoire n'était pas suffisante et a suggéré une restructuration de nos activités en deux laboratoires indépendants, l'un en mécanique-énergétique (LME), l'autre autour de la modélisation et du contrôle des systèmes complexes (LSC).

Avant la création de l'Université d'Evry en 1991, le premier laboratoire de recherche implanté sur le site a été celui du projet SPARTACUS d'aide aux personnes handicapées physiques (fin années 1970). Il est devenu le Laboratoire de Robotique d'Evry en 1984, supporté par l'IUT de Créteil-Evry (Université Paris 12). Le LRE s'est fondu dans le CEMIF en 1992.

Le LSC a été reconnu par le ministère comme équipe d'accueil en décembre 2000, et par le CNRS (FRE 2494) au sein du département STIC depuis 2002.

Dans ce dossier est présentée une nouvelle et importante étape d'évolution du laboratoire qui a l'ambition de prendre une part active à la restructuration de la recherche dans le domaine des STIC sur Evry. Le LSC devient laboratoire commun entre l'Université d'Evry d'une part, l'INT et l'IIE (ENSIIE) d'autre part. Cette évolution entérine des coopérations qui se déroulent depuis plusieurs années autour : (1) du DEA RVMS (INT et IIE) et qui vont se poursuivre avec la nouvelle offre des Masters de recherche (spécialité Réalité Virtuelle et Systèmes Intelligents), (2) de la participation de l'IIE au thème réalité virtuelle du LSC, (3) de projets communs entre le LSC et l'équipe Intermédia de l'INT (projet IV2 du programme national 'Techno vision '). L'IIE se transforme en Etablissement Public en 2005 et devient l'Ecole Nationale Supérieure d'Informatique pour l'Industrie et l'Entreprise (ENSIIE). L'IIE-ENSIIE va restructurer sa recherche et le LSC deviendra de manière officielle un des laboratoires d'accueil pour les enseignants-chercheurs de l'IIE de 61 section du CNU. Le fait le plus marquant est que l'équipe Intermédia de l'INT rejoint le LSC. Ce nouveau LSC garde toute sa cohérence tout en enrichissant ses thématiques par l'apport d'Intermédia.

## 2. Thématique générale de recherche : la machine intelligente autonome ou dans ses relations avec l'homme

L'arrivée de l'équipe Intermédia de l'INT ne modifie en rien la thématique générale de recherche du laboratoire. Le rapport d'activité qui est présenté dans les pages suivantes est celui du LSC dans sa configuration précédente, c'est à dire jusqu'en 2004. La nouvelle configuration du laboratoire (avec l'équipe Intermédia de l'INT) est présentée dans la partie perspective (§4. Perspectives pour les quatre années à venir). Afin de souligner l'importance et la cohérence de cette évolution, le rapport d'activité de l'équipe Intermédia a été mis en annexe.

Les activités du Laboratoire Systèmes Complexes sont centrées essentiellement sur la problématique de la « Machine Intelligente ». Il s'agit de réaliser des machines ou systèmes physiques qui sont en mesure de percevoir et d'agir dans un environnement variable (connu ou inconnu), capables de raisonner de façon rationnelle sur une diversité de tâches ou de données et sur les moyens nécessaires pour les accomplir de façon autonome ou en coopération avec un opérateur humain. Cet objectif nécessite une démarche scientifique et technique menant en parallèle et étroitement les développements de la théorie et de l'expérimentation. Ainsi les chercheurs du laboratoire investissent leurs efforts dans l'approfondissement des principaux thèmes de la machine intelligente au niveau des concepts et méthodes, et de la mise en œuvre des résultats théoriques sur des processus réels.

Nos activités s'articulent autour de trois thèmes, eux mêmes organisés en sous-thèmes. La structure actuelle apparaît ainsi concernant :

- Thème I. Traitement et analyse de données et images (TADI)
  - I.1. Traitement de données numériques et symboliques
  - I.2. Apprentissage prédictible et fiable d'actions réflexes
  - I.3. Traitement et analyse d'images
- Thème II. Réalité virtuelle et réalité augmentée (RVRA) (interfaçage actif multimodal homme-systèmes)
  - II.1. Réalité augmentée et télétravail collaboratif
  - II.2. L'entreprise virtuelle intelligente
  - II.3. Réalité virtuelle et interfaçage haptique
- Thème III. Modélisation et Contrôle des machines complexes (MCMC)
  - III.1. Contrôle de véhicules terrestres et aériens
  - III.2. Coopération entre entités intelligentes
  - III.3. Mécatronique

Dans la suite de ce paragraphe une présentation rapide de ces différents thèmes est faite, mettant en évidence les points forts et le rayonnement de l'équipe.

## **2.1 Thème I. Traitement et analyse de données et images (TADI)**

Dans le thème I (TADI) l'aspect « complexité » d'un système, est compris au niveau des données et des informations disponibles sur ce système et qui peuvent se présenter sous la forme de données numériques, de signaux, d'images, d'informations linguistiques, de connaissance a priori. L'objectif général est de tirer parti de la façon la plus efficace possible de ces données pour améliorer le fonctionnement et les performances du système, à travers des tâches de modélisation, contrôle, diagnostic, aide à la décision, etc. Une attention particulière est portée sur le fait que ces données sont d'une part généralement de grandes dimensions et, d'autre part, fréquemment entachées d'imprécision et d'incertitude.

Notre action se situe aussi bien au niveau des outils de traitement, soit en en proposant d'originaux, soit en testant et améliorant des méthodes existantes, qu'à celui des mises en œuvre sur des applications pratiques. Ces applications peuvent, soit être issues des thèmes II et III du laboratoire, ce qui induit une forte coopération avec ces thèmes, soit internes au groupe TADI (en particulier dans le domaine du traitement de données biomédicales).

Ces informations sont prises sur les machines (réacteurs nucléaires, systèmes mécaniques) et leur environnement (route intelligente, localisation non métrique), sur l'homme opérateur contrôlant une machine ou sur l'homme passif pour traiter des données médicales (projet ECG Fœtal) ou biométriques.

### ***Les points forts de TADI***

Les principales avancées à retenir au cours des 4 dernières années concernent :

- La fusion de données imprécises et incertaines : Une méthode possibiliste a été proposée améliorant ainsi le comportement de la règle adaptative proposée par Dubois et Prade. Les performances de cette dernière ont été validées dans le cas de la localisation d'un robot mobile muni de capteurs ultrasonores.
- Les systèmes d'inférence floue (SIF) : Nous avons développé un algorithme d'optimisation en ligne de SIF en préservant la lisibilité et l'interprétation des règles. Cette méthode a été validée dans un cadre robotique et un système complet de navigation semi-réactive d'un robot mobile a été développé. Un article publié en 2002 dans la revue RAS (Robotics and Autonomous Systems) est actuellement classé deuxième article le plus téléchargé de l'année (<http://www.elsevier.com/locate/issn/09218890>).
- La Séparation Aveugle de Sources (SAS) / application ECGF,EMGD : L'extraction non-invasive de signaux médicaux quasi-ponctuels fortement bruités a été rendue possible en révisant le principe d'acquisition du signal (réseau d'électrodes), la physique des capteurs et en optant pour des méthodes de SAS non-stationnaires. Les résultats obtenus actuellement, avant optimisation des capteurs, sont parmi les tous meilleurs publiés.

### **Rayonnement de TADI**

Le rayonnement des équipes du thème TADI se traduit par la participation aux travaux des GDR ISIS et STIC Santé, des contrats scientifiques (Lesieur SA et INSERM, CEA, etc.), des collaborations scientifiques avec des organismes de recherche comme l'INRETS, l'INRIA, des projets de recherche conjoints avec d'autres laboratoires (projet biométrie avec notamment le LMSS de l'UTT et le LIS de l'INPG), projets en traitement d'images comportant direction conjointe de thèse avec l'IMASSA de la DGA, des ACI (Extraction de l'ECG fœtal avec le CHU Robert Debré ; Cognition et traitement de l'information avec notamment le LPPA du Collège de France).

## **2.2. Thème II. Réalité virtuelle et réalité augmentée (RVRA)**

Les travaux du thème II (RVRA) concernent l'interfaçage actif et multimodal homme-systèmes. L'utilisation de grand nombre de systèmes complexes par l'homme nécessite la mise en œuvre d'interfaçages, assez souvent interactifs. Ces systèmes peuvent prendre la forme de robots distants tels que des bras manipulateurs, des drones, des véhicules terrestres, des outils de téléchirurgie ou des systèmes physiques de télétravail (cas de la télé-robotique). Ils peuvent prendre la forme de ressources distribuées qu'il faudra exploiter à travers un réseau de communication *intelligent* avec des contraintes de réactivité à distance, donc de délai. Il s'agit dans ce cas « d'entreprises virtuelles ». Ils peuvent aussi prendre la forme de systèmes complexes complètement virtuels qu'il faudra simuler ou avec lequel il faut mettre en œuvre des stratégies d'interactivité proches du réel (simulateurs interactifs).

L'interfaçage peut être basé sur le concept de **réalité augmentée** mettant en œuvre la superposition des environnements réel et virtuel. Les **interfaces haptiques** mettent en jeu le sens haptique de l'homme (i.e. la kinesthésie et le tactile). Moyennant des interfaces et des dispositifs ergonomiques adaptés aux modalités sensorielles de l'opérateur humain, l'interaction entre l'opérateur et l'environnement virtuel est voulue à la fois intuitive (illusion haptique, recherche de métaphores haptiques) et multimodale. Tout naturellement dans la continuité de ces différents travaux, le laboratoire a lancé un programme de recherche sur le **télétravail collaboratif** et plus généralement sur l'**entreprise virtuelle**.

### **Points forts de RVRA**

L'équipe **Réalité augmentée** a été la première en France à développer des études sur ce concept pour le contrôle des robots téléopérés (thèse soutenue en 1990). Cet axe de recherche s'est poursuivi avec le développement du système MCIT (Module de Contrôle et d'Interface en Téléopération). Nous sommes le laboratoire français le plus avancé dans la mise en œuvre du concept de réalité augmentée avec des images *live* pour la téléopération. L'équipe est également la première à avoir mis sur l'internet un système de télétravail permettant le contrôle d'un robot (ARITI : Augmented Reality Interface for Teleoperation applications via Internet) et utilisant les techniques de la réalité virtuelle. ARIIT constitue un système expérimental de télétravail via l'Internet, il est accessible depuis 1999 sur le site Web du laboratoire et depuis février 2000 sur le site de la NASA<sup>1</sup>. Au delà de la réalisation technique, les apports de ARIIT résident dans la mise en œuvre d'assistances à l'opérateur humain pour la perception de la scène, la supervision des tâches et le contrôle du robot (guides virtuels).

L'équipe **haptique** est la seule (avec le CEA) à maîtriser toutes les composantes fondamentales liées à l'haptique : (i) l'infhaptie –terme forgé par le LSC, qui représente l'informatique du rendu haptique par analogie avec l'infographie qui est l'informatique du rendu visuel -, (ii) l'automatique du rendu haptique, (iii) la conception mécatronique des dispositifs haptiques, (iv) la psychophysique du rendu haptique. Ces travaux sont bien identifiés aux niveaux national et international (programme européen Touch-Hapsys).

En ce qui concerne l'équipe **entreprise virtuelle** les travaux sur l'optimisation de flux Internet en utilisant une approche à base de neurones sont uniques en France.

### **Rayonnement de RVRA**

L'équipe du programme **entreprise virtuelle** travaille sur des projets internationaux (projet CNRS Ulysse avec l'Irlande, projet européen IEA avec le LIP6, projet CAPES/COFECUB avec le Brésil). Un membre de l'équipe a co-organisé le congrès IFIP/IEEE MMNS 2003 (Management of Multimedia Networks and Services, Belfast) et co-organise HPOV en 2004.

---

<sup>1</sup>NASA Space telerobotics Program; [http://ranier.oact.hq.nasa.gov/telerobotics\\_page/-realrobots.html](http://ranier.oact.hq.nasa.gov/telerobotics_page/-realrobots.html)

L'équipe du programme **haptique** a une collaboration scientifique importante avec le CEA LIST, avec l'INRIA. Elle est co-porteur de l'AS « détection de collision et réponse », porteur de l'AS « information et interfaces haptiques », et fait partie du comité de pilotage du RTP 15 « Interfaçage médiatisé et réalité virtuelle ». Elle est impliquée dans le projet MATEO d'assistance au geste chirurgical (Hôpital Tenon) et mène l'étude d'un simulateur d'accouchement (Hôpital Robert Debré). Trois logiciels ont été déposés conjointement avec l'INRIA. Un membre de l'équipe a co-organisé le congrès IEEE ROMAN 2001. Des projets industriels ont été réalisés ou sont en cours avec l'IFP (exploration de grandes bases de données géologiques), avec l'INRETS (adjonction du retour haptique dans les simulateurs de conduite automobile). Elle est la seule équipe française à participer à un projet européen sur le retour haptique ( IST Touch-Hapsys du 5<sup>ème</sup> PCRD).

L'équipe du programme **RA** participe aux travaux du GDR ISIS. Des projets industriels ont été réalisés avec Renault-Automation pour la supervision en RA de machines-outils. Elle participe à une projet RNTL (AMRA).

L'ensemble du groupe RVRA fait partie du réseau d'excellence INTUITION qui vient d'être accepté dans le cadre du 6<sup>ème</sup> PCRD. Par ailleurs, le LSC a reçu un important soutien du Ministère de l'Education Nationale, du CNRS et du département de l'Essonne pour le montage d'une plate-forme de Réalité Virtuelle ([EVR@](#)). Cette plate forme est opérationnelle et a été inaugurée le 6 Mai 2004 en présence du département STIC, de la déléguée régionale du CNRS, du Conseil Général de l'Essonne, de la Présidence de l'Université et de la presse.

### **2.3. Thème III. Modélisation et Contrôle des machines complexes (MCMC)**

Le Thème III (MCMC) est largement transdisciplinaire. Les études qui y sont menées concernent des systèmes dans leur globalité, elles sont à la fois complémentaires et transversales par rapport à celles menées dans les thèmes I et II, dont elles exploitent les acquis.

Dans ce thème trois axes principaux se dégagent : le contrôle de véhicules, la coopération entre entités intelligentes, et la mécatronique.

#### **2.3.1. Contrôle de véhicules terrestres et aériens**

Le contrôle des véhicules s'est développé dans le laboratoire d'abord autour de la robotique mobile. Ce thème s'est ouvert au contrôle de véhicules routiers, automobiles ou camions, avec des collaborations avec l'INRETS et RVI dans le cadre du programme **route et véhicules intelligents**.

Depuis 2000 nous avons constitué une équipe pour travailler sur le contrôle de véhicules aériens. Le LSC a acquis un dirigeable pour servir de support aux expérimentations. Des résultats ont été publiés sur le contrôle d'hélicoptères et de ballons dirigeables. Les travaux ont porté notamment sur le contrôle référencé vision et sur la modélisation de dirigeables souples, la génération et le suivi de trajectoires.

#### **Points forts et rayonnement du programme « route et véhicules intelligents »**

Un premier volet des recherches du laboratoire sur ce thème abordent le triplet véhicule-infrastructure-conducteur et les interactions associées. Elles visent une meilleure compréhension des phénomènes mis en jeu afin de proposer des systèmes d'information, d'alerte et de commande permettant de garantir la sécurité sur un trajet. Le deuxième volet concerne l'amélioration de l'efficacité des systèmes de transport par l'apport de nouvelles technologies et l'automatisation. On étudie pour cela des scénarios sous différents critères de gains en capacité et de sécurité.

Cette ambivalence est unique au plan national et place le laboratoire en position privilégiée de partenariat avec le LCPC et l'INRETS. Sur le plan international, la reconnaissance est au rendez-vous, et le laboratoire est depuis cette année engagé sur le plan européen (6<sup>ème</sup> PCRD ) dans le cadre du projet intégré PReVENT. L'équipe est représentée au comité de pilotage du RTP « véhicules intelligents ».



## Points forts et rayonnement du programme « engins volants »

Le LSC est un des premiers laboratoires en France à s'être lancé dans le domaine des véhicules volants autonomes : pour les hélicoptères avec le laboratoire HEUDIASYC (Compiègne) et pour les dirigeables avec le laboratoire LAAS (Toulouse).

Les résultats les plus importants concernant le pilotage automatique d'engins volants à voilures tournantes ont lieu dans le domaine de la commande référencée vision pour ces systèmes sous-actionnés où la connaissance parfait de la cible n'est plus supposée.

Les résultats les plus importants pour les dirigeables concernent la génération de trajectoires non équilibrantes pour lesquelles le sous-actionnement et les limitations des actionneurs sont pris en compte.

Dans le cadre d'un concours lancé en 2003 par l'ONERA et la DGA sur les drones, le projet présenté par le LSC et l'UFR Sciences et Technologie a été sélectionné (hélicoptère à 4 rotors connu sous le nom de Roswell-Flyer ou XSF).

### 2.3.2 Coopération entre entités intelligentes

La coopération d'entités intelligentes comprend la coopération homme-machines et la coopération entre robots, mises en œuvre dans le cadre du projet ARPH<sup>2</sup>. Le robot mobile muni d'un bras manipulateur est destiné à apporter une assistance à la personne handicapée. L'IHM conçue, utilise les principes mis en œuvre dans ARITI (cf. thème II, RVRA). Ce projet a été développé avec le soutien de l'AFM (Association Française contre la Myopathie). La coopération de robots se développe dans le laboratoire comme une suite naturelle des travaux que nous avons menés en commun avec le LESIR de l'ENS Cachan, autour du projet AMAGRA (Architecture Multi-Agent pour un Groupe de Robots Autonomes). Ce projet s'intégrera à terme dans le projet ARPH.

## Points forts et rayonnement

Les activités de recherche concernent jusqu'à maintenant le handicap moteur avec une assistance à la manipulation au moyen d'un bras manipulateur mobile. Il existe très peu d'équipes travaillant sur ce domaine applicatif, aucune au niveau national. Il y a quelques projets internationaux mais qui ne mettent pas la problématique de coopération au centre de leurs préoccupations.

L'activité du LSC dans le domaine de l'assistance technique pour les personnes dépendantes s'est traduite par une implication capitale dans la création et l'animation de réseaux comme l'IFRATH - Institut Fédératif de Recherche pour l'Assistance Technique aux personnes Handicapées - puis le RTP "Handicaps" du CNRS-DSTIC avec pour volonté de fédérer les acteurs très dispersés de la recherche et de promouvoir des interactions avec les réseaux d'utilisateurs et les rares industriels. Le laboratoire est co-organisateur de la conférence « Handicap » qui se déroule une année sur deux, depuis 2000.

### 2.3.3. Mécatronique

La mécatronique associe dans une même démarche de conception la mécanique et l'automatique. L'activité de ce groupe a porté initialement sur la modélisation et la commande de systèmes mécaniques complexes avec comme application principale la robotique. Le thème majeur de l'équipe est la dynamique des systèmes multicorps flexibles ou non. Dans ce domaine un membre de l'équipe co-organise depuis plusieurs années un symposium dans le cadre des « ASME International Design Technical Conferences ».

L'équipe mécatronique travaille en synergie avec les automaticiens et le groupe TADI pour la modélisation et la commande des drones : modélisation par éléments finis du dirigeable, poursuite de trajectoires équilibrantes – thèse en collaboration avec l'ENP de Tunis–, conception de nouveaux drones).

La micro-robotique appliquée à l'assistance au geste chirurgical se développe dans cette équipe en coopération avec l'Université Simon Fraser (Burnaby, Canada), elle concerne le retour haptique et le projet MATEO

---

<sup>2</sup> ARPH : Assistance Robotisée à une Personne Handicapée

(Modélisation Artérielle Thérapeutique Endovasculaire assistée par Ordinateur). La réalisation d'un prototype de cathéter actif a conduit au dépôt d'un brevet en France et aux USA. L'application des techniques de réalité virtuelle utilisant le retour haptique –en collaboration avec l'équipe RV– pour l'apprentissage du geste chirurgical dans l'opération d'anévrismes de l'aorte est en cours de réalisation dans le cadre de ce projet mené avec l'hôpital Tenon.

### 3. Synergies inter-thèmes

La politique organisationnelle du laboratoire a toujours été de faire en sorte qu'il y ai une synergie forte entre les équipes des trois thèmes. Cela se traduit par des co-directions de thèses, des programmes de recherches transversaux.

Ces relations sont mises en évidence par le tableau 1 qui montre le caractère structurant pour des axes prioritaires et des projets fédérateurs et par le tableau 2 qui répertorie les thèses co-encadrées entre deux thèmes.

Le thème I n'a pas été jusqu'à maintenant porteur de projet fédérateur (mais il le sera dans l'avenir avec le projet 'biométrie'). Mais, outre sa dynamique propre, cette équipe a une rôle fédérateur au sein du Laboratoire Systèmes Complexes car y sont développées des compétences solides qui sont utilisées dans les deux autres thèmes.

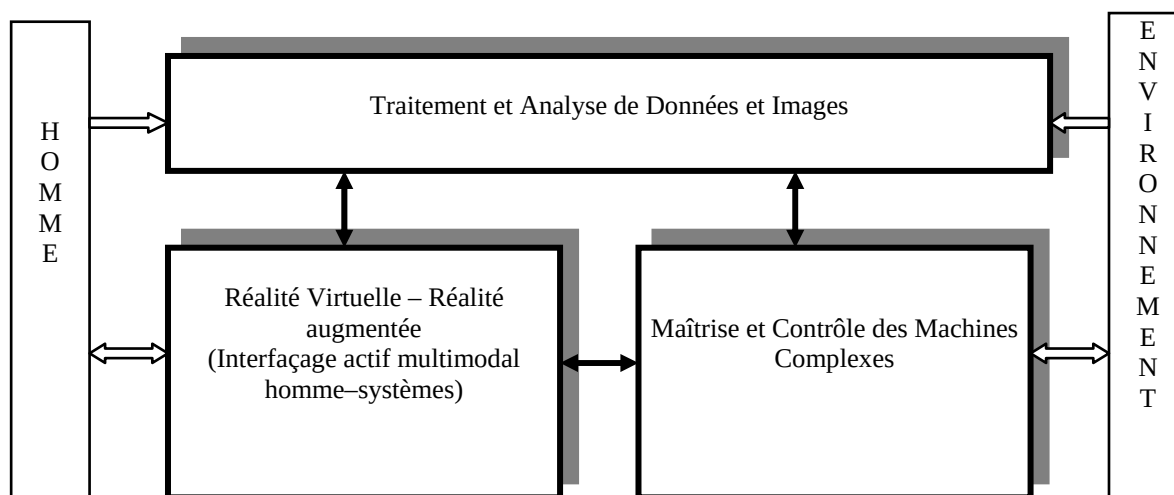
| <b>Axes prioritaires et projets fédérateurs</b>       | <b>Thème I<br/>TADI</b>                                                                               | <b>Thème II<br/>RVRA</b>                         | <b>Thème III<br/>MCMC</b>                                                         |
|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Réalité virtuelle et Réalité augmentée</b>         | Traitement d'images<br>Co-encadrement de thèses                                                       | <b>Thème principal</b>                           | Assistance au geste chirurgical<br>Assistance robotisée à une personne handicapée |
| <b>Contrôle de véhicules terrestres et aériens</b>    | Traitement d'images<br>Traitement de données<br>Co-encadrement de thèses                              | Simulateur de conduite                           | <b>Thème principal</b>                                                            |
| <b>Assistance robotisée à une personne handicapée</b> | Traitement d'images<br>Traitement de données<br>Localisation non métrique<br>Co-encadrement de thèses | Application de la RV-RA à la conception de l'IHM | <b>Thème principal</b>                                                            |
| <b>Assistance au geste chirurgical</b>                | Traitement d'images<br>Traitement de données                                                          | <b>Thème principal</b> pour l'accouchement       | <b>Thème principal</b> pour l'anévrisme de l'aorte                                |

**Tableau 1 : Axes prioritaires et projets fédérateurs du LSC**

| Nom du doctorant | Sujet de thèse                                                                                         | Directeur de thèse | Co Encadr.   | Production                                                           | Thème     |
|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------|----------------------------------------------------------------------|-----------|
| D. MERAD         | Appariement 2D/3D basé sur les invariants projectifs                                                   | M. Mallem          | S. Lelandais | [MER03aC],[MER03bC],[MER04cC],[MER04dC],[MER04eC]                    | I et II   |
| C. MONTAGNE      | Extraction d'indices visuels pour le guidage d'une base mobile dans un environnement domestique coloré | S.Lelandais        | E. Colle     | [MON04bC]                                                            | I et III  |
| K. ZEMALACHE     | Commande orientée vision des systèmes sous actionnés par des techniques neuro-floues                   | H. Maaref          | L. Béji      | Débutée en 2003                                                      | I et III  |
| H. ARIOUI        | Commande de dispositifs à retour haptique en présence de retards de transmission                       | A. Kheddar         | S. Mammar    | [ARI03R],[ARI02bC],[ARI02cC],[ARI02dC],[ARI02eC],[ARI03aC],[ARI03bC] | II et III |
| S. OTMANE        | Télétravail robotisé et réalité augmentée via internet                                                 | M. Mallem          | E. Colle     | [OTM00cC]                                                            | II et III |
| H. LOIZA         | Capteur de vision stéréoscopique                                                                       | S.Lelandais        | J. Triboulet | [LOA01R],[LOA99L],[LOA99C],[LOA00C],[NZI02C]                         | I et II   |

**Tableau 2 : Thèses co-encadrées inter-thèmes**

L'ensemble de ces synergies est illustré par le schéma de la figure 1 qui fait apparaître d'une part l'environnement de la machine contrôlée et sur lequel des informations sont extraites, et d'autre part l'homme comme opérateur des systèmes interactifs.



**Figure 1 : Schéma d'organisation des thématiques du LSC**

#### 4. Conclusion des activités du LSC jusqu'en 2004

Le bilan chiffré est porté plus loin dans cette partie.

Depuis sa dernière évaluation le laboratoire s'est restructuré faisant passer l'activité « traitement d'images » dans l'équipe TADI afin d'améliorer la cohérence et favoriser les synergies. La structure administrative et technique du laboratoire ainsi que sa capacité d'encadrement sont en train de changer. Le ratio HDR/enseignants-chercheurs qui était de 9/28 en 2001 est maintenant de 13/24. Par contre le LSC qui n'avait jusqu'en 2002

qu'une secrétaire sur ¼ de temps, dispose maintenant d'un IGE à mi-temps depuis 2003 et le CNRS nous a attribué une assistante de direction à temps plein à partir de janvier 2004.

La reconnaissance par le CNRS comme FRE à partir de janvier 2002 nous a donné accès à un réseau dont nous avons essayé d'exploiter au mieux les synergies : participation à plusieurs RTP, à plusieurs AS. Nous nous sommes appuyés sur l'expertise du CNRS pour monter plusieurs projets hexagonaux et européens.

Le rayonnement du laboratoire, que ce soit au niveau national ou international s'est considérablement amélioré depuis quelques années. Cela se traduit par la participation à des programmes nationaux (RNLT, PREDIT-ARCOS) et européens dans le cadre du 5<sup>ème</sup> et du 6<sup>ème</sup> PCRD, l'organisation de congrès internationaux : co-organisation du congrès Handicap depuis 2000, tutorial sur la robotique 3D dans le congrès IEEE Robotics and Automation 2000, co-organisation du congrès IEEE ROMAN 2001, co-organisation d'un symposium dans le cadre des « ASME International Design Technical Conferences », co-organisation du congrès IFIP/IEEE MMNS 2003 (Management of Multimedia Networks and Services, Belfast).

Les crédits récurrents (hors salaires des permanents) du ministère et du CNRS qui représentaient en moyenne 25% du total des crédits du laboratoire en 2001, en représentent maintenant 20%. Cette amélioration vient de notre présence dans différents projets cités précédemment et des crédits que nous avons obtenus de la part du département de l'Essonne pour monter une plate-forme sur les thématiques liées à la réalité augmentée et virtuelle.

Le bilan du laboratoire fait apparaître un recentrage de ces activités autour des deux axes principaux : réalité virtuelle (interfaçage actif multimodal homme-système) et véhicules (drones et véhicules terrestres). Les travaux de recherche menés dans ces deux axes principaux et dans les projets fédérateurs montrent bien la cohésion et la complémentarité des équipes. Le fort appel dû à l'implantation du Génopôle sur Evry peut renforcer l'effet structurant si le LSC réussit à diffuser les techniques de réalité virtuelle dans ce domaine.

L'activité de création de connaissances s'est traduite depuis 1999 par la production d'ouvrages (2), la coordination d'ouvrages collectifs (4), l'écriture de chapitres d'ouvrages collectifs (10), de 65 articles dans des revues à comité de lecture (48 de 99 à 2002, 17 de janvier à septembre 2003), 197 communications à des congrès avec actes (154 de 99 à 2002, 43 de janvier à septembre 2003), dont 14 invitées et 8 organisée

Deux brevets ont été déposés en 2000. Trois logiciels ont été déposés.

19 thèses ont été soutenues ainsi que 7 Habilitations à diriger des recherches (M. Mallem en 1999, H. Maaref et Y. Bestaoui en 2000, S. Mammar en 2001, A. Kheddar, T. Hamel et S. Lelandais-Bonadé en 2002). Il faut noter à ce propos la réelle difficulté, voire l'impossibilité, d'obtenir des bourses de thèses de la part de la région Ile-de-France, et le faible soutien de notre école doctorale de laquelle nous arrivons avec peine à obtenir une allocation de recherche par an.

Le LSC participe à la formation des jeunes chercheurs. Il a été engagé jusqu'en 2000 dans la formation doctorale robotique (sceau principal : Paris 6, établissements co-habilités : ENSAM, UVSQ, UEVE, INSTN). A partir de l'année 2000-2001 il est le laboratoire porteur du DEA RVMSC (Réalité Virtuelle et Maîtrise des Systèmes Complexes), l'Université d'Evry en est l'établissement principal. Nous participons activement au montage des nouveaux MASTERS. Nous travaillons actuellement sur un projet qui reprend, en les restructurant, les thématiques du DEA RVMSC. Ce projet est soutenu par l'université d'Evry, l'UVSQ, l'INT, l'IIE, l'ENSMP, l'INSTN. Une UV sera assurée par le LPPA du Collège de France.

Une autre action de formation est menée avec l'IIE (Institut d'Informatique d'Entreprise). Le LSC y assure l'enseignement d'une option (robotique et réalité virtuelle). Cette école, qui recrute sur le concours Centrale/Supélec, fournit au laboratoire de bons stagiaires et doctorants. Cet adossement IIE/LSC est bénéfique pour les deux organismes. Il est un facteur déterminant dans le maintien du haut niveau scientifique des activités du LSC.

## **5. Perspectives pour les quatre années à venir**

L'évolution thématique du laboratoire se fera avec l'objectif de renforcer les axes prioritaires de développement (réalité virtuelle et contrôle de véhicules) et les projets fédérateurs. L'objectif est d'améliorer la visibilité scientifique du LSC, de renforcer les synergies internes pour améliorer notre efficacité, tout en encourageant les collaborations externes pour trouver les compétences complémentaires qui nous aideront à dépasser certains verrous technologiques. Il s'agit notamment de maintenir et même renforcer l'ouverture du laboratoire vers des

équipes appartenant aux domaines des sciences cognitives et de la physiologie. Il en est de même des liens avec les grands organismes de recherche (CEA, INRETS, INRIA, INSERM).

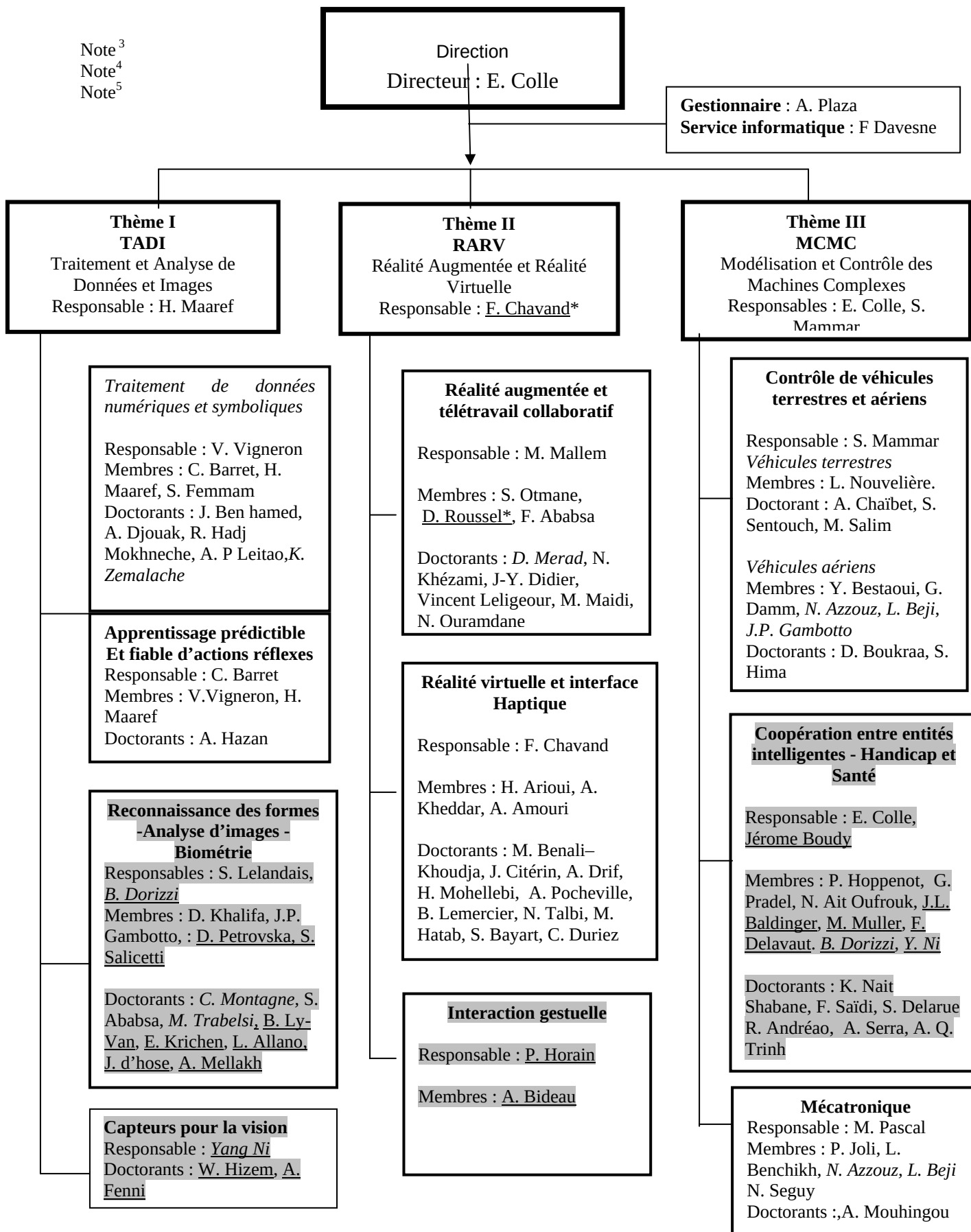
La présence de Genopole sur Evry ouvre également pour le LSC des perspectives de développement très intéressantes des activités de recherche menées par les équipes 'TADI' et 'RVRA'. Une proposition de collaboration a été faite. Elle concerne les applications de la réalité virtuelle à la visualisation, interprétation et manipulation de molécules d'ADN.

La politique d'ouverture sur les activités fédératives en France (participation aux RTP du DS STIC, aux AS et ACI, au programme RNTL) et en Europe dans le cadre du 6<sup>ème</sup> PCRD, sera un des axes forts de développement des activités du laboratoire qui par ailleurs cherchera aussi à développer les coopérations extra-européennes.

L'arrivée de l'équipe Intermédia de l'INT, modifie sensiblement l'organigramme du laboratoire (voir page suivante).

Dans le thème TADI la transformation du sous-thème " Traitement et Analyse d'images " en " Reconnaissance de forme - Analyse d'image – Biométrie " traduit la synergie qui existe entre le LSC et l'équipe Intermédia autour notamment du projet IV2 du programme national " Techno Vision ", et du parcours " Traitement de Données Complexes et Bio-Identification " du Master recherche " Réalité Virtuelle et Systèmes Intelligents " (RVSI), porté par l'université d'Evry et avec l'INT et l'IIE en habilitation partagée. La création d'un sous-thème " Capteurs pour la vision " permet d'intégrer l'équipe correspondante de l'INT qui travaille sur des rétines intelligentes. Les membres de ce sous-thème pourront s'intégrer aisément dans des projets transversaux du LCS.





<sup>3</sup> Les personnes dont le nom est en italique participent à plusieurs thématiques

<sup>4</sup> Les personnes dont le nom est souligné sont membres de l'équipe INTERMEDIA de l'INT-GET ou IIE(\*)

<sup>5</sup> Personnes présentes à la date du 1/12/2004

Dans le thème RVRA, la création d'un sous-thème " Interactions gestuelles " apporte un complément naturel à ce qui se fait déjà dans le domaine de l'interfaçage actif homme-systèmes. Cette équipe va participer aussi à l'animation du parcours " Réalité Virtuelle et Augmentée " du Master recherche " RVSI "

L'activité télémédecine/télesurveillance de patients à domicile est intégrée dans le thème MCMC et plus particulièrement vient renforcer et illustrer les travaux actuellement menés dans le sous thème : Coopération entre entités intelligentes- Santé-Handicap.

Dans les lignes qui suivent sont présentés les principales orientations des recherches pour chacun des thèmes.

### **5.1. Perspectives du Thème I : TADI**

Les activités de l'équipe TADI s'orienteront vers deux thématiques prioritaires :

- Interaction Perception-action ;
- Reconnaissance des formes - Analyse d'images - Biométrie.

a) **Interaction Perception-action** : Nous avons initié une démarche scientifique originale utilisant des outils de type Sciences Pour l'Ingénieur dans un cadre basé sur une approche issue des sciences cognitives. Nous nous attacherons à poursuivre le développement de cette démarche sur le plan théorique et à la valider expérimentalement. Le contexte choisi pour effectuer cette validation est celui de l'acquisition par un robot mobile de capacités de navigation en traitant le système perception-action de façon unifié (et non séquentiellement comme cela est l'usage). Ce projet est fédérateur au sein du laboratoire puisqu'il sera mené avec une équipe du thème III.

b) **Reconnaissance des formes-Analyse d'images-Biométrie** :

A l'intérieur de cette thématique, nos efforts de recherche se concentreront sur trois axes, présentant des interactions entre eux.

#### Biométrie

Notre problématique est le développement d'algorithme de vérification et d'identification de personnes en utilisant diverses modalités (iris, visage, empreintes digitales) ainsi que l'étude de stratégies de fusion multi-modales (visage-signatures par exemple). Nos travaux s'effectuent aussi en étroite collaboration avec ceux de l'équipe capteur pour la vision. Plus précisément, nous nous intéresserons à la fusion multimodale dans un contexte de mobilité de l'utilisateur (utilisation d'un téléphone mobile ou d'un PDA par exemple). Ce contexte pose des problèmes spécifiques comme la variabilité des situations d'acquisition, la qualité dégradée des capteurs. Dans ce contexte la fusion de plusieurs modalités apparaît comme un moyen d'améliorer les performances des systèmes unimodaux, voire de pallier certaines déficiences et impostures. Une thèse est en cours sur ce sujet. Nous allons également poursuivre nos travaux sur l'iris en étudiant des stratégies de traitements couplés images d'iris et visage, ceci grâce à une caméra de haute résolution. Une thèse est en cours sur cette problématique.

Dans le cadre d'une collaboration avec Thales-TRT nous allons évaluer l'apport de la modélisation 3D du visage (modèle riche obtenu en phase d'enrollement) à la vérification en mode dégradé (image 2D du visage, modèle 3D dégradé etc...). Ceci devrait être particulièrement intéressant lorsque les conditions de vérification induisent des variations de pose par rapport aux situations d'acquisition. Une thèse, dans le cadre d'un contrat Cifre va débiter sur ce sujet.

Les travaux entrepris sur la combinaison d'indices 2D et 3D pour l'authentification et l'identification de visages seront poursuivis (thèse en cours). L'intégration d'indices couleurs et textures en 2D pour renforcer la robustesse et l'efficacité des segmentations pratiquées est prévue dans ce cadre. Par ailleurs, pour donner suite à un premier travail sur l'indexation d'images couleurs, la problématique de l'indexation des images dans les bases de données biométriques constitue d'ores et déjà un axe de recherche.

Le projet Technovision IV<sup>2</sup>, qui devrait débiter avec l'année 2005, nous permettra de disposer de bases de données importantes pour évaluer les différents algorithmes que nous avons développés précédemment : vérification par l'iris, authentification et identification par combinaison d'indices 2D/3D, modèles de visages 3D, approche multi-modale type iris/visage ou voix/visage, etc...

#### Analyse d'images et reconnaissance de formes

De plus en plus de séquences d'images sont acquises dans nos environnements à travers des caméras de surveillance ou d'observation. Le problème du traitement de ces flux vidéos est très important aujourd'hui. Nous nous proposons de développer un travail pour aborder cette thématique. Il s'agit



d'analyser des expressions dans des visages extraits de ces flux vidéos. Plusieurs applications sont envisagées qui seront menées en collaboration avec des laboratoires externes ou d'autres thèmes du LSC.

#### Capteurs pour la vision :

L'objectif de cette activité de recherche est d'étudier le couplage entre les traitements qui peuvent être réalisés in situ dans un capteur intelligent et d'autres, plus élaborés qui sont mis en œuvre dans l'unité de calcul numérique en aval d'une chaîne complète du système de vision. Un rapprochement de cette activité, conduite précédemment à l'INT, avec celle du LSC permettra d'envisager un plus grand spectre d'applications induisant une recherche pluridisciplinaire plus large (biométrie, réalité virtuelle, robotique, vision automobile, etc. ) et des réalisations innovantes et concrètes.

Dans le domaine de la biométrie, nous développerons les axes suivants. Les travaux réalisés précédemment sur l'implantation sur cartes à puce d'algorithmes de vérification par empreintes digitales (suite du projet BIOLAB), seront continués à travers , entra autre, les travaux d'une thèse qui vient de débiter. La problématique de couplage capteur-algorithme déjà explorée sera étendue aux capteurs de vision (caméra CMOS différentielle et la caméra IR permettant la suppression de la lumière environnante) et d'empreintes digitales. Le travail envisagé consiste dans la mise en oeuvre et l'évaluation d'algorithmes de traitement d'images et de vérification associés à ces capteurs.

## **5.2. Perspectives du Thème II : RVRA**

L'équipe RA a pour objectif scientifique de lever un verrou important qui est celui du *recalage 3D/2D temps réel* du monde virtuel sur le monde réel. Ce recalage suppose une calibration des points de vues réel et virtuel et une reconnaissance automatique de l'environnement réel. Par ailleurs, ce travail pose un problème ergonomique de présentation des informations à l'utilisateur (quand et comment utiliser la RA). Une collaboration avec les équipes de neurosciences et de psychologie expérimentale est nécessaire.

L'équipe a amorcé des recherches en RA en vision directe, avec l'objectif d'aboutir à un système de RA, semi-immersif, utilisant un dispositif de visualisation semi-transparent, permettant à l'opérateur d'avoir une vue directe de son environnement de travail augmentée par des informations visuelles pertinentes vis à vis de la tâche.

Dans le domaine du télétravail collaboratif, il s'agit de proposer des formalismes d'intelligence artificielle et des architectures logicielles permettant de prendre en compte les difficultés du travail collaboratif et les nouvelles modalités de perception visuelle, d'interaction et de communication. La collaboration peut avoir lieu à la conception autour de la maquette, dans une salle immersive, ou entre deux équipes physiquement distantes mais travaillant de façon coordonnée sur une maquette identique.

La plateforme EVR@ (« Environnement Virtuel et Réalité Augmentée ») en cours d'installation servira de support pour le développement et la mise en œuvre de ces recherches.

Les perspectives de **l'équipe haptique** sont orientées vers plusieurs voies de recherche constituant un challenge au niveau international. D'abord la consolidation du concept d'*infohaptie*. L'équipe est la seule en France, avec le CEA, (voire même à l'étranger) à considérer le rendu haptique comme partie intégrante des moteurs de simulation. Nous continuons à travailler sur les problèmes de détection de collisions et l'animation dynamique basée sur la physique pour les unifier et les rendre temps réel, traitant aussi bien les objets rigides que déformables dans un même benchmark Nous travaillons aussi sur l'algorithmique intégrant le rendu de texture avec une modélisation informatique prenant en compte des caractéristiques psychophysiques liées au toucher.

Pour ce qui est de l'aspect matériel du rendu haptique, nous concevons de nouveaux dispositifs à retour haptique, compacts et intégrés (de la taille d'un clavier d'un ordinateur portable) : le concept de rendu à multi-étages et multi-types d'actionnement. Il s'agit d'une interface à retour haptique complète (retour d'effort plus rendu de texture) basée sur des idées nouvelles d'actionnement à base d'intégration piézoélectrique/effet Peltier/élastomère ou électromagnétique et beaucoup d'idées novatrices à base de polymères conducteurs fonctionnant à l'air libre. Nous travaillons aussi sur l'automatique du rendu haptique en prenant en compte les contraintes dictées par l'infohaptie telles que les retards et les fréquences d'échantillonnage variables.

Nous entamons aussi des collaborations et des expériences très étroites avec des laboratoires de psychophysiques pour des expériences nouvelles qui permettront de mieux comprendre le sens haptique humain et sa relation avec les autres sens. Ces études sont importantes pour nous, car cela nous aide à mieux optimiser les interfaces.

Le sous-thème "Interaction gestuelle" comporte 2 volets scientifiques, l'un sur l'acquisition des gestes par vision artificielle, l'autre sur les applications de la communication gestuelle dans les environnements virtuels habités, que nous compléterons ultérieurement par un 3ème sur la reconnaissance des gestes.

A notre connaissance, la modalité d'acquisition des gestes humains que nous avons développée (par vision monoscopique, en 3D, sans marqueur, sans limitation des gestes attendus et en temps réel) n'a pas d'équivalent au niveau mondial. Toutefois, la robustesse de nos techniques doit encore être améliorée en particulier par l'exploitation de primitives image supplémentaires, par un suivi statistique des gestes et par la mise en oeuvre d'heuristiques pour l'optimisation du recalage de notre modèle articulé. L'exécution en temps réel, essentielle au regard des applications potentielles, atteinte grâce à un début d'utilisation détournée des processeurs graphiques (GPU), sera renforcée et une bibliothèque logicielle libre de fonctions en temps réel pour la vision artificielle sera diffusée.

Par ailleurs, nous poursuivrons notre étude de la communication gestuelle médiatisée par des mondes virtuels habités. Nous avons intégré cette modalité de communication non verbale dans un environnement 3D virtuel collaboratif pour le partage d'applications. Nous explorerons les apports de la communication gestuelle pour des applications simples comme la révision de cours, ou comme palliatif virtuel au handicap physique en enseignement présentiel. Dans un contexte plus large, nous étudierons son importance du point de vue de latéléprésence dans des applications en travail collaboratif et en télé-enseignement.

Enfin, à plus long terme, nous aborderons la reconnaissance de geste de commande en IHM, voire de la langue des signes. Les techniques de reconnaissance neuro-markoviennes élaborées par exemple pour la reconnaissance de l'écriture cursive par l'équipe Intermédia seront transposées aux gestes.

Ces thèmes bénéficieront naturellement du rapprochement avec le LSC en particulier sur les thèmes analyse d'image et vision artificielle, réalité virtuelle et environnements collaboratifs, et aides pour le handicap.

### **5.3. Perspectives du Thème III : MCMC**

#### **5.3.1 Contrôle de véhicules terrestres : routes et véhicules intelligents**

Initiés sous la problématique d'automatisation complète de la conduite, les travaux se sont orientés depuis 3 ans maintenant sur le développement d'assistances à la conduite. Cette orientation sera renforcée pour les prochaines années. Les assistances que nous développons à la fois pour le longitudinal et le latéral seront déclinées suivant les différents modes de coopération homme-véhicule. Le développement de ces modes d'interactions sera abordé sous le double aspect technique et humain en collaboration avec le LIVIC et l'IRRCyN.

La méthodologie directrice est l'intégration du calcul du « risque de situation » dans la synthèse des alertes et des lois d'assistance active. Ce risque combinera la dynamique véhicule, l'infrastructure et le conducteur. L'objectif étant de construire des fonctions d'assistance permettant de traiter de manière unifiée, d'assistances en inter-distance, en arrêt sur obstacle, en approche de virage et dans le virage.

Par ailleurs, les travaux actuels se basent principalement sur le capteur vidéo pour le positionnement du véhicule sur la voie de circulation et par rapport aux véhicules environnants. Nous explorons dès maintenant différentes possibilités de positionnement en relatif et en absolu, pouvant utiliser une meilleure coopération entre les véhicules ou avec l'infrastructure. Les modifications nécessaires à apporter à l'infrastructure sont en cours d'étude et se poursuivront de manière active. Nous pouvons citer : l'ajout des balises de bord de voie, des aimants sur la voie, des transpondeurs, etc. Sont à explorer également les influences des changements dans l'infrastructure sur les algorithmes de contrôle-commande. Plusieurs types de changements sont possibles et leurs combinaisons seront étudiés.

Une partie de ces orientations choisies sera traitée dans le cadre de nos contributions en tant que partenaire dans le projet intégré PReVENT qui débutera en Février 2004.

#### **5.3.2. Engins volants**

Dans le cadre d'un concours lancé par l'ONERA sur les drones, nous nous sommes investis dans la conception et la commande d'un hélicoptère à 4 rotors connu sous le nom de Roswell-Flyer ou XSF. Ce type d'hélicoptère est conçu spécialement pour des missions telles que le vol stationnaire, le suivi de trajectoire lente, le décollage ou encore l'atterrissage. Le cahier des charges prévoit la conception d'un mini-drone pouvant se loger dans une sphère de 70cm de diamètre et qui pourrait effectuer un vol quasi-stationnaire. Concernant la dynamique du vol, quatre points sont mis en avant : l'aérodynamique, les effets gyroscopiques, la flexibilité des pales, la dynamique des rotors. Concernant le contrôle, les points à l'étude sont les suivants: planification de chemins et évitement d'obstacles dans un milieu urbain, génération de trajectoires de consignes et commande du système sous actionné, suivi de trajectoires et suivi de cibles.

### 5.3.3. Coopération entre entités intelligentes-handicap et santé

- a) **Handicap** : L'assistance restant basée sur des moyens robotisés, nous allons poursuivre nos travaux sur l'interaction entre l'homme et la machine. L'assistance robotisée ne peut se limiter au système ARPH, il est primordial d'envisager une diversification à la fois des moyens et du champ d'application. En ce qui concerne le premier point, l'idée est de considérer que le service rendu à la personne dépendante se fait par coopération d'un ensemble de robots mobiles dans l'optique d'une utilisation dans un centre de réadaptation. Notre équipe a déjà commencé des recherches sur ce sujet et possède désormais un parc de petits robots mobiles afin de valider ses approches.

En parallèle, nous désirons élargir le champ d'application au handicap cognitif. Il n'existe à notre connaissance que deux équipes au monde qui s'intéressent à l'apport de la robotique dans l'évaluation et la thérapie d'enfants autistes par interaction avec des robots. Les compétences spécifiques du LSC en terme de robotique téléopérée pourraient permettre de proposer des solutions originales. Une première évaluation en hôpital de jour a permis d'une part de mettre en place un réseau de collaboration constitué de chercheur en neurosciences, d'une association de parents d'enfants autiste et d'un hôpital de jour et d'autre part de montrer l'intérêt de cette approche.

- b) **Santé** : Les objectifs de la télésurveillance de patients à domicile, notamment des personnes atteintes de pathologies cardiaques et/ou des personnes âgées, sont d'une part de permettre à ces personnes de pouvoir rester chez elles, d'autre part de procéder en cas d'urgence à une médicalisation à distance plus réactive. L'équipe Intermédia coordonne et contribue à un projet de recherche du programme RNTS (cf. annexe) visant justement un service de télésurveillance fiable et pratique. Nous avons conçu et réalisé un prototype de télésurveillance enregistrant en permanence des données physiologiques (actimétrie, fréquence cardiaque, position) depuis les capteurs du terminal placé sur le patient. La transmission via sa base domestique, est effectuée vers un serveur distant, rattaché au centre de télésurveillance médicale (coopération INT-ESIEE). Notre projet de recherche traite des aspects avancés de traitement des signaux physiologiques (débruitage, paramétrisation robuste par ondelettes), et de reconnaissance des formes pour la segmentation et la classification automatiques de signaux ECG pathologiques (Modèles de Markov Cachés, réseaux neuronaux). Nous avons étudié et conçu une architecture de traitements embarqués pour réaliser un terminal portable de télésurveillance ainsi que ses capteurs de mesures physiologiques et le sous-système radio, considéré comme un axe crucial dans la mesure où il nous permet de maîtriser toute la chaîne de traitements depuis le capteur jusqu'aux algorithmes de traitement du signal. Les travaux de recherche devraient porter vers d'une part une plus forte cohérence et intégration des différents modules de télésurveillance (actimétrie/ECG, lien avec la domotique), d'autre part vers les usages indispensables à leurs évolutions.

### 5.3.4. Mécatronique

En ce qui concerne l'équipe mécatronique, un des objectifs majeurs est d'accentuer les coopérations avec les autres équipes du laboratoire, TADI, RARV, automaticiens dans les domaines de l'assistance au geste chirurgical, de la modélisation et du contrôle de drones.



## II. BILAN CHIFFRE

### 1. Ressources humaines

|              | PR       | HdR      | McF       | Autre        | Doctorant | ITA/IATOS                                        |
|--------------|----------|----------|-----------|--------------|-----------|--------------------------------------------------|
| Thème 1      | 2        | 1        | 3         | 1 PAST (HdR) | 8         | * 1 TCE gestionnaire<br>* 1 IGR<br>* 1 IGE (50%) |
| Thème 2      | 3        |          | 4         | 1 PRAG       | 14        |                                                  |
| Thème 3      | 3        | 2        | 9         |              | 10        |                                                  |
| <b>Total</b> | <b>8</b> | <b>3</b> | <b>16</b> | <b>2</b>     | <b>32</b> | <b>2,5</b>                                       |

#### Politique de recrutement des enseignants-chercheurs

| Année | Professeur                         | Maître de conférences                                  |
|-------|------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| 1999  | 1 interne : thème 2                | 1 interne : thème 1<br>1 externe : thème 3             |
| 2000  | 1 externe : thème 2                |                                                        |
| 2001  |                                    | 1 interne : thème 2<br>1 externe : thème 1             |
| 2002  | 2 internes :<br>thème 1 et thème 3 | 1 externe : thème 3                                    |
| 2003  | 1 interne : thème 2                | 1 interne : thème 2<br>2 externes : thème 1 et thème 3 |
| 2004  |                                    | 2 internes : thème 2 et thème 3                        |

|                                     |             |             |                       |
|-------------------------------------|-------------|-------------|-----------------------|
| <b>Externe /total<br/>sur 6 ans</b> | <b>20 %</b> | <b>50 %</b> | <b>Total<br/>40 %</b> |
|-------------------------------------|-------------|-------------|-----------------------|

## 2. Bilans financiers

### RESSOURCES ANNUELLES HORS CREDITS RECURRENTS ET SPECIFIQUES

|                | 2000      | 2001     | 2002      | 2003      | TOTAL     | MOYENNE |
|----------------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|---------|
| CONTRATS       | 118820,00 | 87999,00 | 101447,00 | 104463,00 | 412729,00 | 103182  |
| FRT            | 0,00      | 0,00     | 81459,00  | 52120,00  | 133579,00 | 33395   |
| CEE            | 0,00      | 0,00     | 78421,00  | 133756,00 | 212177,00 | 53044   |
| COLLEC.TERRIT. | 0,00      | 0,00     | 76000,00  |           | 76000,00  | 19000   |
| BQR            | 8385,00   | 9148,00  | 14600,00  | 10933,00  | 43066,00  | 10767   |
| TOTAL          | 127205,00 | 97147,00 | 351927,00 | 301272,00 | 877551,00 | 219388  |

### RESSOURCES ANNUELLES CREDITS RECURRENTS ET SPECIFIQUES

|                       | 2000     | 2001     | 2002      | 2003     | TOTAL     | MOYENNE |
|-----------------------|----------|----------|-----------|----------|-----------|---------|
| CREDITS SCIENTIFIQUES |          |          |           |          |           |         |
| CNRS                  | 0,00     | 0,00     | 29503,00  | 36966,00 | 66469,00  | 16617   |
| MEN                   | 24622,00 | 24622,00 | 25500,00  | 25500,00 | 100244,00 | 25061   |
| EQUIPEMENTS           |          |          |           |          |           |         |
| CNRS                  | 0,00     | 0,00     | 60000,00  | 0,00     | 60000,00  | 15000   |
| MEN                   | 10367,00 | 10367,00 | 10367,00  | 10367,00 | 41468,00  | 10367   |
| AUTRES                |          |          |           |          |           |         |
| CREDITS BAT.          | 0,00     | 0,00     | 190000,00 | 0,00     | 190000,00 | 47500   |
| TOTAL                 | 34989,00 | 34989,00 | 315370,00 | 72833,00 | 458181,00 | 114545  |

### RESSOURCES TOTALES

| 2000   | 2001   | 2002   | 2003   | TOTAL   | MOYENNE |
|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 162194 | 132136 | 667297 | 374105 | 1335732 | 333933  |

### 3. Bilan des productions scientifiques

#### Production sur la période 2000-2003

|                                   |         | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | Total | au 10/2004 |
|-----------------------------------|---------|------|------|------|------|-------|------------|
| <b>Ouvrages</b>                   | Thème 1 | 0    | 0    | 1    | 0    | 1     | 3          |
|                                   | Thème 2 | 0    | 1    | 4    | 3    | 8     | 0          |
|                                   | Thème 3 | 0    | 1    | 1    | 2    | 4     | 0          |
| Total                             |         | 0    | 2    | 6    | 5    | 13    | 3          |
| <b>Revues</b>                     | Thème 1 | 7    | 2    | 4    | 2    | 15    | 4          |
|                                   | Thème 2 | 0    | 3    | 1    | 2    | 6     | 0          |
|                                   | Thème 3 | 4    | 15   | 6    | 6    | 31    | 10         |
| Total                             |         | 11   | 20   | 11   | 10   | 52    | 14         |
| <b>Conférences<br/>avec actes</b> | Thème 1 | 13   | 6    | 8    | 16   | 43    | 10         |
|                                   | Thème 2 | 7    | 12   | 24   | 21   | 64    | 32         |
|                                   | Thème 3 | 18   | 17   | 25   | 14   | 74    | 6          |
| Total                             |         | 38   | 35   | 57   | 51   | 181   | 48         |
| <b>Total</b>                      |         | 49   | 57   | 74   | 66   | 246   | 65         |

## Ouvrages et chapitres d'ouvrages Thème 1

[VIG02L] [LAG04L] [RIV04L] [VIG04L]

## Revues Thème 1

[BOU00R] [CON00R] [MAA00R] [OUS00aR] [OUS00bR] [OUS00cR] [PET00R]  
[LOA01R] [OUS01R] [KAL02R] [LELA02R] [MAA02R] [PLA02R] [OUS03R]  
[SIN03R] [LEL04R] [NZI04R] [OUS04R] [VIG04R]

## Ouvrages et chapitres d'ouvrages Thème 2

[KHE01L] [CHA02L] [DES02L] [KHE02aL] [KHE02bL] [AG003aL] [AG003bL]  
[FES03L]

## Revues Thème 2

[KHE01R] [LOA01R] [SHA01R] [RED02R] [ABA03R] [ARI03R]

## Ouvrages et chapitres d'ouvrages Thème 3

[MAH01L] [MAM02L] [COL03L] [PAS03L]

## Revues Thème 3

[BUR00R] [COL00R] [HOP00R] [PAS00R] [BES01R] [DJE01R] [HAM01aR]  
[HAM01bR] [HAM01cR] [HOPP01R] [KEV01R] [MAH01R] [MAM01R] [PAS01aR]  
[PAS01bR] [PAS01cR] [PRA01R] [SAM01R] [SEG01R] [AITA02R] [HAM02R]  
[HOP02R] [KOE02R] [MAM02bR] [RYB02R] [ARI03R] [DJE03R] [DZU03R]  
[GAI03R] [KEV03R] [PAS03R] [AIT04R] [BEJ04aR] [BEJ04bR] [DAM04R]  
[DJE04R] [FEN04aR] [FEN04bR] [MAH04R] [PRA04R] [RYB04R]

## Publications communes thèmes 1 et 2

[LOA01R] [LOA00C] [MON02C] [NZI02C] [MER03aC] [MER03bC] [FEM04aC]  
[FEM04bC] [FEM04cC] [FEM04dC] [MER04cC] [MER04dC] [MER04eC]

## Publications communes thèmes 2 et 3

[ARI03R] [OTM00cC] [ARI02bC] [ARI02cC] [ARI02dC] [ARI02eC] [ARI03aC]  
[ARI03bC]

## Bilan des habilitations à diriger les recherches et thèses soutenues

|        | 2000 | 2001 | 2002 | 2003-2004 | Total |
|--------|------|------|------|-----------|-------|
| HdR    | 2    | 1    | 3    | 0         | 6     |
| Thèses | 4    | 3    | 7    | 3         | 17    |



## 4. Visibilité et collaboration

| Participation aux GdR |      |            |             |
|-----------------------|------|------------|-------------|
| GdR                   | ISIS | STIC Santé | Automatique |
| Thème I               | ×    | ×          |             |
| Thème II              | ×    |            |             |
| Thème III             | ×    | ×          | ×           |

| Participation aux Réseaux Thématiques Pluridisciplinaires du département STIC du CNRS |                                                 |                 |                              |                              |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------------|------------------------------|------------------------------|
| RTP                                                                                   | Interfaçage Médiatisé et Réalité Virtuelle n°15 | Handicaps n° 34 | Véhicules Intelligents n°40  | Systèmes aérospatiaux n° 46  |
| Thème II                                                                              | Membre du comité de pilotage                    |                 |                              |                              |
| Thème III                                                                             |                                                 | Animation       | Membre du comité de pilotage | Membre du comité de pilotage |

| Présidence des comités d'organisation ou scientifique de conférences |                 |                   |                                                                               |       |
|----------------------------------------------------------------------|-----------------|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Nom                                                                  | Date            | Lieu              | Rôle du LSC                                                                   | Thème |
| MMNS 2003                                                            | Sept. 2003      | Belfast           | Président du comité d'organisation                                            | II    |
| Handicap 2002                                                        | Juin 2002       | Paris             | Président du comité d'organisation                                            | III   |
| IEEE Roman'2001                                                      | Sept. 2001      | Bordeaux et Paris | Président du comité d'organisation, membre du comité scientifique co-chairman | II    |
| ASME Symposium on Multibody Dynamics and Vibration                   | Sept 9-13, 2001 | Pittsburgh        | Président du comité d'organisation                                            | III   |
| Handicap 2000                                                        | Juin 2000       | Paris             | Président du comité d'organisation                                            | III   |
| ASME Symposium on Multibody Dynamics and Vibration                   | Sept. 2003      | Chicago           | Président du comité d'organisation                                            | III   |
| ISH                                                                  | Octobre 2003    | Paris             | Président du comité scientifique                                              | III   |
| AAATE                                                                | Octobre 2005    | Lille             | Vice Président du comité d'organisation                                       | III   |

## Participation à des actions Européennes

| Nom du projet                                                    | Cadre                                        | Montant                               | Début      | Fin        | Thème |
|------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------|------------|------------|-------|
| <b>TOUCH-HAPSYS</b>                                              | Projet Inégré<br>5 <sup>ème</sup> PCRD       | 401,8 K€                              | 01/10/2002 | 30/09/2005 | II    |
| <b>INTUITION</b>                                                 | Réseau d'excellence<br>6 <sup>ème</sup> PCRD | Première réunion plénière le 26/10/04 |            |            | II    |
| <b>PREVENTIVE<br/>SAVETY</b><br>Wireless local danger<br>warning | Projet Intégré<br>6 <sup>ème</sup> PCRD      | 300 K€                                | 01/02/2004 | 27/02/2007 | III   |

## Accueil de visiteurs extérieurs

| Visiteur        | Université d'origine                                       | Période de présence | Durée   |
|-----------------|------------------------------------------------------------|---------------------|---------|
| M. R. Mahony    | Senior lecturer à<br>l'Université de Monash,<br>Australie  | 2000                | 1 mois  |
| M. K. Kozlowski | Université Posnan,<br>Pologne                              | 2000                | 1 mois  |
| M. A. Abichou   | Professeur à l'école<br>polytechnique de Tunis,<br>Tunisie | 2001                | 1 mois  |
| M. J. Celestino | Professeur à l'Université<br>Fédérale du Céara, Brésil     | 2002                | 1 mois  |
| M. S Payendeh   | Associate Professor<br>Simon Fraser University,<br>Canada  | 2002                | 1 mois  |
| M. C. Căleanu   | Professeur à l'Université<br>Polytechnique de Timisoara    | 2003                | 1 mois  |
| M. T. Matsumaru | Associate Professor<br>Université de Shizuoka,<br>Japon    | 2003                | 6 mois  |
| M. C. Verrelli  | Doctorant<br>Universita di Roma, Italie                    | 06/2003             | 12 mois |
| M. N. Slimane   | Professeur à l'Université de<br>Batna, Algérie             | 2004                | 18 mois |

## 5. Liste des équipements

- **Ordinateurs**
  - 70 PC
  - 1 SGI Octane
  - Capteurs
- **Caméras**
  - 2 caméras analogiques simples
  - 1 caméras analogiques pan+tilt
  - 1 tête stéréo analogique
- **Capteurs ultrason**
  - 2 têtes de capteurs ultrason composées d'1 émetteur/récepteur et d'un récepteur
- **Robots avec leurs équipements**
  - Robots mobiles
  - Flotte de 5 robots mobiles dont 1 avec un PC embarqué
  - Base mobile équipée avec
  - Un pc embarqué avec réseau Wi-Fi
  - Un bras robot Manus
  - Une caméra Pan+tilt
  - Un Bras robot
  - Robot Fanuc
- **Banc de calibration**
  - Banc robotisé équipé avec :
  - Une caméra d'environnement pour la téléopération
  - Une tête stéréo
  - Un projecteur de grille laser
- **Ballon Dirigeable**
  - Dirigeable robotisé équipé avec :
  - Une caméra VHF
  - Une centrale inertielle + émetteur HF
  - Actionneurs et moteurs themiques
- **Simulateurs**
  - Dispositif à retour d'effort haptique (Phantom)
  - Simulateur de conduite
  - Simulateur de téléopération pour la chirurgie endovasculaire (projet MATEO) équipé avec :
  - Le bras robot Fanuc (déjà cité)
  - Une caméra pour la téléopération
- **Plateforme de RV/RA**
  - Equipement de la Plateforme EVR@
  - Plate forme technologique pour les Environnements Virtuels et de Réalité @ugmentée - Projet ASTRE 2002<sup>6</sup>
  - Vidéo projecteur stéréo(Technologie DLP, Lunettes shutter, Ecran semi-transparent 3\*2,25m<sup>2</sup>
  - *Casques de vision semi transparents stéréo*
  - Bras à retour haptique(Virtuose 6D)
  - Serveur Graphique
  - *Serveur Vidéo*
  - Equipement vidéo (caméras)
  - *Equipement réseau sans fil*
  - 4 PC standard
  - tracking optique (ARTTRACK)
  - Centrale inertielle(MT9)

---

<sup>6</sup> Les éléments en italique sont en cours d'acquisition

- **Matériel divers**
  - Imprimantes
  - Deux imprimantes laser
  - Audiovisuel
  - Deux projecteurs LCD
  - Un caméscope numérique
  - Deux appareils photo numériques