



HAL
open science

De la recherche en traitement d'images à la recherche en systèmes d'informations en passant par l'enseignement à distance et le travail collaboratif

Jacques Fayolle

► **To cite this version:**

Jacques Fayolle. De la recherche en traitement d'images à la recherche en systèmes d'informations en passant par l'enseignement à distance et le travail collaboratif. Autre [cs.OH]. Université Jean Monnet - Saint-Etienne, 2007. tel-00380993

HAL Id: tel-00380993

<https://theses.hal.science/tel-00380993v1>

Submitted on 4 May 2009

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HABILITATION À DIRIGER DES RECHERCHES

Discipline : Génie informatique, télécommunications

présentée et soutenue publiquement le 3 juillet 2007 par

JACQUES FAYOLLE

DE LA RECHERCHE EN TRAITEMENT D'IMAGES À LA RECHERCHE EN SYSTÈMES D'INFORMATIONS EN PASSANT PAR L'ENSEIGNEMENT À DISTANCE ET LE TRAVAIL COLLABORATIF

Composition du jury :

- Pierre Rolin, Professeur Directeur de l'INT Télécom, *Président*
- Francis Lepage, Professeur Université H. Poincaré Nancy, *Rapporteur*
- Patrick Prevot, Professeur Insa de Lyon, *Rapporteur*
- Francois Letellier, Docteur Inria Rhône Alpes, *Rapporteur*
- Viktor Fisher, Professeur Université Jean Monnet Saint Etienne
- Gérard Noyel, Professeur Université Jean Monnet Saint Etienne, *Directeur de recherche*

REMERCIEMENTS :

Ce travail a été réalisé au sein du laboratoire DIOM (Dispositifs et Instrumentation en opto-électronique et micro ondes) de l'Université Jean Monnet de Saint Etienne. Je suis particulièrement reconnaissant à Jean Jacques Rousseau, directeur du laboratoire et Bruno Sauviac, directeur adjoint pour m'y avoir accueilli et cru en l'avenir d'une activité de recherche sur les systèmes d'informations.

J'adresse mes plus sincères remerciements à Gérard Noyel, directeur de l'Istase qui a encadré la genèse de cette activité. La confiance qu'il m'a accordé ainsi que sa volonté de tous les instants ont été les facteurs clefs de la construction de la cellule de recherche en partenariat autour des télécommunications que j'ai le plaisir de diriger et d'animer aujourd'hui.

Je voudrais exprimer toute ma gratitude à Francis Lepage, professeur à l'Université Henri Poincaré et au laboratoire CRAN qui a bien voulu être rapporteur de ce mémoire en vue de l'habilitation à diriger des recherches. Ses conseils et recommandations sur la structuration de la présentation de mon travail, ainsi que quelques éléments de positionnement scientifique plus global ont permis, je crois, de donner à ce mémoire une meilleure dimension.

J'exprime mes plus vifs remerciements à Patrick Prevot et François Letellier respectivement professeur à l'INSA de Lyon et chercheur à l'INRIA Rhône Alpes qui ont relu avec la plus grande attention ce mémoire et par leurs remarques ont aussi permis d'en accroître la qualité.

Monsieur Pierre Rolin, professeur et directeur de l'INT Télécom, me fait le grand honneur de juger ce travail. Son expertise dans le domaine des télécommunications et des systèmes d'informations est un élément important pour mon travail. Je tiens à lui témoigner ici toute ma reconnaissance.

Je désire remercier aussi Viktor Fisher, professeur à l'Université Jean Monnet et spécialiste des questions de sécurité de sa participation au jury et de donner ainsi son avis sur la qualité du travail présenté.

Je tiens aussi à adresser des grands remerciements à l'ensemble du personnel de l'Istase, enseignant chercheur et administratifs ainsi que les membres du laboratoire DIOM pour avoir « supporté » leur directeur adjoint dans cette période de construction du mémoire qui a parfois induit des journées agitées au sein de l'école.

Bien évidemment, je désire mentionner tout particulièrement Christophe Gravier, doctorant sous ma responsabilité avec lequel cette activité de recherche s'est réellement co-construite. Son aide précieuse a permis de consolider et de pérenniser une activité naissante et de l'amener aujourd'hui à un niveau intéressant (6 doctorants, pluralité de projets, ...)

Enfin, je ne pourrais terminer ces remerciements sans m'adresser à ma famille et tout particulièrement à Martine sans qui ce mémoire n'existerait que dans plusieurs années. Merci d'avoir aiguillonné mon travail, supporté les longues soirées de travail et les rentrées tardives du bureau. Merci aussi à Telly et Jodie qui n'ont pas forcément tout compris mais qui, j'en suis sûr, sont fiers du travail de leur papa.

SOMMAIRE

PARTIE 1 : PRÉSENTATION GÉNÉRALE – PARCOURS

Résumé du dossier.....	7
Recherche.....	7
Enseignement.....	8
Responsabilités collectives.....	8
Curriculum Vitae.....	9
Etat civil.....	9
Situation professionnelle actuelle	9
Formation.....	9
Langues.....	9
Recherche	10
Note de Clarification de mon parcours.....	10
Historique des activités de recherche.....	11
Responsabilités administratives dans le cadre de la recherche	12
Animation de la recherche	13
Participation à l'organisation des congrès internationaux :	13
Organisation de workshops internationaux :	13
Organisation de workshops nationaux.....	13
Comité scientifique pour revues internationales.....	14
Comité de lecture pour journaux scientifiques internationaux (Reviewer).....	14
Comité de lecture pour congrès internationaux (Reviewer).....	14
Participation à des jurys de thèse.....	14
Relations internationales.....	14
Encadrements.....	15
Encadrements de thèse.....	15
Encadrements de DEA/Master 2.....	16
Autres encadrements à finalité recherche.....	17
Contrats de recherche	17
Liste des publications.....	20
Articles dans des journaux avec comité de lecture.....	20
Ouvrages.....	21
Article dans des conférences avec actes et comité de lecture.....	21
Autres publications et communications.....	27
Rapports et Logiciels.....	28
Activités pédagogiques.....	29
Note de clarification.....	29
Résumé des enseignements.....	30
Responsabilités administratives au sein de la composante pédagogique.....	31
Direction Adjointe.....	31
Perspectives et évolutions.....	33
Autres activités.....	34
Fiches résumé des activités actuelles.....	35
Activités de recherche.....	35
Activités pédagogiques.....	36

PARTIE 2 : ACTIVITÉ RECHERCHE - DE LA RECHERCHE EN TRAITEMENT D'IMAGES À LA RECHERCHE EN SYSTÈMES D'INFORMATIONS EN PASSANT PAR L'ENSEIGNEMENT À DISTANCE ET LE TRAVAIL COLLABORATIF

Chapitre 1 : Pilotage distant d'instruments de haute technologie Objectifs et socle fonctionnel - Vers un service applicatif universel pour le travail collaboratif via des clients riches

1. Préambule.....	40
1.1 Positionnement, contexte.....	40
2. Introduction.....	42
2.1 Pourquoi un pilotage distant ?.....	43
2.2 Pourquoi une infrastructure logicielle répartie ?.....	44
a) Le contrôle direct des appareils.....	45
b) Prise de contrôle de l'ordinateur distant.....	45
c) Les solutions réparties.....	45
3. Principe du pilotage distant via une infrastructure J2EE.....	48
3.1 Principe global.....	48
3.2 Rôle du serveur J2EE.....	49
3.3. Rôle de la messagerie applicative.....	50
3.4 Rôle des briques annexes	52
a) Serveur LDAP.....	52
b) Serveur SGBD.....	53
3.5 Cote client : rôle de Java Web Start.....	53
3.6. Coté instrument : rôle de JNI.....	54
4. Conclusion.....	55
5. Bibliographie.....	55

Chapitre 2 : Pilotage distant d'instruments de haute technologie - Problématiques recherche: Collaboration, ontologies, sécurité

1. Introduction.....	60
2. Collaboration active.....	60
2.1 Quels objectifs ?.....	60
2.2 Des questions philosophiques.....	61
2.3 Des réponses techniques à des questions philosophiques : le problème de la conscience d'autrui.....	63
2.4 Bilan de l'architecture obtenue pour la gestion de la collaboration.....	76
3 . Interopérabilité.....	76
3.1 Pourquoi un besoin d'interopérabilité.....	76
3.2 Présentation des architectures orientées services.....	77
3.3 Des projets de recherche	79
4.Sécurité et fédération d'identités.....	80
4.1Le projet RNRT FederID.....	82
4.2.Des projets de recherche.....	85
5. Interfaces Homme Machine et Ontologies d'interfaces.....	85
5.1 Adaptation de l'IHM.....	85
5.2. Séquences d'utilisation.....	89
5.3 Des projets de recherche.....	92

6. Conclusion.....	94
7. Bibliographie.....	95

Chapitre 3 : Retour d'expérience sur EDEN3 : un campus numérique pragmatique et efficace

1. Un Modèle Pragmatique.....	101
1.1 Aspects Pédagogiques.....	102
1.2 Un Campus Numérique Pour Qui? Pour Quoi?.....	102
1.3 Aspects Économiques.....	103
2. Le Dispositif Pédagogique.....	104
3. Retour d'expériences	106
3.1. Point de vue de l'étudiant.....	106
3.2. Point de vue de l'entreprise.....	106
3.3. Point de vue de l'école.....	106
4. Conclusion.....	107
5. Bibliographie.....	108

Chapitre 4 : Activités de recherche en traitement d'Images

1. Introduction.....	111
2. Caractérisation de frontières d'objets par traitement d'images.....	112
3. Mesure des déformations locales d'objets non rigides par traitement d'images.....	115
4. Mesure globale du mouvement par traitement d'images.....	117
5. Applications.....	119
6. Conclusion.....	120
7. Bibliographie.....	121

Conclusion

PARTIE 1

PRÉSENTATION GÉNÉRALE

PARCOURS

-

DE LA RECHERCHE EN TRAITEMENT D'IMAGES À LA RECHERCHE EN SYSTÈMES D'INFORMATIONS EN PASSANT PAR L'ENSEIGNEMENT À DISTANCE ET LE TRAVAIL COLLABORATIF

TABLE DES MATIÈRES

Résumé du dossier.....	7
Recherche.....	7
Enseignement.....	8
Responsabilités collectives.....	8
Curriculum Vitae.....	9
Etat civil.....	9
Situation professionnelle actuelle	9
Formation.....	9
Langues.....	9
Recherche	10
Note de Clarification de mon parcours.....	10
Historique des activités de recherche.....	11
Responsabilités administratives dans le cadre de la recherche	12
Animation de la recherche	13
Participation à l'organisation des congrès internationaux :	13
Organisation de workshops internationaux :	13
Organisation de workshops nationaux.....	13
Comité scientifique pour revues internationales.....	14
Comité de lecture pour journaux scientifiques internationaux (Reviewer).....	14
Comité de lecture pour congrès internationaux (Reviewer).....	14

Participation à des jurys de thèse.....	14
Relations internationales.....	14
Encadrements.....	15
Encadrements de thèse.....	15
Encadrements de DEA/Master 2.....	16
Autres encadrements à finalité recherche.....	17
Contrats de recherche	17
Liste des publications.....	20
Articles dans des journaux avec comité de lecture.....	20
Ouvrages.....	21
Article dans des conférences avec actes et comité de lecture.....	21
Autres publications et communications.....	27
Rapports et Logiciels.....	28
Activités pédagogiques.....	29
Note de clarification.....	29
Résumé des enseignements.....	30
Responsabilités administratives au sein de la composante pédagogique.....	31
Direction Adjointe.....	31
Perspectives et évolutions.....	33
Autres activités.....	34
Fiches résumé des activités actuelles.....	35
Activités de recherche.....	35
Activités pédagogiques.....	36

RÉSUMÉ DU DOSSIER

FAYOLLE Jacques 16/11/1970
Maître de Conférences depuis 1998
ISTASE Université Jean Monnet Saint-Etienne
61^{ème} section du CNU

Recherche

- Membre laboratoire Hubert Curien (TSI UMR CNRS) de 1997 à 2003
- Membre laboratoire DIOM (EA) depuis 2003
- Responsable équipe SATIn (Sécurité, Algorithme, Télécoms, Intégration) du DIOM

Mots clés

Télécommunications, Sécurité informatique, Interfaces Homme Machine, Fédération d'identités, Collaboration, Interopérabilité

Publications et résultats

- Thèse soutenue en 1996
- 10 articles dans des revues à comité de lecture, dont 9 depuis la thèse
- 1 participation à un ouvrage
- 28 communications dans des congrès internationaux à comité de lecture, dont 22 après la thèse
- 21 communications dans des congrès nationaux à comité de lecture, dont 18 après la thèse
- 3 participations à des workshops internationaux
- 17 communications dans des journées scientifiques, dont 3 en Conférence invitée
- 1 participation à un jury de thèse
- 9 contrats
- 2 projets pôles de compétitivité (Techtera et Sporaltec)
- 2 collaborations internationales

Encadrement

- 5 étudiants de Master, 3 étudiants en stage de fin d'études ingénieur avec master recherche
- 4 coencadrements de thèse (60 % pour 3 et 25% pour 1) dont 1 à soutenir en juillet 2007

Comité de lecture

- Referee pour le journal Pattern Recognition
- Referee pour le journal IEEE Transaction on Signal Processing
- Referee pour Special issue of « Journal of Digital Information Management (JDIM) » 2007,
- Referee pour « International Journal of Computational Intelligence Research » 2007,
- Referee pour Special issue of « Journal of Information Assurance and Security (JIAS) » 2007.
- Referee pour Special issue on Remote Lab - IEEE transactions on Industrial Engineering, 2007

Animation de la recherche

- Initiateur de la thématique de recherche SATIn (framework de sécurité, autoadaptation interface Homme-Machine, fédération d'identités, interopérabilité)
- Maître d'œuvre d'une action de R &D pluriannuelle sur le Haut Débit, avec le Conseil Général de la Loire
- 4 participations à l'organisation de congrès et workshops
- Membre de l'Editorial Board d'International Journal on Internet Technologies in Higher Education

Enseignement

- Enseignement dans les 2 dernières années du cycle ingénieur ISTASE
CM, TD,projets en présentiel et à distance informatique appliquée aux télécoms
- Directeur Adjoint de l'ISTASE depuis 2004
- Maître d'œuvre des dispositifs de formation à distance et du campus numérique de l'ISTASE
EDEN 3 e-Instrumentation e-Projets

Animation

- 2 Universités européennes d'été sur la e-formation Initiateur et organisateur
- Maître d'œuvre sur les appels à projets en e-formation
Campus Numérique (2000 et 2002)
Région Rhône-Alpes (1999 à 2005)
UNIT
- Coordinateur des 7 projets ISTASE du Schéma Régional de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
- Participation active à la conception des futurs locaux de l'ISTASE (6500 m²)
- 4 collaborations internationales

Responsabilités collectives

- Membre du CA de l'ISTASE
- Membre du Conseil de Perfectionnement
- Président de la Commission Enseignement
- Président de la Commission Orientation et Budget
- Membre de la Commission Pédagogique
- Membre de la Commission Qualité
- Membre de la Commission de recrutement des élèves
- Membre du Comité de pilotage du cyberbureau des collèges de la Loire
- Membre élu au CA de Loire Numérique depuis 2004
- Animation de la Commission R& D de Loire Numérique
- Membre élu au CA de Rhône-Alpes Numérique depuis 2004

CURRICULUM VITAE

Etat civil

Jacques FAYOLLE

né le 16 novembre 1970

Marié, 2 enfants

Situation professionnelle actuelle

Maître de conférences (depuis septembre 1998)

Affectation recherche :

- Laboratoire DIOM (Dispositifs et Instrumentation Optoélectronique et Microondes)
 - Équipe Accueil 3523
 - Université Jean Monnet
 - 23 rue du Docteur Paul Michelon 42023 Saint Etienne Cedex 2

Affectation pédagogique :

- École d'ingénieurs ISTASE (Institut Supérieur des Techniques Avancées de Saint Etienne)
 - Université Jean Monnet
 - 23, rue du Docteur Paul 42023 Saint-Etienne Cedex

Tel : 33 (0)4 77 48 50 19

Courriel : jacques.fayolle@univ-st-etienne.fr

Formation

- 1998 : Baccalauréat série C
- 1990 : DEUG Sciences et Structures de la Matière, option sciences fondamentales, Université J. Monnet (mention Assez Bien)
- 1991/1992 : Licence / Maîtrise d'Ingénierie Mathématique, Université J. Monnet (mention A. Bien)
- 1993 : D.E.A. Images, Université J. Monnet (mention Bien)
- 1994 : Service militaire
- 1996 : Doctorat spécialité analyse et traitement d'images, Université J. Monnet (mention Très Honorable)
Titre : *Étude d'algorithmes de traitement d'images pour l'étude du mouvement d'objets déformables, application à la mesure de vitesses d'écoulements*
Laboratoire Traitement du Signal et Instrumentation (TSI) UMR CNRS 5516

Langues

Anglais : lu, écrit, parlé.

Note de Clarification de mon parcours

L'objectif de ce chapitre est de résumer en quelques pages mon parcours tant sur le plan recherche que enseignement et administration.

Après des études universitaires classiques (Licence/Maîtrise d'Ingénierie Mathématiques; DEA Images), j'ai débuté mon parcours professionnel d'enseignant chercheur en 1993 par une thèse au laboratoire Hubert Curien (ex Traitement du Signal et Instrumentation, TSI) sur le traitement d'images. Ces travaux comportaient deux facettes :

- d'une part un aspect théorique autour de la caractérisation d'images dans le domaine multi-échelle via la transformée en ondelettes
- d'autre part un aspect applicatif autour de la mesure des déplacements et des vitesses d'objets déformables, en particulier en mécaniques des fluides.

Ces travaux ont été menés sur la période 1993-1999. Ils ont donné lieu à diverses publications, dont en particulier ma thèse présentée en décembre 1996. Les délais de publications inhérents aux revues et congrès font que certaines publications issues de cette thématique ont pu avoir lieu jusqu'en 2001.

En parallèle, j'ai été recruté sur un poste de maître de conférences 61ème section en septembre 1998, avec une affectation recherche au LTSI et une affectation enseignement à l'IUP Télécommunications. La transformation de l'IUP Télécommunications en filière d'ingénieur et son intégration en 2000 à l'ISTASE (Institut Supérieur des Techniques Avancées de Saint Etienne) ont amené un certain nombre de réflexion sur notre approche pédagogique, et en particulier sur l'apport potentiel des technologies de l'information et de la communication. Etant en charge de cet enseignement, j'ai assuré le montage de différents dossiers pour mettre en oeuvre un dispositif d'enseignement intégrant ces approches. Ces projets ont trouvé leur concrétisation au sein du campus numérique EDEN3, campus labellisé lors des appels d'offres nationaux pour la mise en oeuvre de campus numérique français 2000 et 2003 et régulièrement par la région Rhône Alpes depuis 1999.

Ainsi, depuis 1999, je suis en charge du campus numérique de l'Istase, campus qui a fédéré de 99 à 2005 les écoles d'ingénieurs universitaires Rhône Alpes Auvergne (6 écoles, 21 spécialités) et qui s'ouvre actuellement à d'autres horizons (Telecom INT, école de Mines de Saint Etienne, Université Toulon Var,...) Le montage de ce dispositif original basé sur une coopération tripartite entre les écoles, un élève et une entreprise a donné lieu à un certain nombre de publications à caractères pédagogiques sur la période 1999-2004. La nécessaire mutation de ce campus pour accompagner les technologies actuelles donne encore lieu à quelques publications épisodiques sur cette thématique.

Toutefois, les élèves d'écoles d'ingénieurs en TIC doivent aborder d'autres voies que le seul enseignement distant notamment le travail collaboratif. Aussi avons-nous développé une activité autour du pilotage distant d'appareils de haute technologie simulant l'action qui peut être menée sur des outils de production distants.

A partir de ce questionnement, il nous est apparu indispensable de structurer les développements applicatifs afin d'éviter une remise à plat régulière des travaux. C'est pourquoi nous avons adossé ces réflexions à une cellule de recherche sur l'interopérabilité des infrastructures logicielles réparties. Cette activité que j'ai initié a démarré en 2003 et s'est affirmée depuis 2004 au sein du laboratoire DIOM (Dispositifs, Instrumentation en Optoélectronique et Micro-ondes). Aujourd'hui, cette équipe fédère 3 enseignants chercheurs, 3 doctorants et s'intègre au laboratoire DIOM, laboratoire qui présente une activité de recherche en télécommunications aussi bien sur les aspects

composants (hyperfréquences, optique) que logiciel.

Les travaux de recherche menés à ce jour et détaillés au sein de ce rapport concernent :

- la mise en oeuvre d'un framework sécurisé et réparti pour le travail collaboratif distant sur des instruments de haute technologies,
- l'autoadaptation des interfaces hommes machine au média de consultation, en particulier dans le contexte du déploiement du très haut débit et donc des interfaces de types télévision et smartphones,
- la fédération des identités entre systèmes d'information pour assurer une cohérence de la sécurité,
- et enfin l'interopérabilité des services applicatifs au sein d'architectures orientées services.

Cette activité a donné lieu depuis 4 ans à de nombreuses publications en congrès international et à quelques articles en revue avec comité de lecture. Au delà de l'aspect purement quantitatif, cette activité est à présent reconnue en interne (émergence d'une équipe au sein de laboratoire DIOM, réflexion sur la structuration d'un centre de recherche en télécommunication dans l'Université) et par la communauté universitaire (projets communs avec d'autres laboratoires reconnus, co-organisation de congrès internationaux autour des technologies Web et des systèmes d'information).

Ces thèmes sont développés dans une approche pragmatique tendant à minimiser le temps de transfert entre les travaux de recherche et la mise à disposition d'entreprises via les pôles de compétitivité ou les collectivités locales. Par ailleurs, les travaux sont conduits dans le cadre de collaborations tant au niveau local (équipe de recherche de l'université : laboratoire Hubert Curien, laboratoire LIGIV, laboratoire LAPSI), régional (laboratoire ICTT de l'INSA de Lyon, LIRIS de Lyon) que national (Le2i Dijon, laboratoires de Telecom INT) et international (Liban, Tunisie, ...). Je suis par ailleurs membre du « scientific Board » de l'« International Journal on Higher Education » et participe à l'organisation de congrès internationaux sur cette thématique (SITIS 2006 en particulier).

Historique des activités de recherche

- 1992 - 1993 : DEA au laboratoire Hubert Curien TSI
 - Thèmes de recherche : Extraction de points caractéristiques par traitement d'images
 - Direction : J. P. Schon
 - Sujet : *Mesure de vitesses d'écoulements*
- 1994 -1997 : Doctorat spécialité analyse et traitement d'images, Université J. Monnet (mention Très Honorable)

Titre : Etude d'algorithmes de traitement d'images pour l'étude du mouvement d'objets déformables, application à la mesure de vitesses d'écoulements

Laboratoire Traitement du Signal et Instrumentation (TSI) UMR CNRS 5516

Soutenue le 18 décembre 1996

Jury :

- | | | |
|--------------------|---|------------|
| • H. Burnage | Professeur, Université de Strasbourg | Président |
| • P. Bouthémy | Directeur de recherche, IRISA Rennes | Rapporteur |
| • J.C. Champoussin | Professeur, Ecole centrale de Lyon | Rapporteur |
| • P. Bolon | Professeur, Université de Savoie | |
| • S. Mallat | Professeur, Ecole polytechnique Palaiseau | |
| • R. Rougny | Professeur, Université de St-Etienne | |

- J.P. Schon Professeur, Université de St-Etienne Directeur de thèse
- J. Wallace Professeur, University of Maryland, USA
- Thèmes de recherche : Mesure du mouvement par traitement d'images, Analyse multi échelle, robustesse des méthodes d'imagerie
- 1997- 1998 : Attaché temporaire d'Enseignement et de Recherche, Laboratoire TSI
 - Thèmes de recherche : Mesure du mouvement par traitement d'images, Analyse multi échelle, robustesse des méthodes d'imagerie
- 1998 – 2000 : Maître de Conférences, Laboratoire TSI
 - Thèmes de recherche : Mesure du mouvement par traitement d'images, Analyse multi échelle, robustesse des méthodes d'imagerie
- 2000-2003 : Maître de Conférences, Laboratoire TSI
 - Thèmes de recherche : Enseignement à distance, utilisation des nouvelles technologies dans un cadre pédagogique, portail de gestion de contenus Web
- 2003-2006: Maître de Conférences, Laboratoire DIOM
 - Thèmes de recherche : Technologies de l'information, Usages de l'internet, Pilotage distant de matériel de haute technologies, architectures internet réparties, Urbanisation des systèmes d'informations

Responsabilités administratives dans le cadre de la recherche

- Laboratoire Hubert Curien TSI :
 - Elu au conseil de Laboratoire (Représentant des doctorants)
 - Gestion du parc informatique (PC, Stations Unix)
 - Gestion du Site Web du Laboratoire
 - Gestion de contrats de recherche (CPAM / Ademo)
- Laboratoire DIOM :
 - Création et Animation de l'Equipe SATIn
 - membre élu (collège B) de la commission de spécialistes CNU 61/63 de l'Université de Saint Etienne.
 - Responsable du pilotage distant des matériels de plateformes de haute technologie (Analyseur hyperfréquences, banc d'antennes, banc de caractérisation optique)
 - Membre du bureau du laboratoire et du conseil scientifique du laboratoire
 - Gestion de contrats de recherche

Animation de la recherche

● PARTICIPATION À L'ORGANISATION DES CONGRÈS INTERNATIONAUX :

- THD (1er forum Très Haut Débit) Loire 2007 :
 - Participation à l'élaboration du programme scientifique
- SITIS 2006 IEEE / ACM : THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON SIGNAL-IMAGE TECHNOLOGY & INTERNET-BASED SYSTEMS
 - Industrial contact pour l'ensemble du congrès
 - Participation au comité d'organisation du Track 2 (Web-Based Information Technologies & Distributed Systems Track)
 - Comité de programme (relecture d'articles)
- CWS (Context Web Services) 2005 Paris :
 - Participation au comité de sélection des articles,
 - Participation au comité d'organisation
- FQAS 2004 Lyon : 6th International Conference On Flexible Query Answering Systems
 - Participation au comité d'organisation
- FluVisu 1996 (COLLOQUE de VISUALISATION et de TRAITEMENT D'IMAGES)
 - Participation au comité d'organisation
 - Participation au comité de sélection des articles,

● ORGANISATION DE WORKSHOPS INTERNATIONAUX :

- école d'été européenne 2003 (« e-Learning, e-Collaboration, e-Capabilities) Saint-Etienne
 - Présidence du comité d'organisation
 - Définition du programme scientifique
- école d'été européenne 2005 (International « E Projects » Launching) Saint-Etienne
 - Participation au comité d'organisation
 - Définition du programme scientifique

● ORGANISATION DE WORKSHOPS NATIONAUX

- Journées TICE du réseau R2A de 2002 à 2005 (annuel)
 - présidence du comité d'organisation en 2002
 - Participation à la définition du programme scientifique
 - Ces journées ont été organisées successivement à Saint Etienne, Chambéry et Annecy

● **COMITÉ SCIENTIFIQUE POUR REVUES INTERNATIONALES**

Membre de l'Editorial Board de « International Journal on Internet Technologies in Higher Education » depuis 2003

- Revues scientifique en langue russe (publiée au kazakstan), traduite pour partie en anglais.
- Sélection d'articles
- Orientation stratégique de la revue
- 2 tomes par année, environ 25 articles par tome.

● **COMITÉ DE LECTURE POUR JOURNAUX SCIENTIFIQUES INTERNATIONAUX (REVIEWER)**

Relecture d'articles pour

- Pattern Recognition
- IEEE Transaction on Signal Processing
- Special issue of « Journal of Digital Information Management (JDIM) » 2007,
- Special issue of « International Journal of Computational Intelligence Research (IJCIR) » 2007,
- Special issue of « Journal of Information Assurance and Security (JIAS) » 2007.
- Special issue on Remote Lab - IEEE transactions on Industrial Engineering, 2007

● **COMITÉ DE LECTURE POUR CONGRÈS INTERNATIONAUX (REVIEWER)**

- IEEE/ACM International Conference on Signal/Image technology and Internet Based System (SITIS 2006)
- 2nd IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA 2007)

● **PARTICIPATION À DES JURYS DE THÈSE**

Participation prévue au jury de thèse de Hcene Mohamed

- laboratoire ICTT (INTERACTION COLLABORATIVE - TELEFORMATION - TELEACTIVITES Equipe d'Accueil de l'INSA et de l'école Centrale Lyon)
- Composition du jury :
 - Guy Gouardères (IUT de Bayonne - LIUPPA)
 - Pascal Leroux (Univ Mans – LUIM)
 - Jean-Pierre Pécuchet (INSA ROUEN – LITIS)
 - Patrick Prévot (ICTT)
 - Jacques Fayolle(Istase/DIOM)
 - Arnaud Lelevé (ICTT)
- Soutenance 25 janvier 2007

● **RELATIONS INTERNATIONALES**

J'ai eu l'occasion de travailler à plusieurs reprises avec des collègues de pays étrangers. Ceci est résumé dans le tableau qui suit.

Collaboration	Laboratoire	Pays	Sujet
P. Gedeon, F. Fadel	Université Antonine	Liban	Architecture nTiers pour le pilotage distant de plateformes technologiques, Formation distante
Kujansuu Esa	Ecole polytechnique de Tampere	Finlande	Codewitz project
B. Iglér,	University of Giessen	Allemagne	EPRojets – Qualité et cartographie de réseaux sans fil
V. Fisher, P. Galajda	University og Kosice	Slovaquie	Eprojets internationaux

Encadrements

ENCADREMENTS DE THÈSE

Co encadrement en cours

Christophe Gravier

« Plate-forme instrumentale distante et conscience de groupe – application au pilotage distant d'appareil de haute technologie »

Ecole doctorale de Saint Etienne

Début de la thèse : Octobre 2004 ⇒ Soutenance prévue en juillet 2007

Degré de participation : 60%

Publications liées :

- 2 Revues à comité de lecture : références 1 et 2
- 11 Congrès avec actes et comité de lecture : références 18 à 24 et 26 à 29
- 7 autres publications : références 63 à 69

Co encadrement en cours

Jeremy Lardon

« Proxy d'IHM pour le portage automatique de portail internet sur de nouveaux medias très haut débit »

Ecole doctorale de Saint Etienne

Degré de participation : 60%

Début de la thèse : Mai 2006

Publications liées :

- 1 Congrès avec actes et comité de lecture : référence 17

Co encadrement en cours

Mikael Ates

« Echange d'attributs dans un contexte de fédérations d'identités »

Ecole doctorale de Saint Etienne

Degré de participation : 60%

Début de la thèse : Octobre 2006

Publications liées :

- 1 Congrès avec actes et comité de lecture : référence 15
- 1 conférence invité : référence 14

Co encadrement

Laurence Riou

« Méthodes de calibrage d'un système stéréoscopique pour la mesure de vitesse d'écoulements 2D et 3D »

Ecole doctorale de Saint-Etienne

Soutenue le 19 Novembre 1999

Degré de participation : 25%

Publications liées :

- 1 Revue à comité de lecture : référence 7
- 4 Congrès avec actes et comité de lecture : références 46 à 51

ENCADREMENTS DE DEA/MASTER 2

Abakar Mahamat Ahmat

- « Fédérations d'identités »

- Master «Web Intelligence » Université Jean Monnet 2007

Christophe Gravier,

- « Mise en place d'une architecture n-Tiers permettant la discussion d'applications hétérogènes distantes. »

- « Master Recherche Informatique de Lyon » 2004, spécialité « Réseaux, Télécommunications et Services »

Jeremy Lardon ,

- « Pilotage distant d'instruments de laboratoire»,

- Master Web Intelligence 2004, Saint Etienne

Arnaud Bachelar,

- « Pilotage distant d'instruments de laboratoire »,
- Master Web Intelligence 2004, Saint Etienne

Ousmane Farikou,

- « Pilotage analyseur vectoriel de réseaux, Développement d'une machine d'état générique aux menus interactifs »,
- Master Web Intelligence 2005, Saint Etienne

AUTRES ENCADREMENTS À FINALITÉ RECHERCHE

Rodrigue Tawema

- Outil de gestion des identités en architectures réparties au sein d'annuaire LDAP
« Stage de fin d'études » Istase 2004, réalisé au laboratoire DIOM

Vo Nhat Vinh,

- « Outil de qualification d'Interface Homme-Machine »,
- Stage de fin d'études de Ho Chi Minh Ville University of Technology , Vietnam, réalisé au laboratoire DIOM

Marc Vassoille,

- « Projet WebAnalyzer, Internet et l'instrumentation à distance »
- Stage de fin d'études ingénieur Istase Réseaux et Télécommunications, 2002, Stage réalisé au laboratoire DIOM

Philippe Oliviera Da Silva,

- « réalisation de l'interfacage entre une architecture nTiers et un analyseur hyperfréquence Anritsu »
- Stage de DUT Saint Etienne GEII, 2006-07

Contrats de recherche

Commanditaire	Thème du contrat	Prestataire(s)	Budget (subvention Equipe /budget total) en k€	Mon rôle	Année(s)
Europe	Action thématique région « Acquisition et décision conduite par le modèle - modélisation et suivi spatio temporel pour le diagnostic et la thérapie » (ADEMO)	UJF/TIMC INSA Lyon Univ. Lyon 2 UCB Lyon 1 UJM / LTSI	72/468	Coordinateur de la tâche « Pré per post opératoire » / Caractérisation d'images médicales	2000/2002

Commanditaire	Thème du contrat	Prestataire(s)	Budget (subvention Equipe /budget total) en k€	Mon rôle	Année(s)
Europe	EUROPIV : « A cooperative action to apply Particle Image Velocimetry to problems of industrial interest »	CNRS/LMF Lille, SIREHNA, DASSAULT AVIATION, ONERA, DASA, DLR, DRA, FFA, INTA, ISL, NLR + universités : Delft, Madrid, Oldenburg, Rome, Rouen, Saint-Etienne, Warwick.	134/432	Développement de méthodes de mesures de mouvement par PIV ; caractérisation	1996/1999
Région Rhône-Alpes	Action thématique : « Techniques de visualisation de systèmes d'injection gazole à très haute pression »	LTSI / Centrale Lyon / IFP	7 / 38	Acquisition d'images/ mesures du mouvement sur objet non rigide	1998
ANR / Réseau National de Recherche en Télécommunications	FEDERID : Fédération d'identités	Linagora / Entre' Ouvert / Object Web / Thales IT / Istase Diom / Carrefour	30 / 455	Dissémination des résultats / Encadrement et suivi travail de thèse	2006-2007
Axione	Recherche partenariale sur les nouveaux services très haut débit	Axione / Lotim Telecom / Istase Diom	378 / 378	Pilotage stratégique / Orientation de la recherche	2006-2008
Conseil Général de la Loire	Recherche partenariale sur les usages de l'internet	CG42 / Istase Diom	240 / 240	Pilotage stratégique / Orientation de la recherche	2004-2006

Commanditaire	Thème du contrat	Prestataire(s)	Budget (subvention Equipe /budget total) en k€	Mon rôle	Année(s)
Université Numérique Ingénierie et Technologie	E-instrumentation Collaborative (Pilotage d'instruments à distance de manière collaborative)	Istase Diom / Université Bordeaux I	15 / 30	Pilotage stratégique / Définition d'ontologie de collaboration / Mise en oeuvre d'architectures nTiers	2005-2006
Rowenta	mesure de phénomènes aéroliques dans les aspirateurs	Rowenta / LTSI	Confidentiel	Mesure de déplacements de fluides par traitement d'images	1995
EDF	Mesure du balancement d'un câble de sous station par traitement d'images	EDF / LTSI	3/3	Mesure du déplacement de point caractéristiques sur les câbles très haute tension	1996
Région Rhône Alpes	Initiative Campus Action : Eden3, Campus numérique enseignement à distance en école d'ingénieur 3 eme année	ISTASE / ESIA / ESIGEC/ ISTG / ISTIL / CUST	60/120	Mise en oeuvre d'un système d'enseignement à distance	2001-2002
Région Rhône Alpes	Initiative Campus Action : Mult-e-Instrumentation	ISTASE / ESIA / ESIGEC/ Polytech'Grenoble	190 / 380	Mise en oeuvre de plateforme de matériels de haute technologies pilotables à distance	2003-2005
Ministère	Appel d'offres Campus numérique français 2000	ISTASE / ESIA	45/91	Mise en oeuvre d'un système d'enseignement à distance	2000

Commanditaire	Thème du contrat	Prestataire(s)	Budget (subvention Equipe /budget total) en k€	Mon rôle	Année(s)
Ministère	Appel d'offres pour la consolidation des campus numérique français	ISTASE / ESIA / ESIGEC / ISTG / ISTIL / CUST	90/180	consolidation système d'enseignement à distance	2002

Liste des publications

ARTICLES DANS DES JOURNAUX AVEC COMITÉ DE LECTURE

- (Gravier2006)** Travaux pratiques distants et collaboratifs: quelles répercussions ?
Gravier, C.; Fayolle, J.; Bayard, B. & Noyel, G.
J3eA EEA (Journal sur l'enseignement des sciences et technologies de l'information et des systemes),
2006 , Vol. 5 , pp. 1-5
- (Gravier2005)** A Composite Web Service supporting User Context to provide an Adapted Remote Control of High Technological Instruments
Gravier, C. & Fayolle, J.
Elsevier Electronic Notes on Theoretical Computer Science,
2005 , Vol. 146 , pp. 17-32
- (Fayolle2004)** A pragmatic approach of e-learning and virtual university experiences and strategic points of view on the virtual campus EDEN3
Fayolle, J.
Information Technologies in Higher Education,
2004 , Vol. 1 , N°. 1 , pp. 51-57
- (Fayolle2004a)** Evaluation of the different costs of the virtual universities
Fayolle, J.
Information Technologies in Higher Education,
2004 , Vol. 1 , N°. 2 , pp. 56-62
- (Fayolle2000)** Comparison of PIV parameters effects on displacement identification and cross correlation
Fayolle, J.; Fournel, T. & Gervais, P.
Journal of visualization,
2000 , Vol. 3 , N°. 3 , pp. 253-265
- (Fayolle2000a)** Robustness of a multiscale scheme of feature points detection
Fayolle, J.; Riou, L. & Ducottet, C.
Pattern recognition,

2000 , Vol. 33 , N° 9 , pp. 1437-1453

7. (Riou2000) A calibration method of a two camera system in a face to face configuration designed for fast flow study

Riou, L.; Jacquet, G.; Fayolle, J.; Jay, J. & Fouquet, R.
Journal of Flow visualization and image processing ,
2000 , Vol. 7 , pp. 19 p.

8. (Fayolle1999) Les possibilités de l'imagerie pour la caractérisation d'écoulements fluides complexes

Fayolle, J. & Ducottet, C.
Optique et Photonique,
1999 , Vol. 3 , pp. 27-32

9. (Fayolle1998) Application of multiscale characterization of edges to motion determination

Fayolle, J.; Ducottet, C. & Schon, J.
IEEE Transaction on Signal Processing, Special issue on filter banks and wavelets,
April 1998 , Vol. 46 , N° 4 , pp. 1174-1179

10. (Fayolle1995) Identification des déplacements en vélocimétrie par images de particules

Fayolle, J.; Danière, J.; Fournel, T. & Moine, M.
Compte rendu de l'Académie des Sciences,
1995 , Vol. 321 , N°. Iib , pp. 273-278

● **OUVRAGES**

11. (Fournel1998) Cepstrum or identification as a complement to correlation in PIV

Fournel, T.; Chouvellon, M.; Riou, L.; Fayolle, J.; Ducottet, C. & Schon, J.
M. Stanislas, J.W. (ed.)
Kluwer, 1998

● **ARTICLE DANS DES CONFÉRENCES AVEC ACTES ET COMITÉ DE LECTURE**

Conférence invitée

12. (Fayolle2006a) Groupement d'écoles et d'universités pour le contrôle distant d'instruments de haute technologie

Fayolle, J. ; Gravier C.
5eme Colloque international «Formation, Recherche et Métiers des Technologies de l'Information et de la Communication (TIC)» Beyrouth, Liban 4-6 Mai 2006

13. (Fayolle2006b) Les compétences STIC de l'ingénieur : adéquation formation / industrie

Fayolle, J.
5eme Colloque international «Formation, Recherche et Métiers des Technologies de l'Information et de la Communication (TIC)» Beyrouth, Liban 4-6 Mai 2006

14. (Fayolle2007) La fédération d'identité : apports, intérêts, contraintes pour les réseaux à très haut débit

Conférences internationales

- 15. (Ates2007) [La fédération d'identités et l'interconnexion de cercles de confiance.Enjeux et perspectives.](#)**
Ates, M.; Fayolle, J.; Lardon, J. & Gravier, C.
WISG'07, Workshop interdisciplinaire sur la sécurité globale Troyes 30-31 Janvier **2007**
- 16. (Lardon2007) [Proxy d'interfaces Homme-Machine: affichage de contenu internet sur des supports pauvres](#)**
Lardon, J.; Gravier, C.; Ates, M. & Fayolle, J.
ARATEM'07 Valence 24-26 Avril **2007**
- 17. (Fayolle2006) [Retour d'experience sur EDEN3 : un campus numérique pragmatique et efficace](#)**
Fayolle, J.; Gravier, C. & Noyel, G.
TICE 2006, Technologies de l'information et de la communication dans l'Enseignement Supérieur et l'Entreprise Toulouse 25-27 Octobre **2006**
- 18. (Gravier2006d) [Vers un pilotage distant des entreprises industrielles par les technologies de l'information et de la communication: Impact sur le management et facteurs de réussite](#)**
Gravier, C. & Fayolle, J.
Montreal '06, Colloque de l'association franconphone de management électronique ,
Montreal , Canada 19-20 Juin **2006**
- 19. (Gravier2006e) [E-instrumentation: a collaborative and adaptative HCI for the remote control of devices](#)**
Gravier, C. & Fayolle, J.
8th International Conference on Enterprise Information Systems , Paphos , Chypre 23-27
May **2006**
- 20. (Gravier2006f) [A Generic Distant and Collaborative Executive System in Extended Enterprise](#)**
Gravier, C. & Fayolle, J.
INCOM'06, 12th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing ,
Saint-Etienne , France 17-19 May **2006** , pp. 685-689
- 21. (Gravier2006g) [Middleware and HCI Integration for the Shared Access to geographically distributed Devices.](#)**
Gravier, C. & Fayolle, J.
9th IEEE International Workshop on Design and Diagnostics of Electronic Circuits and Systems, Track "Challenges in Collaborative Engineering " , Prague , République Tchèque
19-20 Avril **2006**
- 22. (Gravier2006i) [eInstrumentation: une plateforme collaborative et adaptative d'apprentissage](#)**
Gravier, C.; Fayolle, J.; Bayard, B. & Noyel, G.
ARATEM'06 , Saint Etienne , FRANCE 9 Fevrier **2006**
- 23. (Gravier2006j) [A Distributed Online Laboratory System for Distant Learning](#)**

Gravier, C.; Fayolle, J.; Lardon, J. & Noyel, G.
IEEE/ACM The International Conference on Signal-Image Technology & Internet-based systems (SITIS'2006), Hammamet, Tunisie 18-21 Decembre **2006**

24. (Gravier2006k) Distance Learning: Closing the Gap between Remote Labs and Learning Management Systems

Gravier, C.; Fayolle, J.; Noyel, G.; Leleve, A. & Benmohamed, H.
IEEE First International Conference on E-Learning in Industrial Electronics ICELIE'06, Hammamet, Tunisie 18-20 Decembre **2006**

25. (Simka2006) Model of a True Random Number Generator Aimed at Cryptographic Applications

Simka, M.; Drutarovsky, V.F.M. & Fayolle, J.
IEEE International Symposium On Circuits and Systems (ISCAS 06), Island of KOS, Greece 21-24 May **2006**

26. (Gravier2005b) Impact des nouvelles technologies de pilotage distant sur le management des PME/PMI - facteurs de réussite

Gravier, C. & Fayolle, J.
AFME'05, Congrès de l'association Francophone de Management Electronique, Saint etienne, France 8 Decembre **2005**

27. (Gravier2005c) Les tenants et aboutissements du contrôle distant d'appareil de haute technologie dans le monde des STIC

Gravier, C. & Fayolle, J.
ASTI'05, 2èmes rencontres des Sciences et Technologies de l'Information, Clermont Ferrand, FRANCE 24-26 Octobre **2005**

28. (Gravier2005e) A Composite Web Service supporting User Context to provide an Adapted Remote Control of High Technological Instruments

Gravier, C. & Fayolle, J.
International Workshop on Context for Web Services (CWS'05), Paris, France 5-7 Juillet **2005**

29. (Gravier2005a) Effets pédagogiques dans un procédé collaboratif d'instrumentation distante appliquée aux appareils de haute technologie

Gravier, C.; Fayolle, J.; Bayard, B. & Noyel, G.
EEA CETSIS'05, 5ème colloque sur l'enseignement des technologies et des sciences de l'information et des systèmes, Nancy, FRANCE 26-28 Octobre **2005**

30. (Fayolle2004c) Travaux collaboratifs distants dans le cadre de l'ingénierie et de l'actualisation des connaissances

Fayolle, J.
AFME '04 Colloque de l'association Francophone de Management Electronique, Saint Etienne 24 Septembre **2004**

31. (Fayolle2004b) A general and secure corba framework for distant control of instruments

Fayolle, J.; Bayard, B.; Sauviac, B. & Noyel, G.
IFAC Workshop Internet Based Control Education IBCE'04 Grenoble 5-7 Septembre **2004**

- 32. (Mrissa2004) A Mediation Framework for Web Services in a Distributed Healthcare Information System**
Mrissa, M.; Ghedira, C.; Benslimane, D.; Maamar, Z. & Fayolle, J.
Proceedings of the IDEAS'04-DH Conference (With IEEE IDEAS 2004): Workshop on Medical Information Systems Beijing, China 1-3 September **2004** , pp. 15-22
- 33. (Fayolle2003a) L'apport des projets dans une démarche d'enseignement à distance en 3ème année d'école d'ingénieur**
Fayolle, J.
TICE Méditerranée Hyeres - Toulon Octobre **2003**
- 34. (Fayolle2003) "CHATMATH" : un outil pour l'enseignement des disciplines scientifiques à distance**
Fayolle, J.; Lecorr, G. & Gubian, R.
CETISIS 2003 : quatrième Colloque sur l'Enseignement des Technologies et des Sciences de l'Information et des Systèmes Toulouse 13-14 Novembre **2003** , Vol. F16 , pp. 155-157
- 35. (Bayard2002) Projet WebAnalyzer Internet et l'instrumentation à distance**
Bayard, B.; Sauviac, B.; Fayolle, J.; Allard, B. & Noyel, G.
TICE 2002, Technologies de l'information et de la communication dans l'Enseignement Supérieur et l'Entreprise INSA Lyon 13-15 Novembre **2002** , pp. 415-416
- 36. (Fayolle2002) EDEN3 : Dispositif pédagogique pour l'enseignement à distance en dernière année d'école d'ingénieur retour d'expérience et positionnement stratégique**
Fayolle, J. & Lottin, J.
TICE 2002, Technologies de l'information et de la communication dans l'Enseignement Supérieur et l'Entreprise INSA Lyon 13-15 Novembre **2002** , pp. 335-336
- 37. (Bayard2001a) Projet WebAnalyzer, Internet et l'instrumentation à distance**
Bayard, B.; Fayolle, J.; Sauviac, B. & Noyel, G.
CETISIS EEA 2001 (3ème Colloque sur l'enseignement des technologies des sciences de l'information et des systèmes en EEA) Clermont Ferrand 29-30 Octobre **2001**
- 38. (Fayolle2001a) Enseignement à distance en 3ème année d'école d'ingénieur**
Fayolle, J.
JET 2001 - 10ème Journée d'Etude des Télécommunications INSA Lyon Lyon Decembre **2001**
- 39. (Fayolle2001) Third year in engineering school by e-learning**
Fayolle, J.; Fouquet, R. & Jacquet, G.
EAEIE 12th international conference in education for electrical and information engineering Nancy 14-16 May **2001** , pp. 109-114
- 40. (Fayolle2001b) L'apport des projets dans une démarche d'enseignement à distance en 3ème année d'école d'ingénieur**
Fayolle, J.; Jacquet, G. & Fouquet, R.
Pédagogie par projets Brest 27-29 Juin **2001**
- 41. (Trouve2001) Enseignement à distance en école d'ingénieurs 3ème année : mise en oeuvre d'un module de traitement numérique du signal**

Trouvé, E.; Lottin, J.; Bolon, P. & Fayolle, J.
3ème Colloque sur l'Enseignement des Technologies et des Sciences de l'Information et des Systèmes (CETISIS-EEA'2001) Clermiont-Ferrand Octobre 2001 , pp. 353-356

42. **(Ducottet2000)** [Wavelet based multiscale analysis for feature detection on images](#)
Ducottet, C.; Fayolle, J.; Chouvellon, M.; Fournel, T. & F.Trunde
16th IMACS 2000 World congress on scientific computation, applied mathematics and simulation Lausanne, Suisse Aout **2000**
43. **(Fayolle2000b)** [A Wavelet based multiscale detection scheme of feature points](#)
Fayolle, J.; Ducottet, C.; Riou, L. & Coudert, S.
15th International Conference on Pattern Recognition Barcelona 3-8 September **2000** , pp. 3425-3428
44. **(Riou1999)** [Stereoscopic particle image velocimetry in the angular configuration](#)
Riou, L.; Fayolle, J.; Fournel, T. & Jacquet, G.
Physics in signal and image processing – PSIP 99 Paris 18-19 Janvier **1999**
45. **(Fayolle1998b)** [The grid turbulence : measurement of the decreasing rate of the turbulence intensity with image processing algorithms](#)
Fayolle, J.; Riou, L.; David, L. & Schon, J.
8th international symposium on flow visualization Sorrento,Italie 1-4 September **1998** , pp. 125.1-125.11
46. **(Fayolle1998a)** [Application of advanced image processing tools to the characterization of diesel jets](#)
Fayolle, J.; Riou, L. & Levy, N.
8th international symposium on flow visualization Sorrento, Italie 1-4 September **1998** , pp. 126.1-126.11
47. **(Riou1998)** [Mesure de déplacement en mécanique des fluides, contraintes et libertés pour la mise en œuvre par traitement d'images du calibrage de plusieurs caméras](#)
Riou, L.; Fayolle, J.; Ducottet, C. & Bayard, B.
C2I'98 (Colloque Interdisciplinaire en Instrumentation) Novembre **1998** , pp. 467-476
48. **(Riou1998b)** [PIV measurements using multiple cameras : the calibration method](#)
Riou, L.; Fayolle, J. & Fournel, T.
8th international symposium on flow visualization Sorrento, Italie 1-4 September **1998** , pp. 95.1-95.11
49. **(Riou1998a)** [Mise en oeuvre de la VIP stéréoscopique 3 composantes dans la configuration angulaire](#)
Riou, L.; Fayolle, J.; Jay, J. & Fouquet, R.
6ème congrès francophone de vélocimétrie Laser Saint Louis Septembre **1998** , pp. D.3.1-D3.8
50. **(Ducottet1997a)** [Détection et suivi d'interfaces d'objets déformables : application à la mécanique des fluides](#)
Ducottet, C. & Fayolle, J.
16ème colloque GretsI sur le traitement du signal et des images Grenoble 15-19 Septembre

1997 , Vol. 2 , pp. 1487-1490

51. (Ducottet1997) Comparaison entre les techniques de vélocimétrie par images de particules et vélocimétrie par suivi de frontières

Ducottet, C.; Fayolle, J.; Zara, H. & Fournel, T.

7ème colloque national de visualisation et de traitement d'images en mécanique des fluides
Saint Louis 3-6 Juin 1997

52. (Fayolle1997) Mesure de la décroissance de l'intensité de turbulence par VIP en turbulence de grille

Fayolle, J.; David, L.; Riou, L. & Schon, J.

7ème colloque national de visualisation et de traitement d'images en mécanique des fluides
Saint Louis 3-6 Juin 1997

53. (Stutz1997) Unsteady cavitation : experiments and modelling

Stutz, B.; Reboud, J.; Coutier, O.; Fayolle, J. & Zara, H.

GAMM Conference Regensburg, Allemagne 24-27 Mars 1997

54. (David1996) Three PIV technique comparisons in hydrodynamic flows

David, L.; Texier, A.; Fayolle, J. & Jay, J.

4th Asian symposium on visualization Beijing, China May 1996

55. (Fayolle1996a) Motion characterization of unrigid objects by detecting and tracking feature points

Fayolle, J.; Ducottet, C.; Fournel, T. & Schon, J.

IEEE 1996 International Conference on Image Processing Lausanne, Suisse 16-19 September 1996

56. (Fayolle1996) PIV parameters effects on displacement identification

Fayolle, J.; Fournel, T. & Gervais, P.

4th symposium on experimental and numerical flow visualization San Diego, Californie USA
7-11 July 1996

57. (Fournel1996) Comportements en VIP de la corrélation, du cepstre et de l'identification

Fournel, T.; Fayolle, J. & Schon, J.

5ème congrès francophone de vélocimétrie laser Rouen Septembre 1996

58. (Fournel1996a) Nouveaux outils de visualisation quantitative pour la mesure de champs de vitesses dans des écoulements

Fournel, T.; Fayolle, J.; Zara, H.; Ducottet, C.; Fouquet, R.; Tafazzoli, E. & Schon, J.

Colloque international Optronique et Défense Paris Decembre 1996

59. (Zara1996a) Système d'acquisition d'images en vidéo rapide 512x512 pixels à 100 images par seconde

Zara, H.; Fayolle, J.; Jay, J.; Fisher, V.; Tafazzoli, E.; Fouquet, R. & Schon, J.

Congrès Imagerie rapide et photonique, ANRT Paris Juin 1996

60. (Fayolle1995a) Etude de différentes méthodes de traitement d'images pour la mesure de déformation d'un nuage de particules

Fayolle, J.; Ducottet, C.; Azema, J. & Moine, M.

61. (Ducottet1994) Comparison of several methods to determine the diffusion velocity of particles in a turbulent flow from tomographic images

Ducottet, C.; Courbon, M.; Azema, J.; Schon, J. & Fayolle, J.
4th triennial international symposium on fluid control, fluid measurement, fluid mechanics, visualization, fluidics Toulouse 29-01 Aout/Septembre 1994

62. (Fayolle1993) Application de la tomographie laser à la mesure des vitesses de diffusion d'un nuage de particules dans un écoulement turbulent

Fayolle, J.; Azema, J.; Jay, J.; Fouquet, R. & Schon, J.
3ème congrès international Laser M2P Lyon 8-10 Decembre 1993

● **AUTRES PUBLICATIONS ET COMMUNICATIONS**

63. (Gravier2006b) Computer Supported Collaborative Learning and Remote Laboratories

Gravier, C. & Fayolle, J.
Programme d'invitation 400 Jeunes Français en Chine du Ministère Français des Affaires Etrangères, Pékin, Chine 2-6 Octobre 2006

64. (Gravier2006c) Rapport d'activité, projet eInstrumentation

Gravier, C. & Fayolle, J.
Rapport d'activité du laboratoire DIOM, Saint-Etienne, France 2006

65. (Gravier2006h) Vers un support natif du travail collaboratif au travers du cas d'étude "e-Instrumentation"

Gravier, C. & Fayolle, J.
Journée d'Information à la Recherche, Saint Etienne, France 28 Fevrier 2006

66. (Gravier2005d) Faire rimer pédagogies et technologies dans le cadre de travaux pratiques distants

Gravier, C. & Fayolle, J.
Lettre UNIT, Paris 1 Decembre 2005 2005

67. (Gravier2005f) eProject: Remote Control of Devices

Gravier, C. & Fayolle, J.
Université d'Ete Européenne, Saint Etienne, France 23-26 Mai 2005

68. (Gravier2005g) ObjectWeb Conference, Best case study

Gravier, C. & Fayolle, J.
OBJECTWEB CON'05, Lyon 17-19 Janvier 2005

69. (Gravier2005h) Prototype de TP distant collaboratif « manipulation » triviale

Gravier, C. & Fayolle, J.
Printemps UNIT, Polytech'Orleans 11-12 Mai 2005

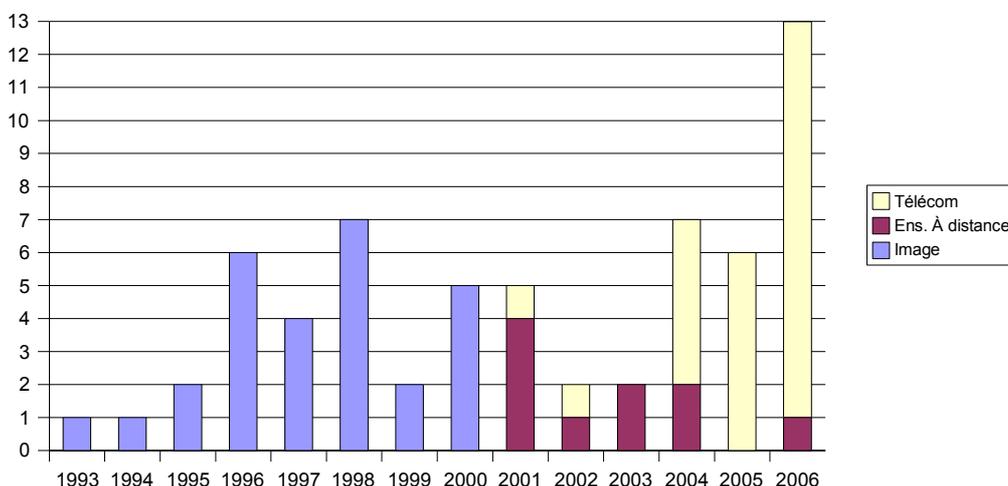
70. (Fayolle2004d) Architecture sécurisée pour eInstrumentation

Fayolle, J.

*Journée TICE du réseau Rhone Alpes Auvergne des écoles d'ingénieurs universitaires ,
Polytech'Grenoble 16 Decembre 2004*

- 71. (Fayolle2004e) Axes de développement de l'Université Ingénierie et Technologie**
Fayolle, J.
*Journée TICE du réseau Rhone Alpes Auvergne des écoles d'ingénieurs universitaires ,
Polytech'Grenoble 16 Decembre 2004*
- 72. (Fournel2000) Méthodes utilisées en Vélocimétrie par Images de Particules 3 Composantes**
Fournel, T.; Fayolle, J.; Riou, L. & Coudert, S.
Journée GT5 du GDR ISIS , Grenoble 26 Janvier 2000
- 73. (Ducottet1998) Segmentation et caractérisation de frontières par approche multiéchelle, application à la mesure du mouvement**
Ducottet, C.; Fayolle, J.; Fournel, T.; Riou, L. & Chouvellon, M.
Journée GT3/GT10 du GDR ISIS , Paris 3 Avril 1998
- 74. (Fayolle1996b) Etude du mouvement d'objets non rigides, application à la mesure de vitesse d'écoulements**
Fayolle, J.
7ème rencontre régionale de la recherche 27 Septembre 1996
- 75. (Fournel1996b) Contribution à l'analyse du mouvement en mécanique des fluides**
Fournel, T.; Ducottet, C. & Fayolle, J.
Journée « Evolution non rigides » du GDR ISIS , Paris 26 Janvier 1996
- 76. (Zara1996) Techniques d'acquisition et de traitement d'images pour l'étude d'écoulements**
Zara, H.; Fayolle, J.; Jay, J.; Fisher, V.; Tafazzoli, E.; Fouquet, R. & Schon, J.
Salon Energies Pollutec 1996 , Lyon Eurexpo 22-25 Octobre 1996
- RAPPORTS ET LOGICIELS**
- 77. (Fayolle1993a) Gestion des sécurités d'une cellule robotisée, logiciel de guidage d'un robot**
Fayolle, J. & Carasso, C.
Contrat de la caisse régionale d'assurance maladie n°97 Septembre 1993
- 78. (Fayolle1996d) Mesure de vitesses d'écoulements**
Fayolle, J.
DEA Images, Université J. Monnet, Juillet 1996
- 79. (Ducottet1994-2003) Logiciel de traitement d'images « Wima »**
Ducottet, C.; Fayolle, J.; Fournel, T.; Moine, M.; Schon, J. & Courbon, M.
1994-2003
- 80. (Fayolle1996c) Etude d'algorithmes de traitement d'images pour l'étude du mouvement d'objets déformables, application à la mesure de vitesses d'écoulements**
Fayolle, J.
Thèse de l'Université Jean Monnet, Decembre 1996

Le tableau suivant donne une synthèse au cours du temps de mes publications (revues et congrès nationaux ou internationaux).



ACTIVITÉS PÉDAGOGIQUES

Note de clarification

J'ai été recruté en 1998 sur un poste de Maître de Conférences affecté à l'IUP Télécommunications. Cet IUP a été transformé en filière ingénieur au sein de l'Istase dès 2000. Depuis, l'école d'ingénieurs a connu une croissance très importante. Nous sommes passés de 1 à 4 spécialités ce qui constitue une évolution de 50 élèves par promotion à environ 150. J'ai donc été, très rapidement, mis à contribution pour mettre en place de nouveaux modules, en particulier dans le domaine de l'informatique répartie. Depuis septembre 1999, j'ai dû mettre en place directement 6 nouveaux cours avec les travaux dirigés associés, et indirectement participé au maquetage de 3 autres modules

Cela correspond à un rythme d'un à deux nouveaux modules par an. Dès le début, mon service s'est composé de cours, travaux dirigés et travaux pratiques, directement lié à mon domaine de recherche (génie informatique, architecture nTiers, systèmes d'informations). La totalité de mes enseignements sont actuellement réalisés à l'ISTASE. Par le passé, j'ai pu intervenir dans le cadre de la formation continue au Centre Régional Associé du CNAM de Saint Etienne (Mathématiques) et il est prévu des interventions au printemps 2007 dans le cadre du master spécialisé MSGL (Master Spécialisé Génie Logiciel) de l'Ecole des Mines de Saint Etienne.

Cette croissance de l'école a nécessité un lourd investissement en particulier lors de la mise en oeuvre d'un système d'enseignement à distance EDEN3 (Enseignement à distance en école d'ingénieur 3ème année). Dès 1999, j'ai pris la responsabilité de l'enseignement par les nouvelles technologies (TICE) à l'ISTASE, et par suite la charge de chef de projet du campus numérique

associé. Ainsi, une part importante de mes enseignements sont réalisés à la fois en présentiel et à distance.

Résumé des enseignements

Enseignement présentiel actuel

Niveau de la formation	Enseignement dispensé	Objectif et contenu pédagogique	Volume horaire (eq TD)
2ème année cycle ingénieurs	Java	Apprentissage du langage Java, Maîtrise des concepts de la Conception orientée objet Programmation réseaux	CM + TD = 39h
3ème année cycle ingénieurs	Client Serveur Web	Définition des architectures nTiers Rôles des serveurs web, serveurs d'applications Déploiement et maintenance d'applications en environnement Web	CM + TD = 39h
3ème année cycle ingénieurs	Conception d'applications réparties	Programmation d'objets coté serveurs, Notions de middlewares, Introduction à J2EE, .Net, Corba Mise en oeuvre d'EJB	CM + TD = 39h

Enseignement à distance

Les modules réalisés en présentiel sont aussi dispensés dans le cadre de la formation à distance EDEN3. Toutefois, j'encadre en plus les modules suivants :

Niveau de la formation	Enseignement dispensé	Objectif et contenu pédagogique	Volume horaire (eq présentiel TD)
3ème année cycle ingénieurs	XML	Cours d'initiation à XML, orienté réseau: bases du XML, DTD, Schémas, Transformations XSLT, Xforms, Services Web	30h
3ème année cycle ingénieurs	Servlets	Positionnement des différentes technologies Java coté serveur : EJB / Servlet / JSP Développement d'applications test	30h
3ème année cycle ingénieurs	Mobilité et Nomadisme	Applications intégrées aux terminaux mobiles, problématique de la sécurité du nomade et des informations échangées	12h
3ème année cycle ingénieurs	Urbanisation des systèmes d'information	Enjeux de l'urbanisation : Gérer la complexité, Communiquer, fédérer les travaux. Prendre en compte les contraintes de l'organisation. Orienter les choix technologiques Gestion des services, Normes ITIL	12h
3ème année cycle ingénieurs	Entreprise étendue	Chaîne logistique, technologies RFID, Rôle de la qualité et de la certification	12h

Enseignement non détaillé (réalisés précédemment)

- Configuration de serveurs (Apache, LDAP, SQL, DNS, ...) : 2ème année de cycle ingénieurs
- Probabilités et Statistiques : 1ère année de cycle ingénieurs
- Mathématiques, probabilités et statistiques : Cycle B CNAM

RESPONSABILITÉS ADMINISTRATIVES AU SEIN DE LA COMPOSANTE PÉDAGOGIQUE

Direction Adjointe

Enfin, je me suis impliqué fortement dans la gestion administrative de l'école dont je suis devenu le directeur adjoint en 2003. Les points forts de cette activité administrative, au delà du montage du campus numérique EDEN3 précédemment évoqué concerne l'évolution de l'Istase. En effet dès 1999 ont été créées 3 nouvelles spécialités : « Réseaux et Télécommunications », « Imagerie Numérique et Vision » et « Optique et Vision Industrielles ». J'ai accompagné leur mise en œuvre et leur examen par la Commission des Titres d'Ingénieur, prenant en particulier une part importante lors de la définition de la maquette pédagogique de « Réseaux et Télécommunication », spécialité la plus proche de mes centres de compétences.

Ces différentes extensions ont porté les effectifs des cohortes d'étudiants Istase de 50 à environ

150., nécessitant à la fois un recrutement important en personnels enseignants et administratifs et induisant une refonte et une professionnalisation des procédures de l'école.

Vis à vis du recrutement de personnels enseignant, 8 recrutements d'enseignants chercheurs ont eu lieu à l'école depuis ma prise de responsabilité, recrutements auxquels j'ai participé directement, en amont via la définition des profils de poste et l'implication dans la procédure. Au delà du recrutement, j'ai veillé au bon accueil des jeunes collègues et à leur implication immédiate dans les différentes actions de l'école (prise en charge de projet, participations aux actions de communications, salons, etc...)

En tant que directeur adjoint, bien évidemment en accord et avec le soutien de Gérard Noyel, Directeur de l'école, j'ai donc mis en place dès 2003 un certain nombre de commissions afin de renforcer le pilotage de l'école suivant trois objectifs :

- premièrement le dynamisme et la réactivité,
- deuxièmement la consolidation et la pérennisation des acquis,
- enfin le pragmatisme entre les objectifs et les moyens en particulier humains et financiers de l'école.

Ainsi, depuis 2003, je préside régulièrement (fréquence de 2 mois), les deux principales commissions de l'école à savoir la commission « Enseignement » et la commission « Orientation et Budget ». L'objectif de la première est de définir les orientations pédagogiques de l'école, de mettre en oeuvre et de suivre le bon fonctionnement des maquettes pédagogiques, d'appliquer les réformes institutionnelles (notation européenne, LMD, supplément au diplôme, ...). La commission « Orientation et Budget » gère l'ensemble des aspects financiers de l'école : choix des investissements, gestion des amortissements, retours sur investissements. J'ai en particulier imposé la mise en oeuvre de 4 sessions de cette commission afin d'avoir un pilotage plus opérationnel et de veiller à la bonne utilisation des fonds alloués (mise en oeuvre réelle des matériels achetés, adéquation entre la source de financement – projets, grands programmes – et leur utilisation). La commission « Enseignement » est composée de 5 enseignants chercheurs en responsabilité dans l'école (directeur des études, responsables d'année) et de personnels administratifs (Responsables administratives et scolarité). La commission budget et orientation est composée de 8 personnes (enseignants et administratifs) représentant les grands pôles technologiques de l'école (informatique, vision, électronique, réseaux, optique, ...)

Par ailleurs, j'anime le Conseil de Perfectionnement de l'école, structure paritaire entre enseignants chercheurs de l'Istase et personnes du monde économique. L'objectif de ce conseil est de veiller à la bonne adéquation entre les attentes de l'entreprise et la formation. Ce conseil est source de préconisation d'évolutions auprès de la commission enseignement qui devra ensuite prendre les décisions opérationnelles qui s'imposent. Par exemple, le conseil de perfectionnement thématique autour des TIC est directement à la source de la création des modules « Urbanisation des systèmes d'information », « Entreprise étendue », « Mobilité et nomadisme » entre autres. Ce conseil est présidé par une personnalité extérieure, précédemment D. Dalod de la société Altran et à présent G. Beyens, PDG de Cornut informatique (opérateur télécom local) et président de Loire Numérique.

Enfin, je participe aux autres commissions de l'école :

- le conseil d'administration de l'Istase, définition de la stratégie de l'école,
- la commission pédagogique, commission de discussion avec les élèves pour prendre en compte leurs remarques et critiques sur notre mode de fonctionnement et modules d'enseignement,

- la commission qualité, définition des procédures qualité de l'école visant à l'amélioration continue de nos processus,
- la commission recrutement, examen des modalités des concours de recrutement élèves.

Mon investissement dans l'école m'a amené à piloter de nombreux projets :

- projets régionaux pour l'enseignement à distance « CARACO 99 », « INCA 2000 », « INCA 2001 », « INCA 2002 », « INCA 2003 2005 », pour l'équipement des salles informatiques
- projets dans le cadre du schéma régional de l'enseignement supérieur 2006, du contrat quadriennal 2007-2010,
- projets « Campus numériques » 2000 et 2002
- projets de l'université numérique Ingénierie et Technologie (TP distant, Modules d'optiques, Portail Web, Modules pour l'aide à l'insertion professionnelle)
- projets pour la création d'université européenne d'été 2003 et 2005
- projet de la DATAR Auvergne pour le développement des entreprises et formations d'ingénieurs),
- projets dans les cadres des pôles de compétitivité Techtera (textile numérique sur Roanne) et Sopraltec.

Enfin, l'évolution de l'école se concrétise matériellement par la création et la rénovation de bâtiments au sein du Pôle Optique Rhône Alpes. J'ai participé activement au montage financier de cette opération immobilière (11 millions d'euros, 6500m2) et à la définition des besoins (fiches d'espace) en concertation avec le maître d'oeuvre (Saint Etienne Metropole) et le programmeur retenu pour cette opération.

Perspectives et évolutions

Après la phase d'installation et affirmation (91-97) puis celle d'évolution (98-2004) de l'Istase, en accord avec G. Noyel son directeur et le conseil d'administration, nous entamons la phase de reconnaissance de l'école comme grande école en télécommunications au plan national et international. Je participe activement à cette nouvelle phase tant du point de vue administratif qu'en oeuvrant pour une meilleure synergie entre enseignement et recherche dans le domaine des nouvelles technologies de l'information et de la communication.

Le premier point de cette nouvelle phase est le changement de concours de recrutement d'élèves de classes préparatoires. Recrutant précédemment au sein du concours Archimède (Banque E3A), nous avons demandé et obtenu l'intégration au sein du concours Télécom INT (Banque Mines Ponts). Cette évolution est très importante pour l'image de l'école et concrétise les progrès accomplis.

Le second point de cette évolution est l'affichage et la reconnaissance de l'Istase comme grande école en télécommunications, discipline large accueillant l'ensemble des compétences des enseignants chercheurs de l'école depuis les aspects composants électroniques jusqu'aux systèmes d'informations réparties sur le réseau en passant par le transport d'information optique et images. Pour cela, le concours de recrutement est un étape nécessaire mais non suffisante. Les créneaux d'excellence de l'école : enseignement à distance, relations fortes avec le milieu industriel, doivent être mieux valorisés afin de pouvoir intégrer des projets nationaux et européens d'envergure et des cercles et réseaux d'écoles reconnus.

Cette évolution ne pourra avoir lieu sans un appui recherche important dans ces domaines. Le laboratoire DIOM, dont je fais partie, positionne clairement ses activités dans ce domaine des

télécommunications depuis les aspects composants hyperfréquences jusqu'aux systèmes d'informations réparties. Le conseil du laboratoire appuie la stratégie d'évolution de l'Istase et souhaite participer activement à ce projet. Avec le directeur adjoint du DIOM (Bruno Sauviac), nous sommes à l'origine de cette stratégie (qui nous paraît) gagnant-gagnant d'un affichage de compétences partagées enseignement/recherche en télécommunications et du rattachement d'un laboratoire « Télécom » à l'école. Ceci débouche sur une réflexion de structuration plus générale d'un pôle de recherche en télécommunications au sein de l'université Jean Monet, pôle pouvant regrouper au sein de projet plusieurs laboratoires actuellement existants (Hubert Curien; DIOM, LASPI), les entreprises dynamiques (locales, régionales, nationales, ...) et les collectivités locales. Les projets de pôles de compétitivités et le rapport pour un écosystème de la croissance de Christian Blanc ont montré avec la plus grande clarté que les projets efficaces sont souvent portés à une échelle géographique limitée mais réactive. Par ailleurs, le financement de la recherche est, et sera, de plus en plus abondé par des fonds privés ou via des montages alliant financement public et privés. C'est pourquoi nous structurons notre activité de recherche en télécommunications, en particulier sur les volets « soft », en partenariat aussi bien avec les collectivités locales (conseil général) , les opérateurs de télécommunications (locaux et nationaux) et plus généralement les entreprises du numérique du bassin ligérien.

Autres activités

- Elu depuis 2004 au Conseil d'Administration de Loire numérique, association regroupant une centaine d'entreprises du numérique de la Loire
- Elu depuis 2004 au conseil d'Administration de Rhône Alpes Numérique, association de conseil et de veille en technologies numériques de la région Rhône Alpes, partie prenante de l'ARDI, Agence Régionale de Développement et de l'Innovation
- Animation de la Commission R&D de Loire Numérique
- Mise en oeuvre et gestion de portail intranet de l'école : portail pédagogique, réseaux des anciens, portail de recrutement en ligne des élèves, relations avec le monde industriel (tuteurs de stages), groupe de recherche international (avec l'université Antonine au Liban et l'université de Sherbrooke au canada)
- Comité de pilotage cyberbureau des collèges de la Loire
- Participation au maquetage du nouveau site web de l'école.

FICHES RÉSUMÉ DES ACTIVITÉS ACTUELLES

Activités de recherche

Domaine de la recherche	<i>Génie informatique, télécommunications</i>
Thème de la recherche	Architecture informatique réparties
Mots clefs	Interopérabilité, sécurité, fédération d'identités, Interfaces Homme Machine, Collaboration, eFormation
Responsabilités locales	Responsable Equipe de recherche SATIn Membre du bureau du DIOM Responsable eFormation Commission de spécialiste 61/63
Responsabilités nationales / internationales	Membre de l'Editorial Board de « International Journal on Internet Technologies in Higher Education » Industrial Contact « ACM IEEE SITIS 2006 » Comité organisation CWS 2005, FQAS 2004
Collaborations internationales	Liban, Allemagne, Finlande, Slovaquie
Reviewers	7
Organisation Congrès, workshops	4
Co Encadrement de thèse	4
Jury de thèse	1
Nombre de publications	80 dont 40% en premier auteur
Contrats de recherche	13

Activités pédagogiques

Implication dans la composante pédagogique		Enseignement dans le domaine de recherche
Commissions	Autres activités	
<ul style="list-style-type: none">- Conseil d'administration de l'école- Commission Enseignement- Commission Orientation et Budget- Conseil de perfectionnement- Commission qualité- commission pédagogique- commission de recrutement- comité de pilotage eden3	<ul style="list-style-type: none">- Intranets de l'école (pédagogique, réseaux d'anciens, relations industrielles)- Site web	<ul style="list-style-type: none">- Totalité de l'enseignement dans le domaine de l'activité de recherche.

La partie 2 de ce rapport présente de manière plus approfondie mes activités de recherche. Elle est structurée de la façon suivante :

- mon activité de recherche actuelle autour de l'interopérabilité des infrastructures internet est présentée au sein des chapitres 1 et 2,
- mon activité de recherche et de chef de projet en enseignement à distance est présentée au chapitre 3
- mon ancienne activité de recherche en traitement d'image est résumée au chapitre 4.

PARTIE 2

ACTIVITÉ RECHERCHE

-

DE LA RECHERCHE EN TRAITEMENT D'IMAGES À LA RECHERCHE EN SYSTÈMES D'INFORMATIONS EN PASSANT PAR L'ENSEIGNEMENT À DISTANCE ET LE TRAVAIL COLLABORATIF

CHAPITRE 1

-

PILOTAGE DISTANT D'INSTRUMENTS DE HAUTE TECHNOLOGIE OBJECTIFS ET SOCLE FONCTIONNEL VERS UN SERVICE APPLICATIF UNIVERSEL POUR LE TRAVAIL COLLABORATIF VIA DES CLIENTS RICHES

Sommaire du chapitre :

TABLE DES MATIÈRES

1. Préambule.....	40
1.1 Positionnement, contexte.....	40
2. Introduction.....	42
2.1 Pourquoi un pilotage distant ?.....	43
2.2 Pourquoi une infrastructure logicielle répartie ?.....	44
a) Le contrôle direct des appareils.....	45
b) Prise de contrôle de l'ordinateur distant.....	45
c) Les solutions réparties.....	45
3. Principe du pilotage distant via une infrastructure J2EE.....	48
3.1 Principe global.....	48
3.2 Rôle du serveur J2EE.....	49
3.3. Rôle de la messagerie applicative.....	50
3.4 Rôle des briques annexes	52
a) Serveur LDAP.....	52
b) Serveur SGBD.....	53
3.5 Cote client : rôle de Java Web Start.....	53
3.6. Coté instrument : rôle de JNI.....	54
4. Conclusion.....	55
5. Bibliographie.....	55

. 1. PRÉAMBULE

Mes activités de recherche se divisent en deux phases assez distinctes :

- une première phase de 1994 à 2000 incluant mes travaux de thèse et leur prolongation durant mes premières années de Maître de Conférences : travaux autour de l'analyse d'images et plus particulièrement de la mesure du mouvement d'objets déformables (fluides, ...)
- un seconde phase de 2000 à aujourd'hui autour du travail distant et de ses implications, d'une part en terme d'infrastructure logicielle répartie, et d'autre part sur l'incidence pédagogique de tels procédés. Ces travaux se placent dans le cadre de recherche en télécommunications et génie logiciel.

Je présente ci-après la synthèse de mes travaux sur ces deux thèmes, en donnant bien évidemment le focus sur mes activités actuelles.

1.1 Positionnement, contexte

Le développement des infrastructures de télécommunications et l'accroissement conjoint des possibilités en terme de bande passante et de potentiels des microordinateurs ouvre la voie au vieux rêve du travail distant. Globalement, cette problématique peut être divisée en deux :

- d'une part le travail théorique sur des documents pouvant facilement être manipulés de manière numérique
- d'autre part le travail pratique nécessitant l'usage de dispositifs (machines, instruments, ...)

Sur le premier point, le travail distant implique l'usage d'outils de stockage, d'accès distant et de partage de documents. Nous utilisons alors comme socle les systèmes de gestion de contenus (ou CMS : Content Management System et sa déclinaison pour les documents pédagogique, le LCMS: Learning CMS). En parallèle de la mise à disposition des contenus, il est nécessaire de disposer d'outils d'échanges et de communications afin de pouvoir co-construire (outils synchrones de type messagerie instantanée, outils asynchrones du type forums ou courriels). Cependant, les outils ne sont rien sans un modèle d'utilisation. J'ai participé activement au développement de tels modèles pour arriver à la mise en oeuvre et à la pérennisation d'un système d'enseignement à distance. Le campus numérique de l'Istase a été retenu lors du premier appel à projet « campus numérique français », et reste à ce jour l'un des seuls dispositifs fonctionnels dans le domaine des sciences.

Concernant le travail pratique, deux grandes voies existent [Alhalabi1998] :

- d'une part la simulation sur ordinateur des dispositifs matériels, en s'approchant autant que possible de la réalité. Nous parlerons alors de TP *virtuels*.
- D'autre part, le pilotage au travers d'Internet des dispositifs réels. Nous parlerons alors de TP *distants (ou télé-TPs)* [Alhalabi2000].

Les deux voies ne sont en aucune manière exclusives mais plutôt complémentaires, de la même manière qu'en formation traditionnelle la simulation et la pratique coexistent dans nos maquettes pédagogiques de formation d'ingénieur et dans nos catalogues de prestations de laboratoire vers l'industrie. La définition même de ces deux notions est parfois sujette à caution (par exemple [Harms2000] associe la notion de TP virtuel à des interfaces du type client lourd java et les TP distant à une interface du type Web).

Le travail de recherche que je présente a donc pour vocation première d'étudier les solutions de pilotage distants en particulier dans le domaine de la formation.

Le choix du domaine d'application « Formation » est naturel au sens où cela permet d'assurer une certaine cohérence à l'ensemble de mes travaux en bâtissant un pont entre les activités de recherche et les activités liées à l'enseignement à distance. Toutefois, les hypothèses fonctionnelles liées à ce domaine d'application ne sont pas restrictives, elles peuvent être d'ailleurs considérées comme étant peut être plus contraignantes que le domaine de la prestation de services industriels. En effet, dans les deux cas, nous adressons le problème du pilotage distant en prenant en compte les contraintes :

- de sécurité du système d'informations
- de performances (temps réel de la réponse, utilisabilité du système en termes d'interfaces homme machine)
- d'interactions et de collaborations entre différents utilisateurs et ou systèmes.

Clairement, ces contraintes sont identiques que l'on s'intéresse à un TP distant ou à une mesure distante réalisée par un ingénieur d'un société cliente du système. La seule contrainte pouvant, peut être, être allégée dans un contexte de formation est celle de la qualité de service perçue par l'utilisateur dans la mesure où le contrat enseignant/apprenant est seulement moral à ce niveau et aucunement financier. Les contraintes retenues au final sont exposées ci dessous.

L'approche choisie est volontairement pragmatique. En effet, il ne sert à rien de proposer des prototypes de recherche si ceux-ci ne peuvent être utilisés dans des conditions normales. En particulier, le déploiement d'une telle infrastructure :

- ne doit pas remettre en question la politique de sécurité du système d'information (pare-feu matériels et logiciels, autorisations d'accès, etc...),
- doit permettre l'apprentissage du maniement de l'instrument réel (induisant des contraintes fortes sur l'interface homme machine distante),
- doit favoriser le travail collaboratif,
- doit faciliter le déploiement de nouveaux dispositifs.

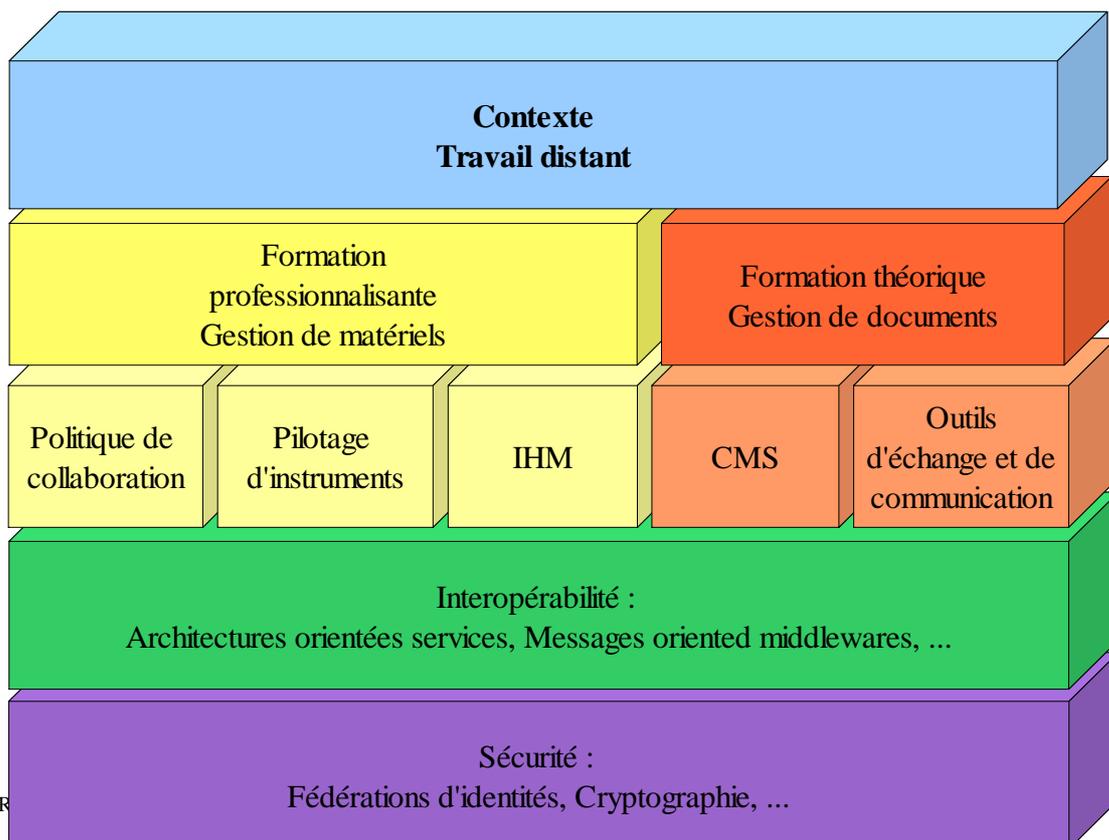


Figure 1 : Positionnement des différents briques de l'activité de recherche actuelle

La figure ci dessus synthétise l'ensemble des problématiques recherche soulevées par le travail distant. Nous nous intéressons plus particulièrement aux éléments suivants:

- le pilotage distants d'instruments : accès mutualisé et normalisé à un dispositif, modélisation d'une infrastructure logicielle permettant la mise à disposition rapide sur internet d'un nouvel instrument;
- l'interface homme machine : adaptation de l'interface distante à l'utilisateur et au média utilisé, problématiques liées au contexte d'utilisation (formalisation, identification, exploitation du contexte à l'aide de techniques issues de l'informatique pervasive);
- la politique de collaboration : description auto-suffisante sous forme d'ontologies de stratégies de collaboration et mise en oeuvre d'un moteur pour jouer ces stratégies;
- interopérabilité : assurer la compatibilité entre les différentes briques du système à l'instant t et dans le futur, aussi bien entre différents instruments distants qu'avec les systèmes de gestion des contenus (LCMS);
- sécurité : échange d'informations de sécurité et d'identités entre systèmes d'information distants; problématique de la fédération d'identités et de cryptologie.

Inversement, nous ne positionnons pas comme une obligation l'usage de vidéo directement intégré au système. Clairement, l'intérêt de la vidéo permet de « dévirtualiser » le pilotage distant en ayant une vue de l'état du site distant. Ce concept est tout particulièrement utilisé par exemple dans le domaine de la télémedecine où des opérations peuvent être conduites à distance par le biais de bras motorisés et de flux vidéos. Dans cette hypothèse, les contraintes sont extrêmement fortes en terme de qualité d'images et de bande passante pour assurer une synchronisation parfaite entre actions et visualisations. Nous ne nous plaçons pas complètement dans cette optique dans la mesure où nous souhaitons assurer un pilotage distant temps réel de l'appareil (le robot dans l'exemple précédent) et déporter l'interface de commande de l'appareil. La problématique posée est donc essentiellement le transfert des informations (commandes, résultats) de manière générique, collaborative et temps réel. La visualisation du site distant n'est considérée ici que comme un accessoire, éventuellement intéressant, mais qui n'est pas directement indispensable. Par ailleurs, la structure proposée dans la suite de ce mémoire permet d'intégrer de manière élégante ce type d'accessoire en ajoutant simplement un canal sur le bus à message pour véhiculer ces informations de type vidéo.

L'ensemble de ces travaux se situent très clairement dans le cadre de la recherche en technologie de l'information et de la (télé)communication et utilise ainsi les résultats de nombreux travaux théoriques amont pour les assembler afin de produire un nouvel ensemble innovant. Je résume ci-après les différents travaux menés sur chacun des ces axes.

. 2. INTRODUCTION

L'ensemble des acteurs publics et privés de la formation supérieure en Sciences de l'Ingénieur et Technologie est aujourd'hui désireux de partager des ressources numériques existantes, des outils, des expériences, ... L'objectif majeur est d'obtenir une large diffusion sur Internet de ressources numériques capables de renforcer la qualité et la visibilité des formations offertes par les acteurs de formation. Il apparaît clairement que l'ensemble des supports de formation de nos établissements ont vocation à être proposés et partagés via les

nouvelles technologies tant au sein de la communauté universitaire (au sens large, y compris les grandes écoles) qu'avec nos partenaires industriels. Or, l'une des caractéristiques des formations en ingénierie et technologie est de nécessiter des apprentissages pratiques sur des dispositifs d'instrumentation évolués.

Dans le contexte actuel de la formation à distance, la plupart des supports de formation éludent cette problématique de formation pratique ou la reportent à des sessions en présentiel.

Sans prétendre remplacer ou nier l'utilité de ces sessions présentiels, il nous paraît important d'étudier de manière globale dans quelle mesure on peut apporter des solutions ouvrant la voie d'une formation à distance pratique, c'est-à-dire utilisant des appareillage au travers d'Internet, (sans opposer la formation à distance et la formation en présentiel [Lukosch1999]). Pour comprendre un peu mieux, citons quelques exemples de dispositifs qui pourraient utilement être pilotés à distance dans un contexte de formation :

- En mécanique : machines à commandes numériques, bancs de mesure et de contrôle dimensionnels, ...
- En informatique et télécom : analyseurs hyperfréquence, antennes, ...
- En optique : bancs de caractérisation optique, ...
- En logistique : contrôle de chaîne de production, ...
- En robotique : robot télé opérable, ...
- En chimie : appareils d'analyse,...
- Et certainement d'autres champs disciplinaires ...

Les travaux présentés dans ce mémoire ont pour objectif pratique d'ouvrir la voie au pilotage distant de ces matériels, la réflexion étant menée ensuite sur le plan théorique de la collaboration entre utilisateurs puis entre systèmes d'informations.

La même réflexion doit aussi être menée en considérant à présent les applications industrielles de nos travaux. Depuis quelques années, le secteur des nouvelles technologies a beaucoup évolué et aujourd'hui son implantation en entreprise est désormais incontournable. Le point de départ a certainement été le système d'information des entreprises : collecte et gestion de données diverses et variées (catalogue de vente en ligne, gestion de la paye, ...)

L'évolution des technologies nous autorise à ouvrir de nouveaux chantiers. Pour de nombreuses raisons, il nous semble qu'aujourd'hui la nouvelle frontière est dans le pilotage distant au travers d'Internet des moyens de production de l'entreprise. Ceci soulève d'innombrables questions dont certaines restent ouvertes :

- quelles infrastructure logicielle mettre en oeuvre pour piloter à distance de manière sécurisée (sécurité des matériels et sécurisation des données sensibles de l'entreprise)

- quels partenariats mettre en oeuvre pour assurer la réussite de l'évolution du mode de fonctionnement de l'entreprise

- quelles valeurs ajoutées ce type de projets peut il apporter dans le management (réponse innovante au problème de la délocalisation, réactivité améliorée, ouverture de nouveaux partenariats, ...)

- quelles influences négatives cela peut il avoir sur le fonctionnement même de l'entreprise ou même de la société en général.

Chacune de ces questions est importante et doit être considérée. Cependant, avant toute chose, il est important de décrire comment nous pouvons atteindre cette nouvelle frontière.

L'objectif de ce chapitre est de présenter les recherches développées pour atteindre l'objectif concret de pilotage des appareils de haute technologie à distance. Comme nous le voyons, l'aiguillon initial de nos travaux est coté applicatif. Cependant, il serait réducteur – à notre sens – de ne voir ici que de la recherche appliquée. En effet, les problématiques soulevées

sont importantes et participent au domaine de la recherche en génie informatique :

- transfert de données et de commandes autorisant le travail collaboratif,
- ontologies¹ des dispositifs,
- sécurité,
- interface homme machine,
- interopérabilité.

Ces questions ont aussi un impact sur l'approche de l'enseignement à distance et peuvent apporter des valeurs ajoutées intéressantes : possibilité de rejeu de séances pédagogiques (autoformation, démonstration), possibilité d'aide contextualisée, possibilité de points de passage pédagogiques obligatoires.

Clairement, il ne s'agit pas ici d'introduire de nouveaux concepts informatiques, mais bien de génie informatique, c'est-à-dire d'utiliser et d'assembler au mieux les briques ou les concepts existants afin de produire un tout original. Ainsi, nos travaux se basent sur les principes des architectures logicielles réparties.

2.1 Pourquoi un pilotage distant ?

Les instruments concernés sont essentiellement des appareils de laboratoire de recherche dont les caractéristiques communes sont un prix d'achat et un coût d'entretien élevés, un encombrement important et une relative fragilité de fonctionnement et de transport. La complexité d'utilisation de ces appareils nécessite en général une longue phase d'apprentissage qui n'est pas toujours possible sur site en raison de la disponibilité des instruments. Quoiqu'il en soit, le déplacement d'une personne en formation sur site, engendre des coûts de fonctionnement parfois non négligeables pour les laboratoires.

L'achat individuel d'instruments de haute technologie présente l'inconvénient du coût élevé par rapport à la fréquence d'utilisation mais impose également la présence de personnel qualifié. Une alternative consistant à déplacer l'instrument implique des difficultés techniques ainsi que des problèmes de responsabilité (assurance...). La solution couramment utilisée consiste en réalité à déplacer les utilisateurs (groupe d'étudiants par exemple) sur le site où se trouve la plate-forme technologique. On peut noter à ce propos que les locaux des laboratoires ne sont pas toujours adaptés à la réception de tels groupes (nombre important de personnes en regard des contraintes de sécurité) [Bayard2002, Fayolle2004b, Taboy2006].

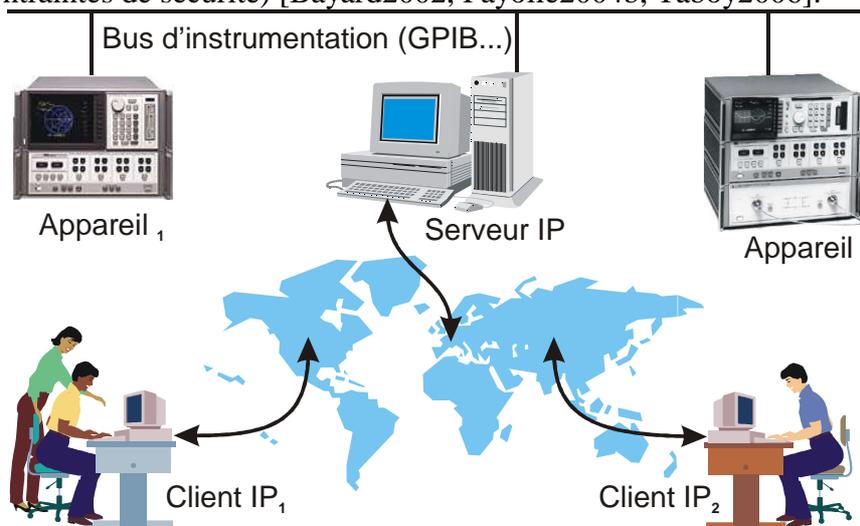


Figure 1 : le pilotage distant d'instrument, principe général

Ainsi, une solution envisageable est d'offrir un moyen de contrôle des appareils à distance via

¹ Ontologie : Organisation hiérarchique de la connaissance sur un ensemble d'objets par leur regroupement en sous-catégories suivant leurs caractéristiques essentielles (www.dicodunet.com)

Internet dans la mesure ou la distance ne dénature pas l'utilisation de l'appareil et que les utilisateurs ont réellement l'impression de piloter le matériel (et pas un simulateur) [Latchman1999]. Dans cette optique, l'usage d'écran tactile pourra faciliter cette adaptation. De ce point de vue, trois critères guideront nos travaux :

- l'utilisabilité de l'appareil distant : interface homme machine proche de l'interface réelle de l'appareil
- la sécurité des données transmises
- les aspects temps réel : le temps additionnel dû au contrôle distant ne doit pas être prohibitif.

Notons, par ailleurs, que de plus en plus d'instruments offrent une voie d'accès à leur processus interne via Internet. Il s'agit là d'une évolution normale qui ne remet pas en cause les travaux menés dans la mesure où, malheureusement, les solutions proposées sont propriétaires et non collaboratives [Tuttas2001]. C'est-à-dire qu'il est impossible d'intégrer plusieurs appareils distants de fournisseurs différents dans une même situation d'expérimentation.

Différents travaux ont été menés depuis une dizaine d'année sur cette thématique de pilotage distant. Nous retrouvons dans la littérature scientifique un certain nombre d'exemples sous la dénomination de « eLaboratory », « eLab », « remote lab », ... Les différentes implémentations que nous avons pu recenser manquent principalement de généralité et/ou d'accès collaboratif au système [McCarthy2004, Yuhong2006, Aktan1996, Alhalabi1998a, Hsu2000, Joolingeng2005, Ma2004].

Les travaux présentés dans ce mémoire ont pour vocation de présenter comment il est possible de construire une infrastructure *générique* – c'est-à-dire pouvant accepter des instruments de n'importe quel type - et *collaborative* (pilotage à plusieurs) de contrôle distant.

2.2 Pourquoi une infrastructure logicielle répartie ?

L'objectif – nous l'avons vu – est de piloter à distance des instruments de haute technologie. De manière assez évidente, plusieurs types de solutions sont envisageables :

- le contrôle direct des appareils (dénommée ci après « direct IP »)
- la prise de contrôle d'un PC distant pilotant l'appareil
- les architectures réparties, c'est-à-dire interfaçant au moins un serveur entre le manipulateur et l'appareil. Pour ce type de solutions, au moins 3 implémentations sont possibles :
 - o fondée sur la norme J2EE²
 - o fondée sur l'infrastructure de Microsoft .Net
 - o fondée sur la préconisation de l'OMG³

A) LE CONTRÔLE DIRECT DES APPAREILS

Le principe de cette solution est relativement simple. Il s'agit simplement d'écrire un couple de programmes fonctionnant en mode client serveur basé sur l'émission de trames réseau en TCP IP. L'un des programmes est côté client tandis que le second est côté instrument et joue le rôle d'interface entre le réseau et l'appareil. Clairement, les inconvénients de cette « architecture » sont nombreux :

- généralité nulle du client et du serveur : si l'un des deux change ou même évolue, l'ensemble de la structure doit être revue,
- la sécurité n'est prise en compte nulle part : les firewalls ne sont pas pris en compte ce

² J2EE :Java2 Entreprise Edition, ensemble de normes et de libraires Java pour la mise en œuvre d'architectures logicielles réparties.

³ OMG : Object Management Group, l'OMG est un consortium ouvert qui produit et maintient des spécifications logicielles pour assurer l'interopérabilité des applications d'entreprise. (www.omg.org)

qui *assure* que le système ne fonctionnera pas dans un environnement industriel, les données circulent en clair sur le réseau (piratage des données, prise en main détournée)

B) PRISE DE CONTRÔLE DE L'ORDINATEUR DISTANT

Cette solution est fondamentalement de la même famille que la précédente. Elle est fondée sur l'utilisation d'outils logiciels permettant de déporter l'affichage d'un ordinateur sur un écran distant. Malheureusement ceci est au prix de la sécurité. En effet, cela revient à donner le contrôle total sur l'ordinateur à partir de n'importe quel point du globe avec les inconvénients immédiats de piratage éventuels. Cependant, cette solution présente l'avantage de ne rien avoir à développer de plus qu'une application de contrôle local de l'instrument (celle-ci sera ensuite déportée via les outils tels que VNC Viewer). Nous ne nous attarderons pas plus sur cette approche dans la mesure où elle ne répond ni à nos besoins de sécurité, ni à nos besoins de généricité, ni enfin à un travail dans un environnement de collaboration constructive (par opposition à la collaboration compétitive).

C) LES SOLUTIONS RÉPARTIES

Le principal avantage des architectures logicielles réparties est de séparer les rôles applicatifs et de confier chacun d'eux à une brique logicielle bien définie. Le découpage des rôles en items simples permet évidemment de simplifier leur production avec l'inconvénient de reporter la complexité à l'étape d'assemblage des briques élémentaires. Or, l'usage de solutions d'architectures réparties normalisées telles que :

- J2EE
- Microsoft Dot Net
- Corba

permet justement d'organiser les briques propriétaires au sein d'une infrastructure permettant le dialogue entre elles et avec l'extérieur. Ainsi, nous pouvons avoir un système combinant à la fois la simplicité de développement (1 brique = 1 fonctionnalité) et permettant à moindre coût de construire par assemblage des applications complexes et fonctionnelles.

Par ailleurs, ces architectures réparties assurent aussi la montée en charge (nombre d'utilisateurs, évolutivité des produits) grâce aux systèmes intégrés de réplication, de gestion de vie des objets, ...

Enfin, la normalisation est aussi importante car elle garantit :

- l'interopérabilité entre les développements réalisés par plusieurs équipes (par exemple plusieurs laboratoires de recherche),
- l'interopérabilité fonctionnelle (utilisation depuis différents systèmes informatiques, différents lieux, ...)

Cependant, il ne faut pas non plus passer sous silence que la mise en place de ce type d'infrastructure n'est pas simple. Cela a un coût en terme de formation des développeurs, d'administration réseaux et de maintenance logicielle. Il nous semble malgré tout que ces inconvénients restent mineurs par rapport aux avantages cités précédemment.

Une fois le choix fait de s'orienter vers une infrastructure logicielle répartie, il reste à préciser la « version » la plus adaptée parmi les trois grandes orientations actuelles :

- J2EE : plateforme java, donc mono langage mais multi système d'exploitation,
- .Net : plateforme Windows, multi langage
- Corba : multi plateforme, multi langage

A priori, le choix de Corba paraît le plus adapté, en particulier pour les raisons de généricité. Néanmoins, ce n'est pas la solution que nous avons finalement retenue après plusieurs mois de développements et de tests sur cette plateforme. En effet, le prix de la compatibilité multi plateforme est de décrire à un niveau assez bas les objets transmis sur le réseau (type de

données simples typiquement). Or, pour nos applications, et plus généralement pour l'ensemble des applications de travail collaboratif distants, nous aurons besoin de véhiculer des objets complexes (par exemple une courbe ; et de travailler sur cet objet en tant que tel et non pas comme une suite de points). Bien évidemment, il est toujours possible de sérialiser/désérialiser⁴ les objets complexes en type simple, mais cela est au prix d'une part de la complexité du code et d'autre part de son efficacité en terme de temps d'exécution.

Dans un second temps nous avons aussi évacué le choix de la plateforme DotNet de Windows pour deux raisons principales :

- cette plateforme ne fonctionne à ce jour que sur des systèmes Windows⁵, ce qui est éliminatoire vis-à-vis de notre objectif de genericité. Effet, cela induit a priori la nécessité de piloter les instruments à distance depuis un système Windows.
- L'architecture proposée bien que respectant les standards du consortium W3C est fondamentalement propriétaire et donc sujette à discrimination de la part des utilisateurs industriels (problème de confidentialité des données véhiculées au sein d'une telle plateforme)

Enfin, un autre argument de choix, réel mais insuffisant en tant que tel, est que les compétences internes de l'équipe de recherche et de développement ne sont pas centrées sur C# (le langage sous jacent à DotNet) mais sur le langage Java.

Ainsi, c'est tout naturellement que nous utilisons la plateforme J2EE comme infrastructure logicielle pour nos développements. Cette infrastructure nous permet de véhiculer des objets complexes au travers du réseau et est multi plateforme. En revanche, ceci nous impose le langage Java comme langage de programmation. Toutefois, n'oublions pas que les utilisateurs n'ont aucune vision des outils logiciels sous jacent mais n'évaluent que le service qui leur est proposé et pas la manière dont il a été construit. Ainsi, le choix d'un langage de programmation n'est pas contraignant vis-à-vis des prestations offertes à l'extérieur mais seulement en interne – et nous avons vu plus haut que cela n'était pas du tout un problème contraignant - .

Parmi les infrastructures J2EE disponibles sur le marché, nous avons retenu l'ensemble proposé par le consortium ObjectWeb pour 3 raisons :

- la richesse de l'offre fonctionnelle (conteneur EJB Jonas [Jonas], messagerie applicative Joram, ...)
- l'ouverture de son code source garantissant à la fois l'intégrité des données véhiculées et la pérennité des développements (et par voie de conséquence le coût nul des licences d'exploitation)
- l'importance de la communauté de développeurs associée.

D'autres solutions logicielles aurait pu parfaitement convenir en particulier Jboss. Les solutions propriétaires J2EE quant à elles sont un choix difficiles en regard du coût d'accès non négligeable à la plateforme.

⁴ La sérialisation/désérialisation correspond respectivement à transformer un objet en une suite d'objets plus simples dits sérialisables (ou transférables sur le réseau) et à reconstruire l'objet complexe à partir de sa sérialisation.

⁵ Il existe quelques embryons de développement de telles architectures sur des systèmes linux en particulier, mais fort peu répandus et avec une robustesse non prouvée à ce jour.

3. PRINCIPE DU PILOTAGE DISTANT VIA UNE INFRASTRUCTURE J2EE

3.1 Principe global

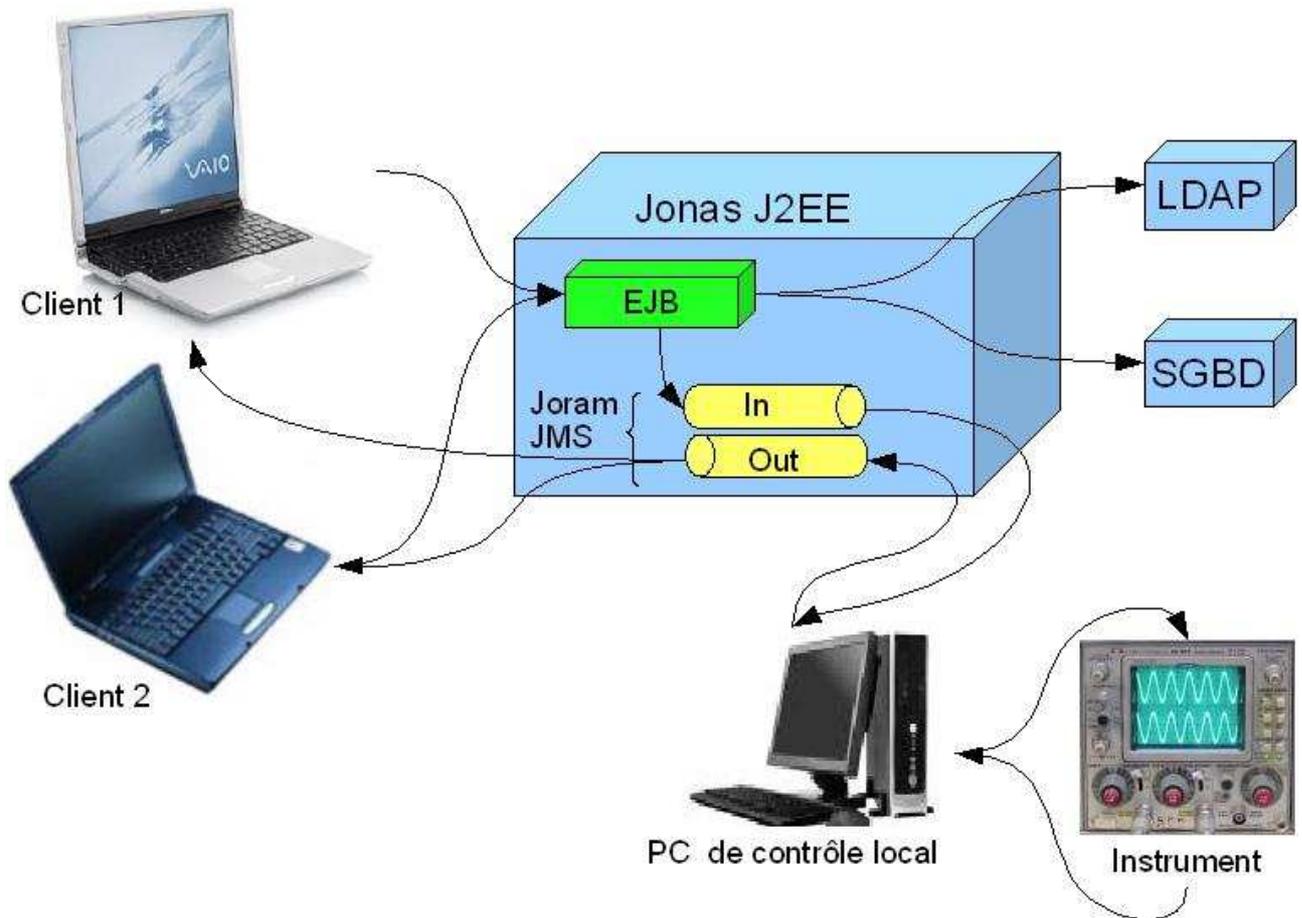


Figure 2 : Schéma de principe global

La figure 2 résume le principe global de l'architecture logicielle retenue pour notre pilotage distant via une infrastructure J2EE. Globalement, les différents constituants de la plateforme sont les suivants :

- un PC de contrôle local de l'instrument, ou si l'instrument l'autorise une connexion directe via une interface numérique sur l'instrument;
- un lot de serveurs centraux J2EE que nous détaillerons ci après;
- des serveurs annexes : serveur de données (SGBD – Système de Gestion de Base de Données) et serveur d'authentification (LDAP – Lightweight Directory Access Protocol);
- et enfin autant de postes client que désirés par le fournisseur de l'appareil.

Pour comprendre le fonctionnement de l'architecture proposée, nous allons suivre les informations véhiculées dans le cas d'un instrument aussi simpliste qu'un générateur de nombre aléatoire. Cet instrument (virtuel) ne sait faire qu'une seule chose : fournir des lots de valeurs aléatoires en réponse à une requête du type « Je veux 50 nouvelles valeurs ». Nous nous plaçons dans le cas où l'instrument est configuré et prêt à fonctionner (la procédure

d'enregistrement et de configuration de l'instrument auprès du serveur J2EE sera vue ultérieurement).

Un client souhaite utiliser l'instrument distant. Il se connecte alors sur un site web et via un lien HTML télécharge (ou met à jour) une application cliente (client dit riche, cf. 2.5 rôle de Java Web Start). Cette application se connecte alors au serveur d'applications J2EE. Supposons qu'un second client fasse de même. Nous avons alors deux clients connectés simultanément sur le même instrument. Appelons les, « client1 » et « client2 » pour plus de commodité. Client1 émet alors une requête (via un clic sur un bouton par exemple) pour récupérer un lot de nombres aléatoires. Cette requête est récupérée par un composant Java coté serveur J2EE (Composant EJB Entreprise Java Beans dit façade). Ce composant façade, nommé ainsi car c'est lui qui est vu de l'extérieur, vérifie alors auprès d'un serveur d'authentification (LDAP) si

- le client1 a le droit d'utiliser cet appareil (en fonction de droits d'utilisation ou de bail d'utilisation ou de réservation effectuée ou pas)
- le client 1 a le droit d'utiliser la fonctionnalité demandée ou pas (en fonction par exemple du prix payé)

Dans tous les cas, après cette étape d'authentification, l'EJB façade enregistre dans une base de données l'action de l'utilisateur et son état (succès ou échec), puis émet la requête vers le système de messagerie applicative (Java Messaging Service, implémentation JORAM [Joram]). Ceci signifie que la requête va être véhiculée vers son destinataire final sous la forme d'un message, donc de manière asynchrone. Nous verrons ci après (Cf § 2.3 rôle de la messagerie applicative) pourquoi il est intéressant de travailler à ce niveau suivant un mode asynchrone.

Le destinataire du message est l'ordinateur directement connecté à l'instrument (ou dans notre cas, l'ordinateur hébergeant le programme générant des nombres aléatoires). Celui ci réagit alors à la requête en exécutant sur l'instrument les actions correspondantes. Il met aussi en forme les résultats et les renvoie au serveur J2EE toujours sous la forme d'un message. Celui ci est posté dans une boîte aux lettres « commune », ou plus exactement dans une boîte aux lettres où chacun des clients est informé de la présence d'un nouveau message.

Dans notre cas, les deux clients sont donc informés et reçoivent le même lot de nombres aléatoires générés.

Ceci montre la capacité du système à intervenir sur un instrument distant mais aussi à un autre utilisateur de regarder les différentes actions réalisées (cas de démonstration, de formation en ligne ou de surveillance). Les paragraphes suivants ont pour objectif de justifier la place de chaque composant applicatif et en particulier de montrer sa nécessité afin d'aboutir à un système global qui soit générique, interopérable et fonctionnant de manière collaborative.

3.2 Rôle du serveur J2EE

Le serveur J2EE constitue la pièce maîtresse de l'architecture retenue. Ses principaux rôle sont

- d'héberger les composants java coté serveur
- d'héberger la messagerie applicative
- de fournir les connecteurs vers les serveurs tiers (authentification données, web)
- de fournir un certain nombre de services standards (résistance à la montée en charge du nombre de clients), cycle de vie des objets, gestion des sessions utilisateurs, reprise sur incident, gestion de la persistance des objets, gestion de l'intégrité des transactions, transparence de la localisation réelle des objets...

Détaillons rapidement chacun de ces points. Le rôle principal d'un serveur d'applications J2EE est de fournir un conteneur d'objets. Ce conteneur garantit la réutilisation des composants coté

serveur entre différentes applications ou au sein d'une même application par l'intermédiaire d'une normalisation précise. Ainsi, ce serveur centralise les requêtes sur une seule machine et au travers d'un seul port réseau. Ceci est particulièrement intéressant du point de vue de la sécurité réseau puisque cela autorise à n'ouvrir qu'une seule porte dans le firewall et ensuite de pouvoir surveiller le trafic véhiculé au travers de cette porte. N'oublions pas que l'un des objectifs initiaux et de fournir un service à vocation industrielle. Pour cela, il est impératif de se couler dans les contraintes du système d'information typique d'une entreprise. Le fait de ne pas ouvrir de nombreux ports réseaux et de pouvoir surveiller le trafic généré correspond à cette contrainte.

Sans un serveur central, cela n'aurait pas été possible. L'ajout d'un serveur *J2EE* nous permet la réutilisation et la pérennité des développements réalisés.

. 3.3. Rôle de la messagerie applicative

La normalisation JMS (Java Messaging Service) [JMS] introduit une nouvelle façon de communiquer entre clients et serveurs : l'envoi et la réception de messages entre applications ou même plus précisément entre composants des applications. De manière générale, ce type d'échanges est regroupé sous la bannière des MOM (Messages Oriented Middleware) [Baldoni2003, Oki 1993, Joram].

L'apport des MOM est le fait de pouvoir travailler entre applications de manière asynchrone. Ce type d'architecture asynchrone est largement utilisée dans de nombreux domaines disjoints tels que les jeux en ligne [Bharambe2002], les applications internet [Malan1997], le e-Commerce [Cheng2000] et les technologies mobiles sur téléphones portables ou assistants personnels [Yonecki2003].

L'utilisation d'un middleware asynchrone est particulièrement pertinente pour atteindre l'objectif de fonctionnement collaboratif de notre plateforme, en particulier au travers du paradigme publier/s'abonner (publish/suscribe) à un sujet (topic ou canal) [Eugster2000 et Eugster2001, Gravier2006f]. La figure 3 illustre comment nous utilisons ce modèle publish/.suscribe pour relayer les commandes issues d'un client, réaliser les calculs et traitements coté serveurs et retourner le ou les résultats à l'ensemble des clients s'étant abonnés au canal correspondant à l'instrument.

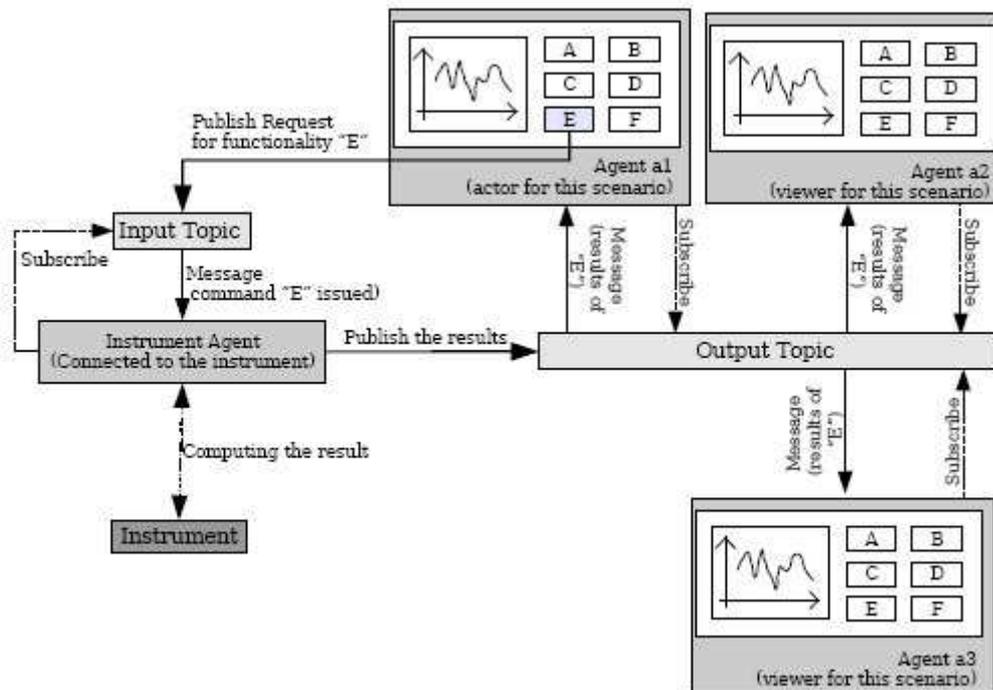


Figure 3 : Utilisation d'un MOM en eInstrumentation

L'apport principal des MOM est le fait que l'instruction « receive » est non bloquante. L'application peut donc continuer à travailler en attendant des messages. Cela permet par exemple à un client d'exploiter les données d'une courbe en attendant la mise à jour des résultats. Mais cela permet surtout à un client d'être indépendant des autres.

Le caractère asynchrone de la livraison des messages induit

- un couplage faible entre les clients et les serveurs (il peut y avoir rupture momentanée des canaux réseaux sans perturbation notable du fonctionnement de l'application);
- l'assurance même de la livraison des messages : on ne peut pas savoir le moment où un message va arrivé à son destinataire mais il est certain qu'il arrivera un jour;

Enfin, la norme JMS impose le fait que les messages puissent être ordonnés afin de respecter l'ordre des commandes par exemple. Par ailleurs, les messages peuvent être stockés et rejoués à la demande ce qui à pour conséquence de rejouer complètement une séquence de commandes (à des fins de démonstration ou pour une personne arrivé en retard par exemple).

A) PROBLÉMATIQUE DES PERFORMANCES DU SYSTÈME

Du point de vue des fonctionnalités utilisateur, l'emploi de JMS est relativement transparent mais essentiel. C'est cette brique logicielle qui assure la livraison d'un même message à l'ensemble des utilisateurs abonnés et qui autorise un fonctionnement souple (non bloquant lors de l'envoi de commande réseau). En effet, imaginons que notre instrument soit par exemple un analyseur de réseau hyperfréquence (caractérisation de composants pour le domaine des télécommunications). En présentiel, l'utilisateur a l'habitude de lancer une commande et pendant le temps de calcul de l'appareil de réaliser d'autres opérations (zoom, exportation de résultats, etc...). Le fait de travailler à distance ne doit pas lui interdire ce fonctionnement. Or , l'utilisation d'un middleware synchrone lui imposerait d'attendre la réponse à sa requête de calcul avant de pouvoir lancer toute autre action. Nous voyons donc

bien ici l'intérêt d'un middleware asynchrone. (Un des principaux critères d'évaluation d'un middleware est sa transparence...)



Cette caractéristique nous permet en particulier de traiter le problème des performances globales du système. En effet, comme précisé en introduction, l'objectif est de fournir un pilotage distant temps réel. Cette contrainte de temps induit forcément une mesure des performances globales du système. Le choix d'une infrastructure répartie fondée sur un MOM permet de garantir la livraison dans l'ordre des messages (donc globalement la fonctionnalité du système). Toutefois, elle ne permet de garantir un temps maximal d'exécution d'une requête (par définition de l'asynchronisme). Néanmoins, nous prétendons qu'il s'agit là de l'un des meilleurs choix possible car :

- les autres solutions sont plus coûteuses en terme de bande passante, ne serait ce que pour maintenir les informations liées à la connexion et à la synchronisation des actions (acknowledgments des commandes, ...)
- le multicasting des réponses entre les différents clients permet d'économiser de la puissance de calcul et de la bande passante,
- les informations véhiculées sont légères (commandes et/ou résultats) (pour faire un parallèle, comme pour le codage vidéo MPEG4, nous ne codons ici finalement que les modifications de l'interface et en aucun cas l'ensemble de l'interface). La bande passante requise pour le transfert des messages est donc faible et assure un fonctionnement quasi temps réel y compris sur des réseaux à moyen débit.

3.4 Rôle des briques annexes

. A) SERVEUR LDAP

L'utilisation d'un instrument à distance via internet est évidemment source de problèmes de sécurité importants tant pour l'entreprise ou l'institution possédant l'instrument (problème d'intelligence économique et/ou de piratage de données sensibles) que pour l'instrument lui même. En effet, sur ce second point, la distance diminue énormément la conscience des actions réalisées (absence de bruit par exemple) ce qui peut amener l'utilisateur à émettre des commandes dangereuses (pour l'instrument et pour l'environnement direct de l'instrument). Imaginons que nous soyons entrain de piloter un banc d'antennes et de déplacer un obstacle tel qu'une plaque de métal entre les deux antennes.

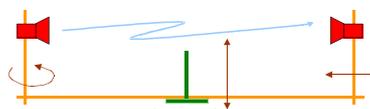


Figure 4 : schéma d'un banc d'antenne

En présentiel, le manipulateur prendra garde à ne pas réaliser de trop grand déplacement afin de ne pas écraser les antennes par l'obstacle mobile. Via une interface web déportée, cette conscience est largement diminuée. Il est beaucoup plus aisé, et aussi beaucoup plus dans les moeurs de pousser un « ascenseur » en bout de course pour voir ce qu'il se passe. Et si cet ascenseur est directement lié à la position de l'obstacle entre les deux antennes, cela va occasionner certainement de gros soucis.

Bref, il est clair que l'accès à un instrument distant ne peut se faire pour des raisons de sécurité que pour des utilisateurs authentifiés. Le rôle de l'annuaire LDAP est justement de valider ou d'invalider des tickets d'authentification présentés par les clients. Ceci peut être réalisé de manière binaire (droit/interdiction d'utiliser un instrument) mais peut aussi être plus modulable :

- droit/interdiction d'utiliser telle ou telle commande d'un instrument;
- droit/interdiction d'utiliser tel instrument à tel moment ou pendant telle durée.

Toutes ces fonctionnalités sont gérées simplement par un serveur d'annuaire LDAP qui répertoire les utilisateurs et stocke dans un objet java interne les droits/interdictions liés à chaque utilisateur ou à chaque groupe d'utilisateur.

Bien évidemment, ce fonctionnement induit un paramétrage amont de ces droits. Nous verrons au chapitre 2 que cette étape qui peut s'avérer lourde pourrait être supprimée au moyen d'une adaptation semi automatique de l'interface homme machine en fonction des caractéristiques de l'utilisateur.

B) SERVEUR SGBD

Toujours pour des questions de sécurité, il est nécessaire de stocker les différentes actions de l'utilisateur. Une base de données est donc présente pour cela et journalise les succès ou échecs de chaque commande.

Les intérêts sont multiples :

- bien sûr pouvoir remonter à la personne source en cas de problème (sécurité),
- mais aussi dans de nombreux autres cas, utiliser cette liste de commandes pour qualifier (quantifier?) le travail réalisé (évaluation pédagogique dans un contexte de formation par exemple)

Enfin, le serveur de données sert aussi de dépôt pour un certain nombre de données (images d'enrichissement des façades d'interfaces hommes machines, etc...)

3.5 Cote client : rôle de Java Web Start

Nous avons dit précédemment que l'applicatif client était téléchargé et/ou mis à jour sur le poste du client au moyen d'un simple clic sur un lien internet. La brique logicielle permettant ce fonctionnement est Java Web Start, tout au moins dans le monde Java (One Touch Deployment pour d'autres environnements distribués tels que Microsoft .Net). Le principe général est résumé sur la figure 5 suivante.

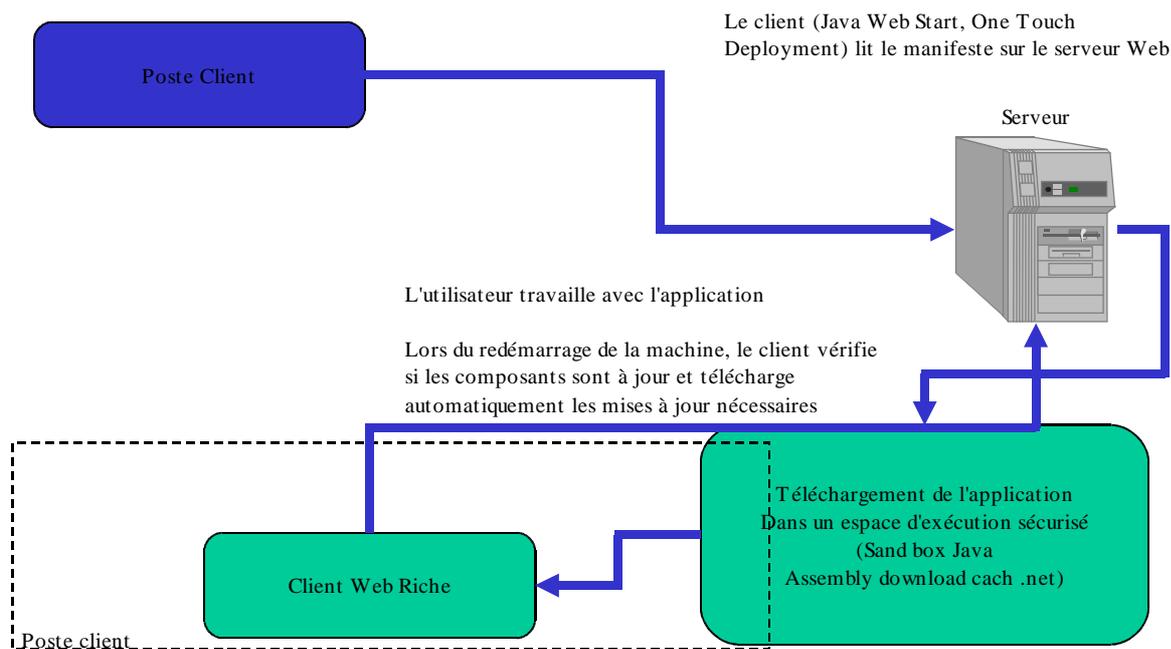


Figure 5 : Fonctionnement des déploiement en un clic coté client

Lors de la première utilisation, le client (en haut sur le schéma) lit une page Web et clique sur un lien HTML . Ce lien déclenche le téléchargement de l'application et son installation dans un environnement sécurisé (bac à sable – sandbox) sur son ordinateur. Le téléchargement en zone sécurisée est important car il ne faut jamais faire confiance aveuglément à une application venant d'internet. Lors de son installation, l'application demande explicitement les droits dont elle a besoin (droit d'accès au réseau, au système d'exploitation local, etc...) en précisant quel est le fournisseur. Charge alors à l'utilisateur de valider ou d'invalider ces droits.

Lors des sessions suivantes, l'utilisateur peut simplement lancer l'application comme n'importe quel autre type d'application (client vert sur le schéma). Cependant, cette application va en tout premier lieu vérifier si, côté serveur, une mise à jour ne serait pas disponible. Si tel est le cas, elle télécharge et met à jour en local les fichiers nécessaires. Si ce n'est pas le cas, elle lance simplement l'application.

Ainsi la technologie Java Web Start nous permet de résoudre le problème du déploiement des applications de pilotage des instruments sur les postes clients ainsi que la maintenance et l'évolution de ces applications.

3.6. Coté instrument : rôle de JNI

Pour terminer la description globale de l'infrastructure, il reste à voir les transferts d'information entre l'instrument et le reste de l'infrastructure. En effet, nous avons dit auparavant que la requête était véhiculée jusqu'à l'instrument. Cependant, il est bien évident que l'instrument ne saura pas interpréter une trame réseau au format JMS. Ainsi, il est nécessaire de mettre en place une couche d'interface entre les messages applicatifs au format MOM et l'instrument.

Très généralement, les instruments qui offrent une interface de commande via un ordinateur sont livrés avec un module informatique (typiquement une librairie DLL – Dynamic Link Library) regroupant l'ensemble des fonctionnalités offertes par l'instrument. Le rôle de la

couche d'interface est donc de faire le lien entre les messages applicatifs au format JMS et la DLL de pilotage local de l'instrument. Ces DLL sont écrites dans des langages le plus souvent différents de java (C/C++ le plus généralement ou bien issu d'environnement de programmation dédié tels que LabView). C'est pourquoi, nous utilisons JNI (Java Native Interface) comme API (Application Programming Interface) entre JMS et la DLL locale. En effet, JNI permet d'appeler depuis une application Java des méthodes ou fonctions situées dans des bibliothèques compilées.

Pour résumer, une application java exécutée sur un ordinateur connecté directement (liaison série, USB, ...) à l'instrument reçoit la requête au format JMS, en extrait les données et appelle via JNI une fonction de l'instrument.

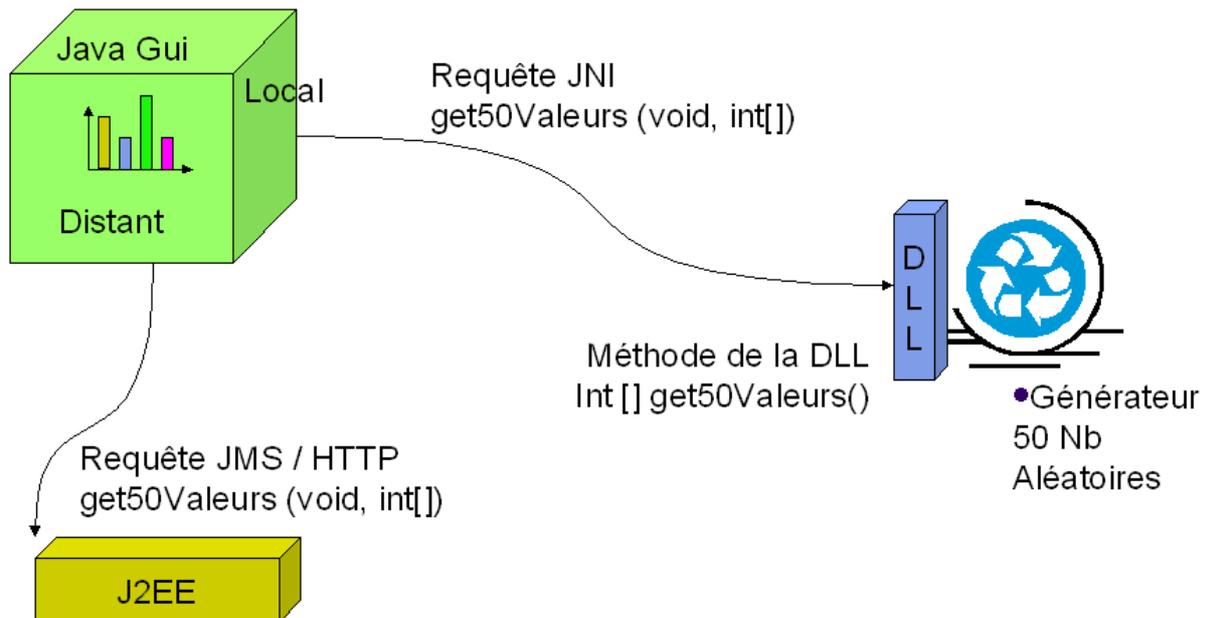


Figure 6 : une seule application java pour le pilotage local et pour le pilotage distant

Afin de diminuer le nombre d'applications développées, et de simplifier la procédure de test, la même application sera utilisée pour le contrôle distant que pour le contrôle local. Un simple paramètre lors du lancement de cette application conditionne son comportement : génération des trames réseau au format JMS (distant) ou au format JNI (local). Ceci permet de tester et de développer quasi entièrement le pilotage de l'instrument en local avant de le porter sur l'interface distante.

4. CONCLUSION

Nous avons détaillé dans ce chapitre les objectifs poursuivis par notre projet de pilotage distant d'appareils de haute technologie : collaboration, interopérabilité, sécurité, généricité. Nous avons retenu pour mettre en oeuvre le projet une architecture distribuée fondée sur la norme J2EE en raison de

- l'insertion aisée dans les systèmes d'informations actuels sans réduction de sécurité,
- la normalisation des développements réalisés conduisant à une certaine pérennité et interopérabilité,
- la présence de nombreux services intégrés (montée en charge par exemple).

Par ailleurs, une solution à base de messagerie applicative est présentée et fournit un certain

nombre de solutions quant à la collaboration entre clients sur un même dispositif. Cependant, tous nos objectifs ne sont pas atteints, en particulier la généralité des développements qui induirait le fait de pouvoir porter un instrument sur une interface Web très rapidement sans avoir à développer d'applications spécifiques. De plus, le fait de recevoir des messages de ses pairs n'implique pas de savoir les décoder afin de retranscrire l'aspect sociétal d'un travail en groupe. Ce chapitre présente donc « simplement » le socle applicatif de notre plateforme, socle à partir duquel nous allons pouvoir mettre en oeuvre et déployer les résultats de recherche présentés au chapitre 2. Le chapitre 2 tente de répondre à ces objectifs de

- généralité au travers d'ontologies d'instrument,
- collaboration active (conscience de soi et d'autrui, gestion de la politique de partage de l'instrument entre les différents acteurs),
- extension de la sécurité via la fédération des identités entre plusieurs systèmes d'information.

. 5. BIBLIOGRAPHIE

(Aktan1996) [Distance Learning Applied to Control Engineering Laboratories.](#)

Aktan, B.B. & Shor, M.
IEEE Transactions on Education,
 August 1996 , Vol. 39 , N°. 3 , pp. 320-326

(Alhalabi1998) [Virtual labs vs remote labs: between myth and reality](#)

Alhalabi, B.A.; Hamza, M.; Hsu, S. & Romance, N.
Florida Higher Education Consortium 1998

(Alhalabi1998a) [Real Laboratories: An Innovative Repartee for Distance Learning!](#)

Alhalabi, B.; Anandapuram, S. & Hamza, K.
 Tech Report <http://citeseer.ist.psu.edu/alhalabi98real.html>
 1998

(Alhalabi2000) [Remote labs: an innovative leap in the world of distance education](#)

Alhalabi, B.A. & Marcovitz, D.M.
Information Systems, Analysis and Synthesis ISAS2000 July 2000

(Baldoni2003) [Modeling publish/subscribe communication systems: towards a formal approach](#)

Baldoni, R.; Contenti, M.; Piergiovanni, S. & Vigillito, A.
WORDS 2003 Conference , Guadalajara, Mexico 2003

(Bayard2002) [Projet WebAnalyzer Internet et l'instrumentation à distance](#)

Bayard, B.; Sauviac, B.; Fayolle, J.; Allard, B. & Noyel, G.
TICE 2002, Technologies de l'information et de la communication dans l'Enseignement Supérieur et l'Entreprise INSA Lyon 13-15 Novembre 2002 , pp. 415-416

(Bharambe2002) [Mercury: A Scalable Publish-Subscribe System for Internet Games](#)

Bharambe, A.R.; Rao, S. & Sesham, S.
Proc. of the 1st Workshop on Network and Systems support for games , Bruanschweig, Germany 2002 , pp. 3-9

- (Cheng2000)** [A Publish Subscribe framework: Push Technology in E-Commerce](#)
Cheng, E. & Loizou, G.
Proc. of 17th British National Conference on Databases, BNCOD 17 , Exeter, UK July
2000
- (Eugster2000)** [Distributed Asynchronous Collections: Abstractions for Publish/Subscribe Interactions](#)
Eugster, P.T.; Guerraoui, R. & Sventek, J.
Lectures notes in Computer Science,
2000 , Vol. 1850 , pp. 252-276
- (Eugster2001)** [The Many Faces of Publish/Subscribe](#)
Eugster, P.; Felber, P. & Guerraoui, R.
EPFL , Lausanne, Switzerland **2001**
- (Fayolle2004b)** [A general and secure corba framework for distant control of instruments](#)
Fayolle, J.; Bayard, B.; Sauviac, B. & Noyel, G.
IFAC Workshop Internet Based Control Education IBCE'04 Grenoble 5-7 Septembre
2004
- (Gravier2006f)** [A Generic Distant and Collaborative Executive System in Extended Enterprise](#)
Gravier, C. & Fayolle, J.
INCOM'06, 12th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing
, Saint-Etienne , France 17-19 May **2006** , pp. 685-689
- (Harms2000)** [Virtual and Remote Labs in Physics Education](#)
Harms, U.
Physics Teaching in Engineering Education June **2000**
- (Hsu2000)** [A Java-Based Remote Laboratory for Distance Learning](#)
Hsu, S.; Alhalabi, B. & Ilyas, M.
International Conference on Engineering Education **2000**
- (JMS)** [JMS : Java Messaging Service](#)
<http://java.sun.com/products/jms/>
2005
- (jonas)** [JONAS: Java OpenN Application Server](#)
<http://jonas.objectweb.org/>
2005
- (Joolingeng2005)** [CoLab: Research and development of an on-line learning environment for collaborative scientific discovery learning](#)
van Joolingeng, W.; Jong, T.D.; Lazonder, A.; Savelsbergh, E. & Manlove, S.
Computer in Human Behavior,
2005 , Vol. 21 , pp. 671-688
- (joram)** [JORAM: Java Open Reliable Asynchronous Middleware](#)
<http://joram.objectweb.org/>

2005

(Latchman1999) Information Technology Enhanced Learning in Distance and Conventional Education

Latchman, H.A.; Salzmann, C. & Gillet, D.

IEEE Transactions on Education,

1999 , Vol. 42 , N°. 4 , pp. 247-254

(Lukosch1999) Marrying on-campus teaching to distance teaching

Lukosch, S.; Roth, J. & Unger, C.

Proceedings of the 19th world conference on open learning and distance education June

1999 , pp. 20-24

(Ma2004) Hands-On, Simulated, and Remote Laboratories: A Comparative Literature Review

Ma, J. & Nickerson, J.V.

Stevens Institute of Technology, 2004

(Malan1997) Salamander: A push-based Distributed Substrate for Internet Applications

Malan, G.R.; Jahamia, F. & Subramanian, S.

Proc. of USENIX Symposium on Internet Technologies and Systems 1997 , pp. 171-182

(McCarthy2004) COLAB: A platform design for collaborative learning in virtual laboratories

McCarthy, J. & Wright, P.

Technology Enhanced Learning 2004

(Oki1993) The Information Bus : An Architecture for Extensible Distributed Systems

Oki, B.; Pfluegl, M.; Siegel, A. & Skeen, D.

Operating Systems review,

December **1993** , Vol. 27 , N°. 5 , pp. 58-68

(Taboy2006) A community sharing hands-on centers in engineer's training [en ligne].

Taboy, J.

International Journal of Online Engineering JOE (<http://www.i-joe.org>) 2006 , Vol. 2 , N°. 1

(Tuttas2001) Distributed Online Laboratories

Tuttas, J. & Wagner, B.

International Conference on Engineering Education (ICEE01), Oslo, Norway 2001

(Yoneki2003) Mobile Applications with a Middleware System in Publish Subscribe Paradigm

Yoneki, E.

3rd Workshop on Applications and Services in Wireless Networks 2003

(Yuhong2006) Putting Labs Online with Web Services

Yuhong Yan, Y.L.

IT Professional,

Mar/Apr **2006** , Vol. 8 , N°. 2 , pp. 27-34

CHAPITRE 2

PILOTAGE DISTANT D'INSTRUMENTS DE HAUTE TECHNOLOGIE

-

PROBLÉMATIQUES RECHERCHE

COLLABORATION, INTEROPÉRABILITÉ, SÉCURITÉ

Sommaire du chapitre

TABLE DES MATIÈRES

1. Introduction.....	60
2. Collaboration active.....	60
2.1 Quels objectifs ?.....	60
2.2 Des questions philosophiques.....	61
2.3 Des réponses techniques à des questions philosophiques : le problème de la conscience d'autrui.....	63
2.4 Bilan de l'architecture obtenue pour la gestion de la collaboration.....	76
3. Interopérabilité.....	76
3.1 Pourquoi un besoin d'interopérabilité.....	76
3.2 Présentation des architectures orientées services.....	77
3.3 Des projets de recherche	79
4. Sécurité et fédération d'identités.....	80
4.1 Le projet RNRT FederID.....	82
4.2. Des projets de recherche.....	85
5. Interfaces Homme Machine et Ontologies d'interfaces.....	85
5.1 Adaptation de l'IHM.....	85
5.2. Séquences d'utilisation.....	89
5.3 Des projets de recherche.....	92
6. Conclusion.....	94
7. Bibliographie.....	95

. 1. INTRODUCTION

Le chapitre 1 nous a permis de montrer que le pilotage distant d'instruments réels pouvait être réalisé par une architecture internet répartie. Nous avons par ailleurs montré que l'un des avantages fondamentaux d'une infrastructure répartie est la spécialisation des briques logicielles : chacune a un rôle à jouer et ne doit (devrait) pas intervenir pour d'autres actions. C'est bien l'assemblage des différentes briques de services qui fournit la solution applicative permettant le pilotage distant.

Si nous nous arrêtons à ce constat, nous avons certes fourni une solution technique à un problème pratique mais nous nous sommes « contents » d'empiler des solutions existantes et de nombreux problèmes ne sont ni adressés ni a fortiori résolus. Parmi ces questions ouvertes, citons principalement les questions suivantes :

- gestion de la collaboration active au sein du groupe de travail,
- généricité de la solution en fonction de la multitude potentielle des instruments à piloter,
- généricité de la solution pour d'autres applicatifs que le pilotage distant (architectures orientées services)
- sécurité/sécurisation de ce type de solution.

L'objet de ce chapitre est de contribuer aux efforts de recherche de la communauté sur les points précédents et de proposer des solutions aussi générales que possible à ces questions.

. 2. COLLABORATION ACTIVE

2.1 Quels objectifs ?

L'un des intérêts majeurs du pilotage distant d'instruments est d'autoriser la manipulation à plusieurs du même dispositif au même moment. Ceci a clairement un grand nombre d'avantages :

- dans un contexte industriel : co-construction en temps réel,
- dans un contexte de formation : démonstration à plusieurs élèves, interaction entre élèves,
- ...
- et quel que soit le contexte partage du même dispositif en temps masqué (sans que les autres utilisateurs s'en rendent compte).

Pour illustrer le premier point, imaginez que le dispositif piloté soit une machine à commande numérique qui tisse du textile et que différents designers puissent *ensemble* piloter cette machine afin de concevoir en temps réel un nouveau modèle. Les temps de conception s'en trouvent raccourcis au temps minimal de conception lui-même. Les délais induits par le déplacement de personnes pas toutes présents physiquement au même endroit sont éliminés sans toutefois perdre l'avantage de la mise en production réelle du modèle envisagé. Ainsi, ceci permet apparemment de garder le meilleur en supprimant les temps de déplacement.

Clairement cela suppose cependant que les différentes personnes d'un groupe ont conscience de ce que font les autres membres du groupe. Cela nous amène à des questions quasi philosophiques :

- qu'est ce qu'un groupe d'individus ?
- Comment développer la conscience d'autrui ?
- Comment gérer le partage des informations et du temps entre les différents acteurs?

Après avoir tenté de fournir une réponse, forcément imparfaite, à ces questions, nous verrons comment traduire ces paradigmes dans une architecture internet distribuée. Le cas d'application choisi est évidemment le pilotage d'instrument distant.

. 2.2 Des questions philosophiques

Pour adresser la question de la collaboration entre individus d'un groupe, il est incontournable de définir auparavant la notion de groupe. Il nous semble qu'une définition recevable dans notre contexte est la suivante :

« *Un groupe est constitué d'individus oeuvrant ensemble à la réalisation d'un objectif commun.* » ([Hrastinski2006, Abdel-Wahab1996, Holliman2006, Dewan1993, Jr2005])

Cette définition induit le fait que la notion de groupe est directement liée à la notion d'objectif commun. Notons par ailleurs qu'elle ne nécessite ni d'unité de lieu ni d'unité de temps. Par suite, le groupe pourra être dispersé géographiquement et compter des membres actifs et des membres passifs à un instant donné.

Replaçons cette définition dans le contexte du pilotage distant d'appareils de haute technologie. Un groupe sera donc formé de personnes travaillant sur le même dispositif et tentant de produire ensemble un résultat. Des personnes travaillant sur des dispositifs différents constituent des groupes différents. La limite entre les deux situations se situe dans le cas de binômes d'étudiants travaillant sur le même dispositif de manière concurrentielle (pas forcément de manière collaborative) mais pour produire des mesures similaires (typiquement pour répondre au même énoncé). Il ne s'agit pas alors à proprement parler d'un groupe collaboratif mais nous étendrons la notion à ce cas car ce type de situation bénéficie de manière indirecte de la collaboration entre individus (entraide, etc...) même si celle-ci n'est pas toujours complètement souhaitée ...

Dans le cas d'un groupe collaboratif en présentiel, la conscience d'autrui est quasi automatique et ne dépend probablement que de la volonté de chacun de tenir compte des actions des autres. Il en va évidemment tout autrement si les unités de lieu et de temps ne sont plus imposées par la notion de groupe. En effet, comment diffuser les informations et actions produites ou réalisées par chaque acteur aux autres membres du groupe ? Le premier obstacle à franchir et le plus trivial est de garantir la diffusion des informations et des actions aux différents membres du groupe. Cette étape là nécessite d'ores et déjà deux types de vecteurs de communication (synchrones et asynchrones) afin de toucher les membres actifs (de manière synchrone) et les membres inactifs à l'instant donné (de manière asynchrone). Cependant, cette assurance de diffusion de l'information ne suffit pas à construire la conscience d'autrui. En effet, il ne suffit pas de connaître les actions réalisées au sein du groupe pour pouvoir se construire une représentation des autres membres. Pour cela, il est au minimum nécessaire de connaître qui a produit telle action et dans quel contexte celle ci a été faite.

Ainsi, dans notre cas d'usage, il nous faudra sans doute mettre en oeuvre des techniques permettant :

- de diffuser l'information et les actions à tous les membres du groupe (connectés et non connectés)
- de visualiser qui a produit telle ou telle action,
- de reconstruire le contexte dans lequel cette action a été réalisée,
- de rejouer les actions précédentes pour un utilisateur rejoignant le groupe.

Le système devra par ailleurs être souple pour permettre de gérer aussi bien le cas où tous les membres du groupe veulent collaborer activement (cas où chacun joue un rôle particulier, où chacun doit avoir la conscience des autres acteurs) et le cas où certains utilisateurs jouent le même rôle (spectateurs par exemple dans le cas d'une session de formation/démonstration) et où ces personnes peuvent être confondues dans le même rôle social (le « public »). Cette

souplesse est importante afin de ne pas « noyer » les utilisateurs actifs sous un flot d'informations n'apportant aucune valeur ajoutée. La construction de la conscience d'autrui passe aussi par la diffusion des informations pertinentes et de la non diffusion des informations superflues. Bien évidemment, le curseur est probablement très délicat à fixer entre les deux situations. Un utilisateur particulier devra sans doute être chargé de cette action, de la même façon que, en présentiel, l'animateur du groupe arbitre les échanges et recadre les débats afin d'assurer la meilleure productivité.

Enfin, la dernière question « philosophique » induite par le paradigme de collaboration distante est le mode de gestion de partage du temps. Les problèmes sont nombreux. En effet, au sein d'un groupe présentiel, chaque acteur peut s'il le souhaite se manifester pour participer au débat, au prix de devoir parfois couper la parole à des membres par trop monopolisateurs. La transposition à distance de ce schéma est plus délicate, car sur le réseau informatique chacun peut continuer la tâche qu'il a entreprise sans tenir compte des autres s'il le souhaite. La notion de programme multitâche illustre tout à fait cela : un programme multitâche ne correspond en pratique qu'au partage du temps, forcément séquentiel entre les différents processus. Différentes méthodes de partage du temps sont prévues afin que chaque tâche puisse avancer de manière concurrente (méthode du tourniquet en particulier où chacune réalise une action puis laisse la main à la suivante). Toutes ces méthodes reposent sur l'ordonnanceur des tâches qui veille et partage le temps du processeur entre les différents participants. Dans le cas d'un environnement non préemptif, si une tâche décide de garder le contrôle du processeur alors les autres devront patienter jusqu'à ce que la tâche monopolisatrice ait fini son travail. Nous adressons ainsi le problème du « Computer Supported Collaborative Work (CSCW) » appliqué au groupe d'apprenants [Schnepf1994]. Pour que notre groupe distant soit réellement collaboratif (et synchrone), il faut donc mettre en place un ordonnanceur pour garantir le partage du temps et donc l'accès à l'instrument (pour notre cas d'usage). Ceci n'est cependant pas suffisant. En effet, ce n'est pas parce que chacun aura voix au chapitre que le groupe sera collaboratif. La notion d'objectif commun au groupe induit aussi qu'un acteur ne vienne pas « détruire » les résultats des actions précédemment réalisées par les autres membres du groupe. Clairement, la notion de conscience d'autrui a un rôle à jouer. Ceci est aussi le cas pour gérer le cas de déconnexion impromptue d'utilisateurs actifs (les autres acteurs doivent être prévenus et endosser le rôle du membre défaillant ...). Mais nous devons aussi prévoir des moyens de circonvenir les comportements du type « scrollwar » (un utilisateur pousse un ascenseur dans un sens et l'utilisateur suivant dans le sens inverse et ainsi de suite jusqu'à aboutir à un inter-blocage du système (comme dans le cas des tâches en exclusion mutuelle). Encore une fois, un composant (humain ou logiciel) devra soit jouer le rôle d'arbitre entre les différentes actions (c'est à dire définir *a posteriori* quelles sont les actions valides ou invalides) soit jouer le rôle du législateur (c'est à définir cela *a priori*). Au mieux, le système devra éventuellement intégrer des dispositifs de type systèmes experts, intelligence artificielle, etc... afin de mettre en place les mécanismes de la jurisprudence.

Nous le voyons, la transposition du groupe d'acteurs dans la sphère du travail collaboratif distant induit la gestion de nombreux aspects pour assurer la meilleure productivité possible. Il nous reste à présent à proposer des solutions techniques à ces problématiques, en gardant à l'esprit l'objectif de généralité de la plateforme. De ce point de vue, les solutions proposées devront donc être applicable dans le plus grand nombre de cas d'utilisation. Dans le domaine de la recherche en architecture distribuée, le problème principal est probablement de positionner la brique logicielle rendant le service voulu au bon endroit (côté client, côté serveur frontal, serveur applicatif, serveur de données, etc...). Du bon positionnement de

chaque service découle la simplicité de la solution proposée et par conséquent sa facilité de mise en oeuvre et de maintenance. Nous nous attacherons donc à argumenter les choix retenus vis à vis de ce critère.

2.3 Des réponses techniques à des questions philosophiques : le problème de la conscience d'autrui

Il nous apparaît relativement évident que ce problème est ardu. En effet, ce type de comportement est déjà difficile à atteindre en situation traditionnelle (tout le monde doit avoir des exemples de binômes étudiants ayant pour le moins une faible conscience et compréhension de leurs actions respectives). L'idée de concrétiser (et non pas simuler) ce concept dans le cadre d'activités se déroulant en des lieux différents est donc un challenge intéressant. Il est probablement illusoire de croire qu'une solution unique existe et permettra de rendre de manière parfaite cette conscience des actions respectives des utilisateurs. Nous avons donc préféré proposer une solution globale qui intègre de nombreuses idées différentes. Le principe de l'approche retenue est de faciliter l'immersion de l'utilisateur dans son environnement distant en multipliant les signaux/stimuli. La solution technique, esquissée ci après (pour des présentations techniques le lecteur se reportera aux références bibliographiques) doit donc être ouverte afin de pouvoir intégrer de nouveaux stimuli sans avoir à modifier la structure existante.

Globalement parmi les 5 sens humains (odorat, vue, toucher, ouïe, goût), il nous semble que trois sont exploitables à ce jour dans un environnement informatique distribué :

- principalement la vue : jeu de couleurs, messages visuels, etc...
- secondairement l'ouïe : émissions de sons « symptomatiques » d'actions,
- et accessoirement le toucher : concept de « retour de force » actuellement en fort développement dans le domaine du jeu vidéo, ou encore l'appui de bouton directement via un écran tactile.

Concrètement, nous proposons d'intégrer les stimuli suivant pour faciliter la conscience des actions d'autrui :

- basiquement, la mise en oeuvre d'un système de messagerie instantanée associée à des indicateurs de présence (protocole XMPP utilisé en particulier par l'implémentation opensource Jabber);
- affectation d'une couleur par participant afin de pouvoir identifier très facilement quels sont les messages et actions provenant de tel ou tel utilisateur;
- l'intégration au système d'un canal de voix sur IP permettant d'intégrer le son (y compris « ambient » des sites distants);
- l'émission de sons « symptomatiques » d'actions (arrivée/départ de participants par exemple)
- la voix sur IP pour discuter entre utilisateurs,
- d'autres pistes sont à l'étude telles que la résistance physique de la souris lorsque l'on manipule un ascenseur ou un bouton rotatif... Le développement futur d'internet permettra sans doute d'intégrer d'autres stimuli basé sur le goût et l'olfactif.

Le premier point est sans aucun doute le plus important pour nous. Détaillons le. Nous avons dit au paragraphe précédent, en citant le cas d'utilisation du pilotage distant d'instrument qu'il est important de pouvoir identifier quels sont les émetteurs des différentes actions pour pouvoir se construire une image mentale des autres participants collaborant de manière distante. La représentation des utilisateurs comme des agents actifs du système est une voie intéressante [Leinonen2002]. Le système que nous proposons attribue une couleur à chaque

participant. Pour illustrer nous pouvons prendre le parallèle du célèbre jeu du Cluedo, le premier arrivant sur le système distribué devient « le colonel moutarde », le second, le « professeur violet », le troisième « M^{elle} rose », etc... Chacun se voit donc affecter une couleur.

Par la suite, toutes les actions réalisées par un participant seront « codées » par cette couleur. Imaginons que le groupe collabore autour d'un oscilloscope distant. Chaque participant a donc une interface distante représentant, pour faire simple une courbe avec quelques boutons de contrôle. Si, notre colonel « Moutarde » appuie sur un bouton de l'appareil, le message sera véhiculé jusqu'au serveur d'application (comme décrit au chapitre 1) qui renverra à chaque participant un message informant de l'appui sur ce bouton par le colonel moutarde au moyen d'une brève surimpression en jaune du bouton. Evidemment, il en est de même pour les autres participants (surimpression violette pour le professeur violet, etc...).

Ainsi, de manière très simple, les différents acteurs « voient » les autres participants manipuler l'objet commun. Il en est de même pour les autres messages plus habituels tel que les messages texte qui seront véhiculés dans une police de couleur appropriée.

Notre analogie avec le jeu du Cluedo va bien au delà de la colorisation des actions réalisées. En effet, chaque acteur a un rôle qui peut être particulier, dans le cas d'une équipe projet par exemple. Pour rester dans le monde éducatif, un certain nombre de rôles évidents sont :

- le professeur (violet)
- le technicien ou l'assistant (disons le colonel moutarde)
- un (ou plusieurs) étudiant « moteur » (disons M^{elle} Rose)
- l'ensemble des étudiants « passifs » (disons les « révérends olive »)

Dans ce type de situation, le code couleur permet non seulement à chaque participant d'avoir une conscience de l'action de l'autre mais aussi d'accorder de manière inconsciente un poids différents en fonction de la typologie des acteurs. L'affectation d'un type à chaque participant peut être réalisé de manière statique au moment du démarrage de l'action de groupe (via demande à l'utilisateur ou via lecture d'une propriété de la fiche de l'individu stockées dans l'annuaire), mais encore et cela est sans doute plus intéressant à terme, découverte au fur et à mesure de la collaboration. Reprenons l'exemple précédent. Notre étudiant moteur n'est pas forcément connu à priori et arrive donc « noyé » dans le lot commun des autres étudiants. Cependant, son nombre d'actions, la fréquences de ces actions, etc.. permettra de rapidement l'identifier (le composant java EJB statefull permet d'identifier de manière unique l'utilisateur à la source d'un stimulus). Ainsi, au bout d'un certain temps, cet individu deviendra « M^{elle} Rose » pour être « reconnu » comme un acteur majeur du groupe collaboratif. Il pourra éventuellement être déchu de cette distinction au cours d'une autre séquence. Cet exemple peut évidemment être complexifié autant que nécessaire. Il aboutit à des notions ayant trait à la recherche fondamentale tant comportementale qu'informatique (définition de typologie d'utilisateurs en fonction de leurs actions dans un environnement informatique, recherche en datamining et modélisation d'utilisateurs [Zongkai2007, Shi2006, Terpstra2003; Weber 1997]).

Positionnement de la brique de gestion de la collaboration

Le second point à considérer est la traduction en terme d'architecture informatique de tout cela en particulier dans notre cas d'informatique distribuée. Comme indiqué à la fin du chapitre 1, la simplicité et donc la facilité de maintenance et d'extension de la plateforme dépendent essentiellement du bon positionnement de la brique applicative. La question posée est donc : « A quel niveau de notre architecture la brique « collaboration active » doit elle prendre place ? ». Les solutions possibles sont les suivantes :

- au sein de chaque application cliente connectée au système (construisant ainsi un réseau d'agent pair à pair)

- au sein d'un client particulier (de type super utilisateur) et en particulier au sein du client contrôlant physiquement la ressource matérielle,
- au sein du serveur d'application (rôle central).

Clairement, l'avantage de la première solution est le couplage faible entre les utilisateurs, phénomène bien connu des réseaux d'échanges de fichiers sur internet ([Rousset2004]). En effet, ce n'est pas parce qu'un client a un problème (connectivité réseau par exemple) que l'ensemble du système se bloque. Simplement, le client en question n'apparaît plus comme étant collaboratif, ou du moins ses actions deviennent anonymes. Par ailleurs, ce couplage faible entre clients induit l'absence de blocage en attente de réponse d'un autre utilisateur, ou même en attente de la réponse de la ressource physique. L'inconvénient de cette solution est sa complexité. En effet, nous sommes alors en présence de « client lourd » de collaboration dans la mesure où chaque client doit maintenir à jour ses informations de collaborant (listes de participants, accusé de réception des actions, ...). Le simple passage du bâton de parole devient relativement complexe (gestion de conflit entre deux utilisateurs par exemple). Les problèmes sont issus en fait de l'absence d'un législateur qui assurerait le bon fonctionnement de l'ensemble. Nous ne retenons donc pas cette première hypothèse.

La nécessité d'un législateur est prise en compte par les deux hypothèses suivantes (gestion de la collaboration au sein d'un super client ou au sein du serveur d'application). Considérons le premier cas (« super client »). S'agissant de gérer l'accès collaboratif à la ressource physique, il paraît relativement évident que cela doit être la ressource elle-même (ou un applicatif lié à la ressource) qui partage le temps d'accès et qui informe l'ensemble des participants de différentes actions. Autrement dit, la gestion de la collaboration active serait réalisée au plus proche de l'objet même de la collaboration. Cependant, cette solution présente de nombreux inconvénients :

- la robustesse du système n'est pas garantie. L'ensemble de la gestion de la collaboration repose sur un client particulier. Si ce client est en difficulté (temps de réponse lent, voir absence de réponse), tous les clients pâtissent de la situation. Notons toutefois que cet inconvénient n'est pas majeur puisque si ce super client proche de la ressource physique est injoignable, la ressource elle-même est probablement injoignable. L'objet donc de la collaboration n'a plus lieu d'être.
- L'aspect transactionnel des différentes actions ne peut pas être géré facilement sauf à inclure dans ce client un moteur de transaction ce qui paraît extrêmement lourd et supprime l'aspect générique de clients (celui-ci devenant très différent, voire d'une toute autre nature que les clients « normaux »). L'une des situations ne pouvant pas être traitée facilement dans cette hypothèse est la suivante : un client invoque une fonctionnalité faisant passer la ressource d'un état à un autre. La brique collaborative informe les autres participants de cette action. Malheureusement, la ressource n'est pas capable de fournir une réponse à cette demande. Il faut alors revenir à la situation précédente et informer tous les clients de ne pas faire le changement d'état. Évidemment, ceci est gérable « à la main » mais cela revient à programmer un moteur de transaction alors que cette brique est fournie clef en main par ailleurs.

Ainsi, la seule solution viable à ce jour semble être de gérer notre collaboration active comme un service au sein du serveur d'application. Cela permet alors à la fois de mettre en œuvre ce rôle de législateur, de bénéficier des services liés au serveur d'application (moteur de transaction, haute disponibilité via éventuellement un cluster de serveurs d'applications, gestion centralisée des messages autorisant une journalisation aisée). L'inconvénient est toujours l'aspect centralisé qui induit des problèmes si le nœud central ne fonctionne pas. Ce désavantage est pris en charge à deux niveaux :

- par la gestion de l'aspect collaboratif sous forme de service supplémentaire (l'accès à la ressource peut continuer même si la brique de gestion de collaboration est

momentanément indisponible)

- par la mise en place de cluster d'applications fournissant le même service. Ainsi, si un serveur est en défaut, les autres prendront le relais de manière transparente pour les clients.

Le choix d'architecture réalisé est donc le suivant (synthétisé dans la figure suivante) :

- un service au sein du serveur d'application chargé de légiférer la collaboration entre les participants. Ce service est implémenté sous la forme d'un composant Java coté serveur (EJB) manipulant des messages via un middleware asynchrone (JMS) afin d'éviter les blocages en cas d'absence de réponse. Ce service reste cependant indépendant du service de manipulation de l'instrument (même s'il utilise la même infrastructure de transport de messages JMS)
- des clients légers, ou plutôt des agents de collaboration au sein de chaque client (pour les clients manipulant la ressource physique, le client connecté directement à l'instrument n'a besoin en théorie de ce service)

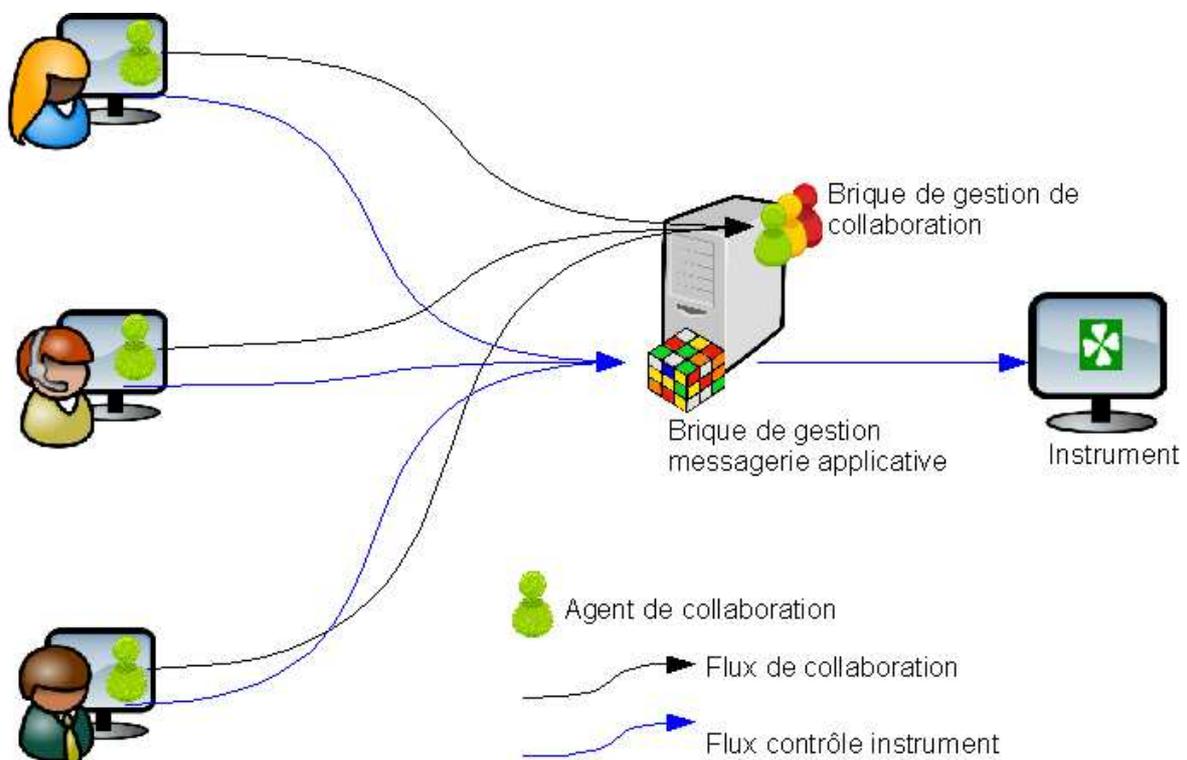


Figure 1 : Schéma de principe de la gestion de la collaboration

Pour implémenter les agents de collaboration nous utilisons les techniques liées à la programmation multi agent ([Chaib-draa2001, Bouslimi2006, Belissard1999, Rykowski2004, Louis2005, Sabouret2003]). Quatre niveaux sont à prendre en compte :

- le niveau communication (protocoles)
- le niveau syntaxique (langages, performatifs)
- le niveau connaissance (ontologie)
- le niveau transport (réseau).

Nous nous intéressons ici principalement aux niveaux communication, syntaxique et connaissance qui présentent un caractère particulier par rapport à l'application poursuivie, le

transport étant assuré par ailleurs sans problème.

La communication est gérée par notre middleware synchrone sous forme de messages interapplicatifs JMS.

Sur l'aspect syntaxique, nous nous attachons à définir un lot de performatifs capables de répondre à l'ensemble de nos besoins. Les performatifs sont classés généralement en 5 catégories :

- Exercitifs (actions, délégations...)
- Assertifs (état, valeurs...)
- Promissifs (engagements)
- Expressifs (croyances, savoir-faire)
- Interrogatifs (demandes d'état, valeurs...)

Le tableau suivant donne le vocabulaire de performatifs utilisé par nos agents de collaboration.

<i>Type</i>	<i>Performatifs</i>
Exercitifs	EXE suivi d'un identifiant de l'action
Assertifs	ASS suivi de l'identifiant de la variable, de son type, du nombre de valeurs, et finalement des valeurs
Promissifs	PRO suivi de l'identifiant de l'engagement
Expressifs	Sans objet actuellement
Interrogatifs	ASK suivi de l'identifiant de la valeur requise.

Hormis cette typologie, certains performatifs en particulier promissifs sont assortis d'un état : les réponses positives (OK) et les réponses négatives (NOT OK ou NOK).

Pour illustrer sur un exemple simple de gestion de la collaboration, les performatifs liés au passage d'un bâton de parole exclusif (un seul agent actif à un instant donné) sont :

- ASK EXCLUSIVE_HAND (demande de la main)
- PRO EXCLUSIVE_HAND OK user (engagement de donner la main au client user une fois la séquence d'actions en cours terminée)
- PRO EXCLUSIVE_HAND NOT OK user (refus de donner la main au client user)
- EXE EXCLUSIVE_HAND user (action de donner la main à l'utilisateur user)
- ASS EXCLUSIVE_HAND user (informe que l'agent user possède la main)
- ASK HANDLER (demande qui possède le bâton de parole à l'instant donné).

Le second niveau d'intérêt concerne la modélisation des connaissances. Dans notre cas, il s'agit de produire des ontologies décrivant les différents modes de collaboration entre les agents. Cette ontologie est gérée par le service de collaboration au sein du serveur d'application. Les agents ne possèdent que le vocabulaire, et les règles de législation sont maintenues coté serveur. Ceci permet de modifier la législation à n'importe quel moment sans avoir à modifier ou relancer les agents.

Les ontologies sont écrites conformément au format OWL [Barros2002] ou d'un de ses dérivés plus spécifiques à l'écriture de règles tel que SWRL ([Milan2006, Golbreich2004, Golbreich2004a]). L'utilisation d'un tel langage permet alors d'écrire des règles de comportement atomiques et de générer un ensemble de règles à l'aide d'un moteur d'inférence. Globalement, nos règles décrivent les différents modes de collaboration possibles, par exemple :

- Collaboration « conservatrice » : un utilisateur possède la main, et la garde tant qu'il le souhaite.
- Collaboration ouverte : un utilisateur donne la main à chaque fois qu'un utilisateur le demande.
- Collaboration par contrat : un utilisateur prend la main pour un bail de 10 séquences d'actions et la donnera par gestion de file d'attente à l'utilisateur suivant une fois ces séquences terminées.
- Collaboration supervisée : collaboration par contrat à laquelle on ajoute la possibilité aux agents de type « maître » de prendre la main à n'importe quel moment.

Le service de collaboration charge l'ontologie de gestion de collaboration active au démarrage de la session de manipulation de la ressource et légifère entre les agents au moyens des règles de grammaire de cette ontologie. L'administrateur de la session peut changer d'ontologie au moyen d'un service fournie par le serveur d'application.

L'ontologie active est composée de différents sous ensemble logiques dont le schéma ci dessous donne la vue d'ensemble.

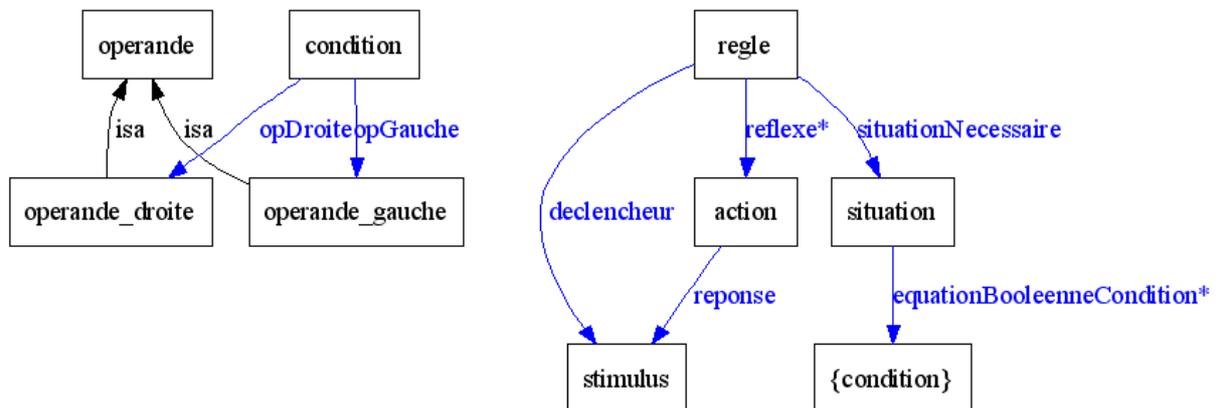


Figure 2 : Différentes parties de l'ontologie de collaboration active

Ce schéma indique que les règles de législation sont déclenchées par des stimuli et qu'elles provoquent une action réflexe dans une certaine situation. La situation est caractérisée par un ensemble de conditions, elles mêmes composées d'opérandes et d'opérateur. Par ailleurs la réaction est elle même un stimulus puisque nous sommes dans un contexte de collaboration active et que toutes les actions sont vues par les autres participants comme une intervention dans le schéma de collaboration.

Le schéma de principe de fonctionnement est le suivant :

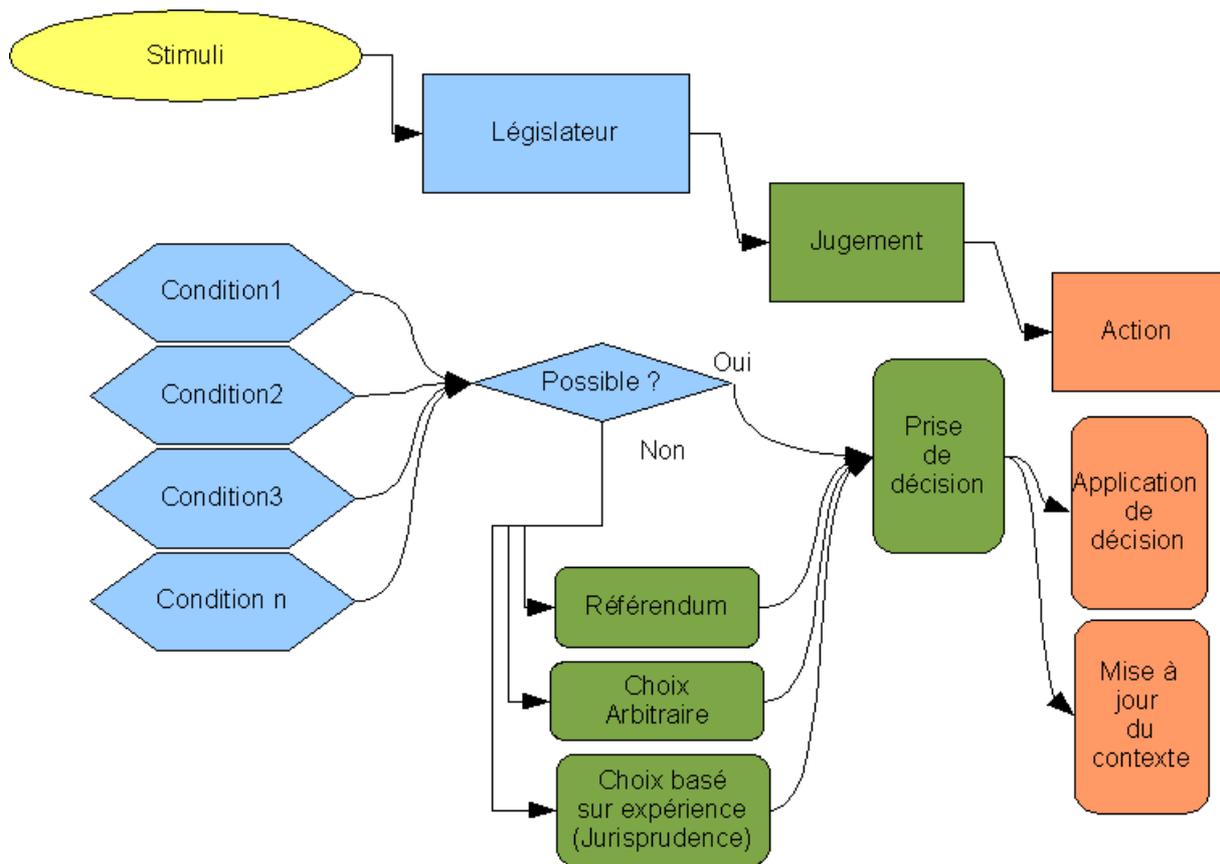


Figure 3 : Principe de la législation

Un stimulus est déclenché par l'utilisateur tel que par exemple la demande du bâton de parole. Ce stimulus est examiné par le législateur conformément aux règles de décisions dont il dispose et de conditions associées à ces règles. S'il le peut (au moins une règle peut s'appliquer dans cette situation caractérisée par l'ensemble de conditions, et si plusieurs règles peuvent s'appliquer, celles-ci ne sont pas en conflit), il prend alors une décision. Cette décision est suivie d'effet (transmission du bâton de parole) et de la mise à jour du contexte (remise à zéro de la durée du temps d'activité de l'utilisateur par exemple, informations des différents participants du nouvel utilisateur actif, etc...). L'exécution de la décision correspond elle aussi à un nouveau stimulus ...

Dans le cas où il est impossible de prendre une décision (pas de règle applicable, conflit de règles; par exemple je suis enseignant et je demande la main mais un élève demande la main depuis plus de N fois), l'ontologie prévoit différentes solutions :

- le référendum, c'est à dire le fait de demander aux participants leur avis sur la position à prendre par rapport au stimulus (par exemple : « Autorise t'on M^{elle} Rose à prendre la main ? »),
- le choix arbitraire (tirage aléatoire de l'acceptation ou du refus)
- le choix basé sur la jurisprudence (si elle existe) : recherche dans une base de données de l'action menée en réponse à un stimulus équivalent (par exemple, la demande du bâton de parole par un révérend olive -étudiant passif-).

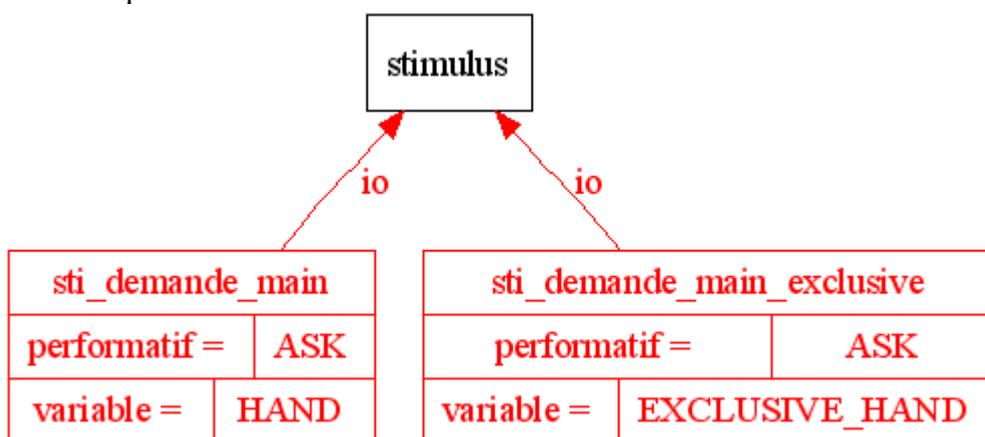
Pour implémenter tout ceci en informatique distribuée, nous avons besoin de la formalisation en langage OWL [Horrocks2003] de ces différents points.

L'ontologie d'un stimulus pourra être décrite de la façon suivante :

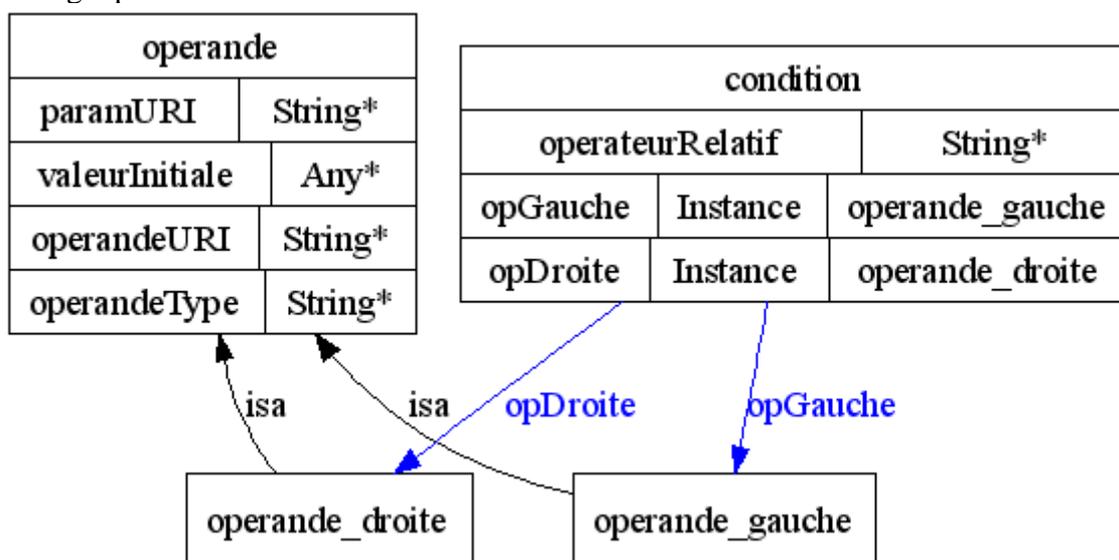
stimulus	
performatif	String*
variable	String*
valeur	Any*

ce qui signifie qu'un stimulus est composé d'un performatif (pouvant prendre 4 valeurs suivant son type :EXE, PRO, ASK, ASS), d'une variable (HAND, EXCLUSIVE_HAND par exemple) et éventuellement d'une valeur associée à cette variable (par exemple le temps au bout duquel je donnerai la main).

Ainsi, le schéma suivant définit deux individus de cette ontologie. L'individu de gauche correspond à la requête par un utilisateur du bâton de parole de manière non exclusive, celui de droite à une requête exclusive.



Pour pouvoir traiter ce stimulus, le législateur va devoir appliquer des règles en s'aidant de conditions. Il convient tout d'abord de décrire les conditions et pour cela les opérands. L'ontologie pour cela est la suivante :



Cette ontologie permet en particulier de décrire les opérandes par leur type (numérique, rôle utilisateur ou chaîne de caractères), la valeur initiale du paramètre (avant application du performatif) et les URI (Uniform Resource Identifier) permettant d'aller modifier la valeur du paramètre (ou simplement d'obtenir sa valeur courante (opérande URI) ou d'aller récupérer les valeurs de paramètre dont aurait besoin l'opérande pour pouvoir s'évaluer (paramURI). Par exemple, une opérande du type numérique représentant le temps depuis lequel un utilisateur possède le bâton de parole aura une opérande URI pointant sur la valeur de temps actif et une paramURI pointant sur la chaîne de caractères contenant le nom de l'utilisateur actif. Cette description est induite par les réponses à la question « quels sont les opérandes nécessaires à la description d'une situation de collaboration ? » :

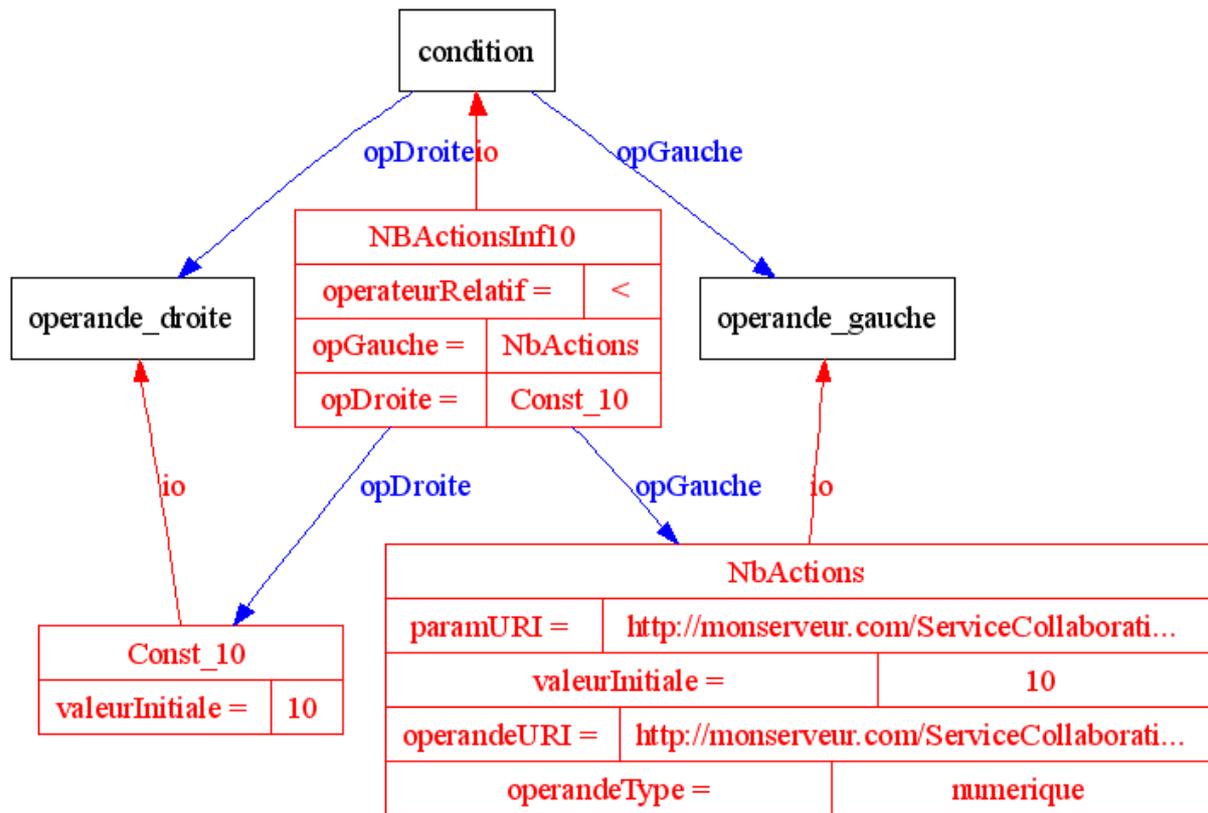
- le nombre d'actions réalisées par un utilisateur,
- le temps total passé,
- le temps cumulé d'activité par utilisateur
- le temps de présence d'un utilisateur
- le temps d'activité courant de l'utilisateur (ie depuis qu'il possède le bâton de parole),
- le rôle joué par l'utilisateur,
- l'identité du prochain utilisateur actif.

Nous avons donc des opérandes soit numériques (temps), soit du type rôle, soit des chaînes de caractères. Les valeurs des opérandes devront pouvoir être lues et écrites soit par le moteur de législation soit par d'autres services du serveur d'application (services de publication de messages par exemple). Par exemple, le nombre d'actions réalisée par un utilisateur sera incrémenté à chaque clic sur l'interface homme machine (par le service de publication de message), et remis à zéro lors du changement de propriétaire du bâton de parole (service de collaboration). Il est donc essentiel de pouvoir accéder à ces opérandes de manière externe au service de collaboration, d'où le principe des URI pour accéder et modifier les valeurs des opérandes. Cette approche nous permet de garantir une indépendance de fonctionnement entre la plateforme de travail (pilotage) et la plateforme de gestion collaborative.

Une condition correspond à l'évaluation du rapport entre deux opérandes (et uniquement à ce cas là). Par opposition, nous verrons plus loin qu'une situation de collaboration sera décrite par un ensemble de condition. Pour représenter une condition, nous avons donc simplement besoin de deux opérandes (droite et gauche) et d'un opérateur relationnel (inférieur, supérieur, égal, différent).

Il nous faudra par ailleurs des méthodes de comparaison entre deux valeurs d'opérandes (immédiate dans le cas de valeurs numériques ou textuelles) mais non triviales pour les rôles par exemple (comment dire qu'un rôle est supérieur à un autre). Ces comparaisons sont donc implémentées différemment en fonction du type . De plus, en fonction de l'opérande, toutes les méthodes ne sont pas forcément porteuses de sens. Par exemple, pour l'opérande représentant le prochain utilisateur actif, seule la méthode de test d'égalité sera proposée.

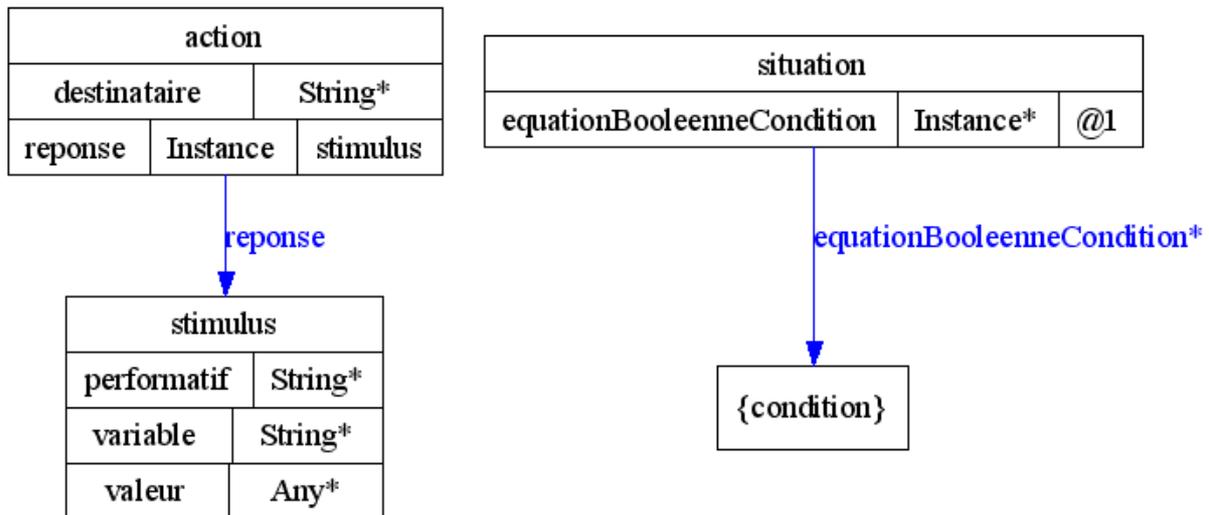
Ainsi, les individus suivants représentent le nombre d'action d'un utilisateur actif, la constante 10 et la condition d' un nombre d'actions inférieur à 10 :



Avec ce vocabulaire, nous sommes alors à même de proposer des règles de législation. L'ontologie proposée pour les règles est la suivante :

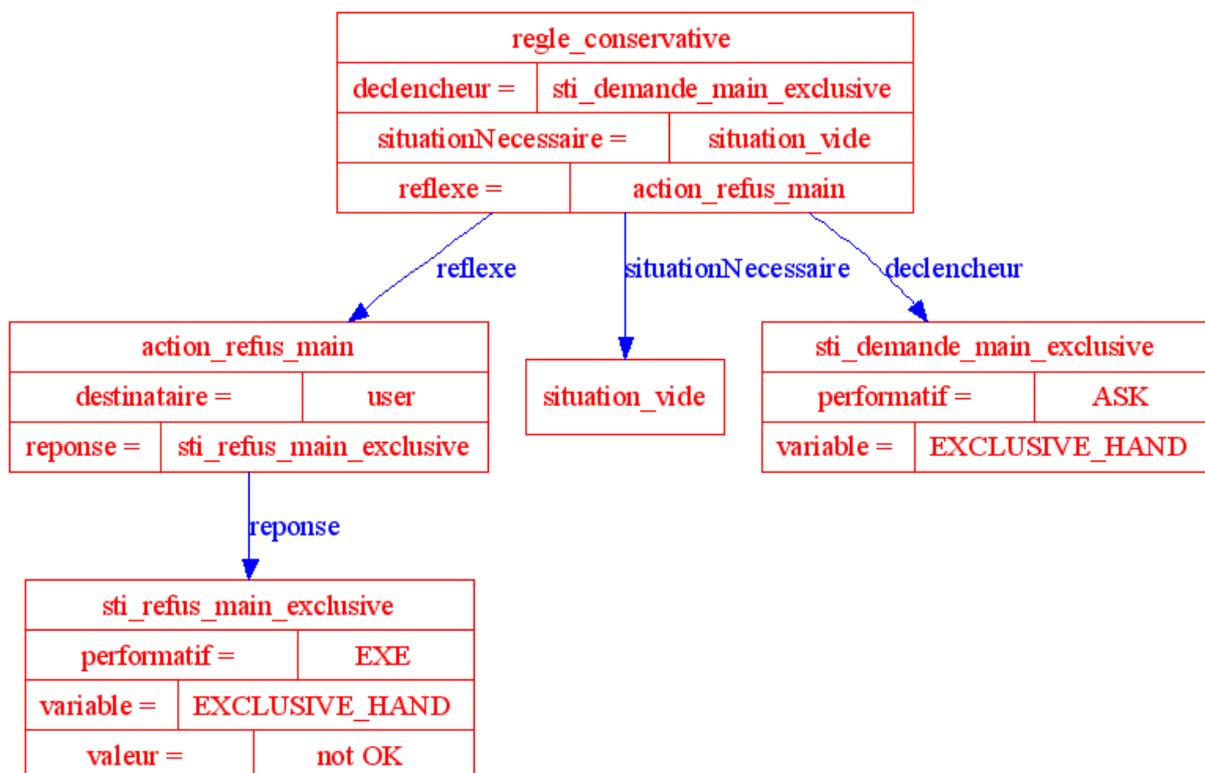
regle		
declencheur	Instance	stimulus
situationNecessaire	Instance	situation
reflexe	Instance*	action

Le déclencheur d'une règle est un stimulus. Cette règle s'applique dans certaines situations décrite par l'ontologie de situations ci dessous et induit alors une action en réponse.

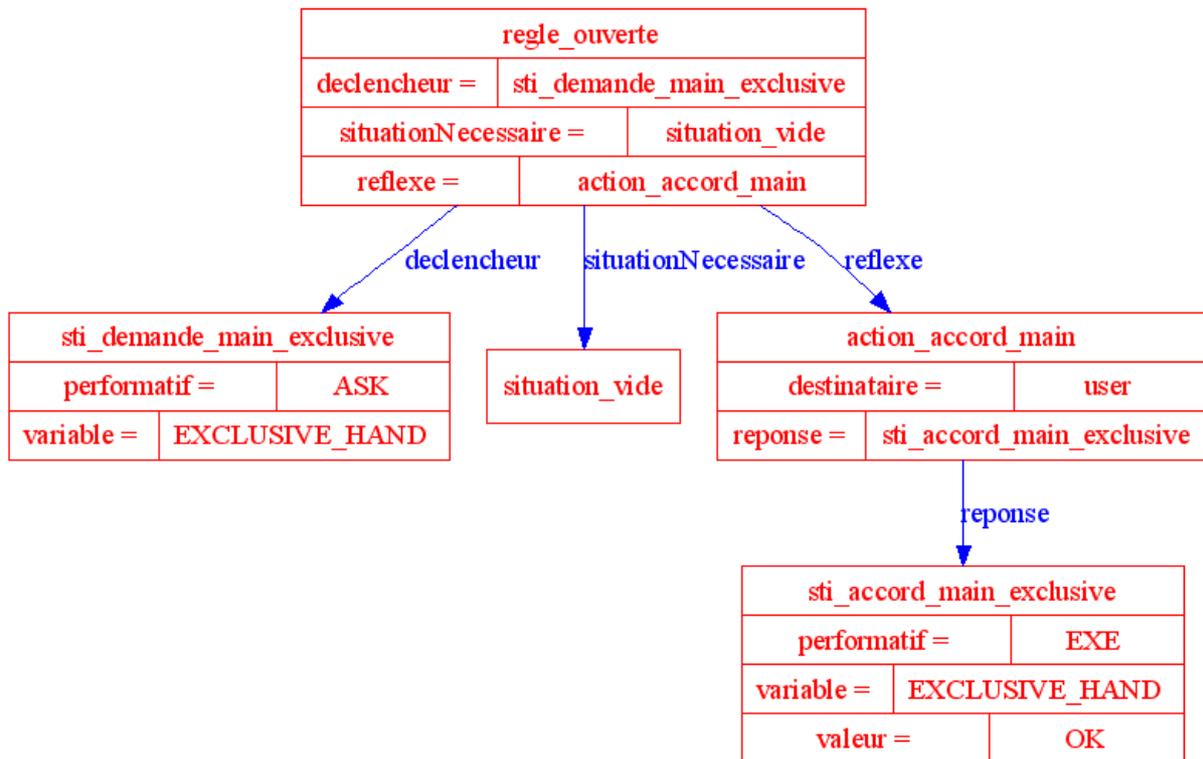


Ainsi une action est un autre stimulus envoyé en réponse à un certain destinataire (par exemple la promesse de fournir le bâton de parole). Une situation est décrite comme un ensemble de conditions et donc sous la forme d'une équation booléenne de conditions (ie des conditions reliées par des opérateurs booléens : et, ou, et exclusif,...)

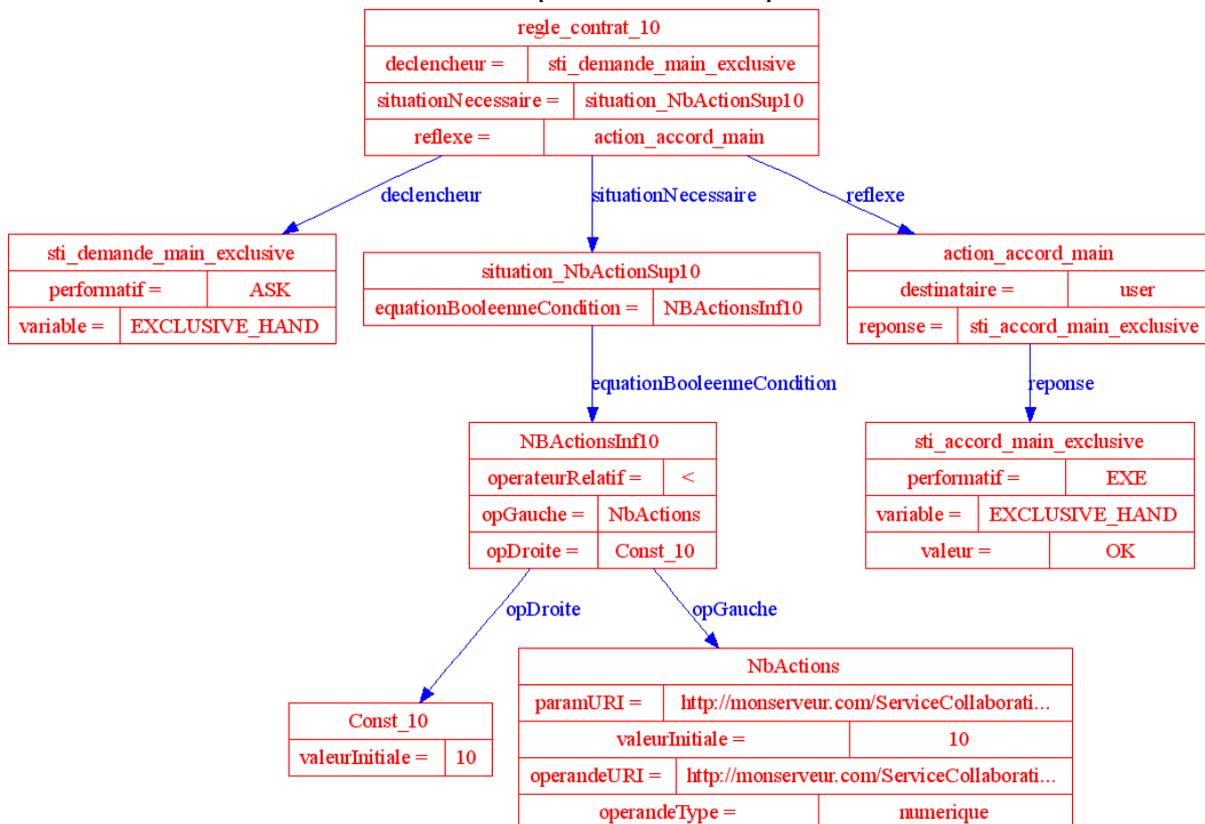
Les individus ci dessous donnent une illustration de l'utilisation de différentes instances d'individus pour une règle de conservation de la main quelle que soit la situation.(Remarque: dans ce schéma, le destinataire user correspond à celui qui a émis le stimulus déclencheur).



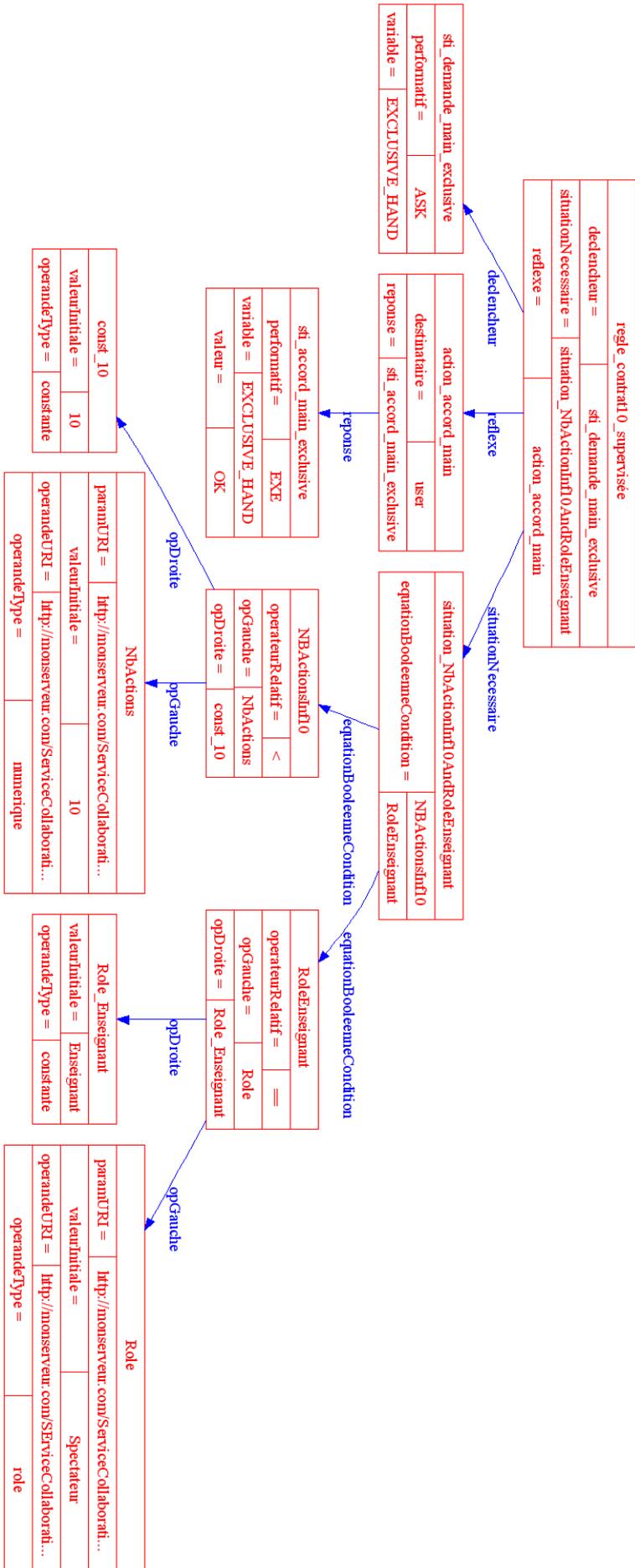
La règle 'conservateur' permet de dire que quelqu'un qui possède le bâton de parole le garde tant qu'il le souhaite. La situation inverse (on donne le bâton dès que quelqu'un le réclame) peut être décrite par la règle :



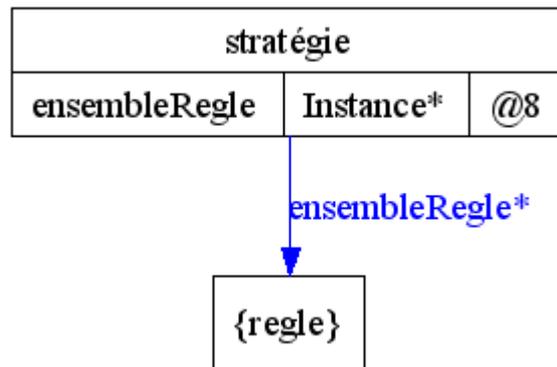
Une collaboration par contrat portant sur le nombre d'actions successives que peut réaliser un utilisateur sans avoir à rendre la bête de parole est décrite par le schéma suivant :



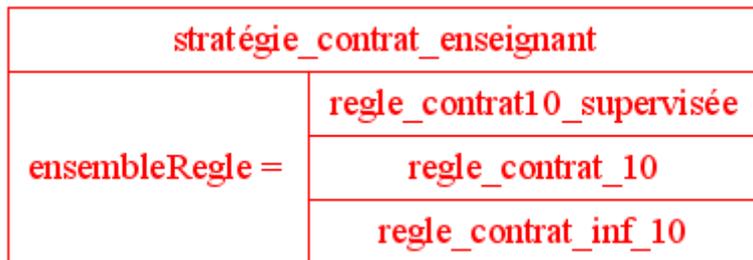
Enfin, la règle permettant de jouer une collaboration par contrat pour l'ensemble des utilisateurs sauf pour les enseignants qui collaborent de manière ouverte est décrite par :



Ainsi, via un ensemble de règles nous pouvons définir une stratégie, ainsi que l'exprime l'ontologie suivante :



Si nous supposons bénéficier des règles décrites précédemment, plus une qui refuse systématiquement la main si le nombre d'actions est inférieur à 10, une stratégie représentant le cas où les utilisateurs peuvent demander la main avec succès, si le nombre d'action de l'utilisateur actif est supérieur à 10 ou s'il possèdent le rôle enseignant, peut être représentée par l'individu de stratégie suivant :



. 2.4 Bilan de l'architecture obtenue pour la gestion de la collaboration

Nous avons proposé une architecture fondée sur un service applicatif asynchrone fonctionnant au sein du serveur d'application et parlementant avec les agents de collaboration nichés au sein de chaque client connecté. Ces échanges sont fondés sur des performatifs tandis que les règles de législation sont définies par des ontologies.

Ce système nous permet d'obtenir un système où :

- la collaboration est réelle (plusieurs utilisateurs peuvent manipuler simultanément le même dispositif réel) et chacun peut voir les actions réalisées par les autres,
- les actions menées par les autres utilisateurs sont identifiées par plusieurs codages (couleurs, sons, ...) afin que chacun puisse se construire une conscience d'autrui;
- les règles de gestion de la collaboration sont décrites de manière générique afin de permettre à la fois l'interopérabilité entre tous les clients et le changement à la volée de type de législation.

. 3 . INTEROPÉRABILITÉ

. 3.1 Pourquoi un besoin d'interopérabilité

Nous avons présenté au chapitre 1 une architecture informatique qui permet d'assurer en particulier le pilotage distant de ressources matérielles de manière collaborative, en temps réel

et sécurisée. Les différentes briques logicielles retenues et mises en oeuvre assure une certaine interopérabilité au sein du système lui-même :

- accès à la ressource quels que soient sa localisation et son système interne dans la mesure où la bibliothèque de fonctions peut être exposée via JNI, via des sockets ou encore via des web services,
- interopérabilité entre les clients distants (quelque soit leur système d'exploitation),
- interopérabilité avec le système d'information local au serveur d'application (réutilisation des tickets d'authentification, logging des messages, ...)

Cependant, il nous faut aller plus loin pour deux raisons importantes :

- d'une part, une situation typique ne met pas simplement en oeuvre une seule ressource physique mais sans doute plusieurs, et celles ci sont pilotées potentiellement par des serveurs d'applications différents résidant en des lieux différents, à terme cela conduit à présenter alors un ensemble d'instruments comme une seule et unique ressource (« mesh-up » d'instruments [Gravier2006j])
- d'autre part, il est souhaitable de disposer d'une transparence de localisation des ressources physiques afin que le système choisisse à un instant donné la plus « efficace » (celle située le plus proche, celle disposant de la plus grande bande passante, ...). Un autre cas est la reprise sur incident de manière transparente pour l'utilisateur. En effet, imaginons que durant le pilotage distant d'une ressource, celle ci devienne indisponible en raison d'un défaut de connectivité réseau. Le client peut alors continuer sur une ressource matérielle équivalente disponible et proposant les mêmes fonctionnalités.

Ces contraintes imposent donc d'avoir une interopérabilité non plus entre nos différentes briques logicielles mais au niveau supérieur entre différents systèmes de pilotage. L'extension immédiate de cette réflexion est l'interopérabilité entre plusieurs systèmes d'informations. A ce titre, l'une des problématiques intéressantes nous paraît être la relation entre des systèmes de gestion d'application (serveurs d'applications J2EE, .Net) et des gestionnaires de contenus (Content Management System CMS) tels que des portails Zope/Plone ou PHP/Mysql.

Ainsi, une telle interopérabilité pourrait par exemple permettre de faire avancer un scénario de séance pédagogique hébergé au sein d'un CMS lors du pilotage distant d'une ressource physique dans le cadre de travaux pratiques étudiant ([ims-ld, Gravier2006k, Leleve2005]). Un autre exemple pourrait être la collaboration entre deux systèmes de pilotage distant différents (l'un développé en PHP/Mysql [Billaud2004, Zimmer2003]) et le notre en J2EE). Enfin, ce type de systèmes pourrait avoir à interagir avec des briques logicielles très différentes (Mainframe de gestion des ressources humaines par exemple)

Nous dégageons donc deux niveaux d'interopérabilité :

- l'interopérabilité de systèmes d'information pour échanges entre des entités de même type (exemple : entre plusieurs instruments)
- l'interopérabilité pour assurer l'échange entre des entités différentes pour apporter une valeur ajoutée (exemple : interopérabilité entre nos briques de pilotage distant et les gestionnaires de contenus pour apporter des scénarii pédagogique en pilotage distant).

Tout ces exemples montrent la nécessité de réfléchir à une interopérabilité maximale non seulement au sein du système lui même mais avec les différents systèmes d'information extérieur. L'une des pistes actuelles les plus prometteuses dans ce cadre est certainement celle des architectures orientées services.

3.2 Présentation des architectures orientées services

Les architectures orientées services sont d'ores et déjà largement utilisées en milieu industriel. L'acronyme SOA, pour Service Oriented Architecture (architecture orientée services), apparaît de plus en plus souvent dans les spécifications des outils de développement : Eclipse

consommateur, le service, et le répertoire de services. Le consommateur correspond à l'application cliente (ou à un autre service), qui fait appel au service pour une tâche précise. Ce consommateur trouvera les informations à propos du client au sein du répertoire de services (enregistrés et triés). Un répertoire peut être privé, c'est-à-dire interne à l'entreprise, ou public.

Le service répond à trois fonctionnalités caractéristiques : il est indépendant, il peut être découvert et appelé de manière dynamique, et il fonctionne seul.

Le répertoire de services a un rôle primordial dans la SOA. C'est lui qui reçoit la requête du consommateur, qui découvrira le service idoine, et qui agira en tant que proxy (intermédiaire) entre consommateur et service. En s'assurant que les fournisseurs de services informent régulièrement les répertoires de leurs nouveautés, le consommateur peut constamment profiter de celles-ci sans pour autant devoir mettre à jour ses méthodes.

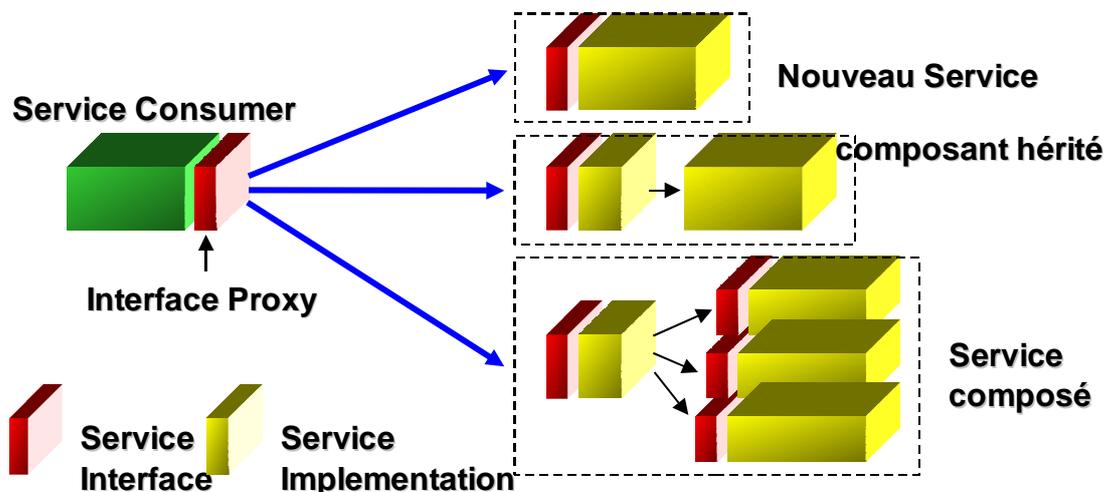


Figure 5 : Schéma de principe de la consommation de services dans une SOA

Ainsi, une banque pourra mettre à jour son service de calcul d'intérêt, et si celui-ci est enregistré correctement sur un répertoire (public ou privé), l'utilisateur pourra l'utiliser sans rien changer et profiter des évolutions.

Le tout enfin, repose fondamentalement sur les services Web ou des middlewares asynchrones. Une SOA utilise tous les standards dédiés aux services Web (XML, HTTP, WSDL, UDDI, SOAP...) pour s'assurer de l'interopérabilité de son fonctionnement. Ce n'est pas pour autant qu'ils sont synonymes : une SOA n'est pas en soi une technologie, mais un principe de conception, tandis que les services Web en sont une implémentation technologique.

3.3 Des projets de recherche

Les architectures orientées services sont donc une solution intéressante pour organiser notre interopérabilité aux différents niveaux identifiés précédemment :

- interopérabilité au sein d'une infrastructure de pilotage distant (ie entre les différents clients, le client instrument, les bases de données, les annuaires) au delà des connecteurs directement proposé par le serveur d'application;
- interopérabilité entre différents types de systèmes d'informations (orientés contenus et

- orientés applications)
- interopérabilité au niveau des moyens d'accès : assurer par exemple qu'un client du type PDA (Personal Digital Assistant) ou IP TV (télévision connectée à internet via une offre « triple play ») puisse accéder de la même manière au pilotage distant via un service assurant la traduction des informations.
- Interopérabilité entre ressources physiques pour assurer la transparence de localisation des instruments (pour permettre par exemple de la reprise sur incident, ou le « mesh-up » d'instruments)

Nous débutons l'encadrement d'un travail de doctorat sur ces pistes avec comme fonds scientifique principal la mise en oeuvre d'architectures orientées services dans un contexte industriel sécurisé.

Au delà de la « simple » problématique du pilotage distant, la maîtrise d'architectures orientées services peut être réinvestie dans de nombreux domaines. En particulier, l'interface entre architecture orientée services et IP TV permet par exemple d'envisager l'embarquement de « micro » serveurs d'applications dans des set top box de salons afin de servir de passerelles génériques pour de nombreux services (roaming téléphonique entre fixe, mobile, wifi; domotique, ...). Un autre domaine d'application qui nous paraît particulièrement pertinent est d'assurer via une architecture SOA l'interopérabilité entre différents CMS (J2EE/ PHP / Zope/Plone). Puisqu'il est clair qu'aucun des acteurs du domaine ne fournit à la fois les caractéristiques nécessaires au différents cas d'utilisation (souplesse, robustesse, simplicité, fonctionnalités évoluées, ..), il est intéressant de bâtir une architecture permettant l'interopérabilité totale (au delà du « simple » moissonnage de méta données tel que le proposent des protocoles du type OAI PMH [Sompe2004])

Enfin, de manière plus générale, la mise en oeuvre de bus à message tels que ceux proposés dans les architectures SOA au sein de médias limités (TV, smartphones, ..) présente un intérêt relativement évident du point de vue économique. Par exemple, des Set top box intégrant un framework SOA pouvant offrir des services de gestion RFID pourraient avantageusement remplacer des PC industriels sur des chaînes d'assemblage ou logistique, avec un coût bien inférieur.

Globalement, il s'agit donc ici de concevoir et de tester des architectures SOA légères issues de structures plus lourdes et pouvant s'intégrer facilement dans des médias limités.

Il est actuellement trop tôt pour définir plus avant les thématiques envisagées spécifiques à ce domaine. Toutefois, l'interopérabilité entre nos différents systèmes doit aussi prendre en compte la sécurité, et en particulier la fédérations des tickets d'authentification. C'est l'objet du paragraphe suivant.

4. SÉCURITÉ ET FÉDÉRATION D'IDENTITÉS

Nous avons vu au paragraphe précédent qu'il était intéressant voire incontournable de mutualiser des ressources provenant de plusieurs systèmes d'informations (par exemple dans la situation de « mesh-up » d'instrument. Pour autant, il est évident que l'utilisateur ne peut pas et ne souhaite pas s'authentifier sur les différents systèmes d'information. Précisons un peu cela. Il ne peut pas s'authentifier sur les différents systèmes simplement parce qu'il ne possède pas forcément les moyens de le faire. En effet, il n'est pas souhaitable de multiplier les comptes pour deux raisons :

- d'une part la gestion de l'identité de l'individu doit être maintenue au plus proche de son activité principale (la création par exemple d'un compte pour un collaborateur dans une société filiale en raison d'une mission ponctuelle de quelques jours amène à la création de

- comptes non actifs, fantômes, représentant autant de trous de sécurité potentiels)
- d'autre part, le développement incessant et la dilution de ces informations posent le problème du contrôle et de la protection de ces données par leurs propriétaires, nous. En effet, l'information se démultiplie. Elle est constamment parcourue et indexée par des myriades de robots (tels que les crawlers de Google), qui la stockent, se l'approprient et la restituent sans notre autorisation. Le droit à l'oubli, un des piliers de la loi française sur l'informatique et les libertés, est constamment bafoué par des sociétés internationales qui se placent au-dessus de nos lois nationales.

Il est donc important de proposer des solutions permettant de syndiquer autant que possible ces informations d'identités. Les techniques dites de « Single Sign On » ont permis d'apporter une première réponse importante dans les années passées (par exemple [Hillenbrand2005, Samar1999]).

À l'échelle d'un organisme, le Single Sign-On (SSO) répond à ces problématiques en offrant un service d'authentification centralisé qui améliore notamment la sécurité du système d'information. Les utilisateurs n'ont plus qu'un point unique d'authentification, pour lequel un important effort de sécurisation peut être effectué. Les applications peuvent alors se reposer sur ce service standard d'authentification ; elles ne manipulent plus les éléments d'authentification, ce qui réduit fortement les risques de compromission de ces derniers. Les solutions actuelles de SSO sont désormais éprouvées et offrent une bonne intégration dans les systèmes d'information. Le SSO permet à un utilisateur de s'authentifier une seule fois par session pour accéder à un ensemble d'applications Web. Il fonctionne sur un mode clients-serveur. Le serveur SSO a deux rôles :

- authentifier les utilisateurs
- communiquer la preuve de cette authentification aux applications.

À son premier accès à une application, le navigateur de l'utilisateur est redirigé vers le serveur SSO, où l'utilisateur s'authentifie, puis il est redirigé de façon transparente vers l'application. Celle-ci ne reçoit du serveur qu'une preuve (une « assertion ») de l'authentification : les éléments d'authentification (par exemple, les mots de passe des utilisateurs) ne sont jamais communiqués aux applications. Quand l'utilisateur accède ensuite à une autre application, cette dernière interroge le serveur SSO, qui lui communique la preuve de l'authentification de l'utilisateur. Cet échange est transparent pour l'utilisateur, il n'a pas besoin de s'authentifier à nouveau. Il est par ailleurs évident que tous ces échanges d'informations (et plus généralement toutes les informations circulant entre systèmes d'informations) devront être cryptés pour garantir leur intégrité ([Simka2006]).

Le périmètre d'un SSO est limité à un domaine de sécurité, dans lequel peuvent être établis facilement des relations de confiance entre le serveur SSO et les applications, typiquement au sein d'un organisme. La fédération d'identités permet de prolonger les services du SSO au delà du périmètre d'un organisme.

Les solutions de fédération d'identités permettent à une application dans un organisme d'interagir avec un système d'authentification d'un autre organisme. L'application (appelée « fournisseur de services ») délègue la phase d'authentification d'un utilisateur à l'organisme auquel il est rattaché (appelé « fournisseur d'identités »). Le fournisseur de services conserve la prérogative du contrôle d'accès, mais peut pour cela utiliser des attributs de l'utilisateur donnés par le fournisseur d'identités. Un fournisseur de services peut être sollicité par des utilisateurs issus de différents fournisseurs d'identités. Inversement, les utilisateurs rattachés à un fournisseur d'identités peuvent accéder à différents fournisseurs de services.

La définition des relations de confiance entre les fournisseurs d'identités et de services à un plus haut niveau est cruciale. Un fournisseur de services se repose sur les fournisseurs d'identités pour assurer une authentification sûre de ses utilisateurs et la qualité de leurs attributs. Réciproquement, un fournisseur d'identités fait confiance aux fournisseurs de

services quant à leur bonne utilisation des attributs nominatifs. La formalisation de ces relations de confiance peut se faire de gré à gré entre chaque paire de fournisseurs d'identités et de services. Cependant, il est naturel de vouloir formaliser la définition de ces relations de confiance pour un ensemble de fournisseurs qui forment alors un cercle de confiance. L'inscription à un tel cercle de confiance engage à respecter des règles communes.

L'intérêt pour notre cas d'usage de pilotage d'instruments est le suivant : une fois les objectifs de fédérations d'identités atteints, il devient alors possible de mutualiser plusieurs ressources (physiques du type instruments, logiques du type serveur de contenus ou plus généralement systèmes d'informations) de manière transparente pour l'utilisateur. Voyons le contexte actuel de la recherche développée dans le domaine, en particulier au travers du projet FEDERID.

4.1 LE PROJET RNRT FEDERID

Le projet FederID [feder-id2005] est un projet précompétitif dans le domaine de la sécurité retenu lors de l'appel à projet 2005 de l'Agence Nationale de la Recherche (ANR) dans le cadre du Réseau National de Recherche en Télécommunications (RNRT). Ce projet est proposé par un regroupement d'acteurs français très impliqués et actifs dans ce contexte : deux sociétés de service en logiciels libres (Linagora et Entr'Ouvert), un laboratoire de recherche et d'enseignement d'Etat (ISTASE/DIOM), un grand groupe industriel (Thales IS BusinessOne). Le projet reçoit aussi le support externe et la participation (à titre non onéreux) de l'INRIA et, par le biais de l'INRIA, du consortium ObjectWeb. Le client pilote du déploiement est l'entité française du Groupe Carrefour.

Le projet FederID est basé sur les développements respectivement réalisés par :

- Linagora dans le domaine de la gestion des identités, sous le nom de projet InterLDAP
- la Direction Générale de la Comptabilité Publique et la Gendarmerie Nationale dans le domaine du contrôle d'accès, sous le nom LemonLDAP. La mise en œuvre de ce projet a été entièrement réécrite par Linagora.
- la société Entr'Ouvert, sous le nom de LASSO.

L'objectif est de créer une solution Open Source de fédération des identités, c'est-à-dire l'intégration :

- d'un projet de gestion des identités locales à une organisation (InterLDAP),
- d'un projet de contrôle d'accès aux applications Web (LemonLDAP),
- d'un projet uniquement destiné à traiter les échanges d'informations entre les organisations pour assurer le processus de fédération des identités (LASSO)

Au sein de toutes ces briques, Les informations de sécurité se matérialisent par des Affirmations SAML (SAML Assertions). SAML décrit la syntaxe et les règles permettant l'obtention, la création, la communication et l'utilisation des assertions SAML [saml]

Le résultat attendu d'un tel projet est la possibilité de mettre en œuvre de façon simplifiée une solution assurant toutes les fonctionnalités actuelles des produits de gestion des identités, tout en permettant de fédérer les identités et d'offrir ainsi des services et applications ouverts vers l'extérieur.

La solution InterLDAP est la base commune de départ du projet FederID ; elle s'inscrit dans la démarche continue de construction de solutions de la société Linagora autour des logiciels libres, et dans ce cas particulier, dans le domaine de la gestion et de la fédération des identités. Les interactions particulières entre les navigateurs et les applications Web fédérées vont être gérés par le couplage LASSO / LemonLDAP. Cet ensemble global (fonctionnel et technologique) intéresse fortement le consortium ObjectWeb comme solution de gestion et de

fédération des identités.

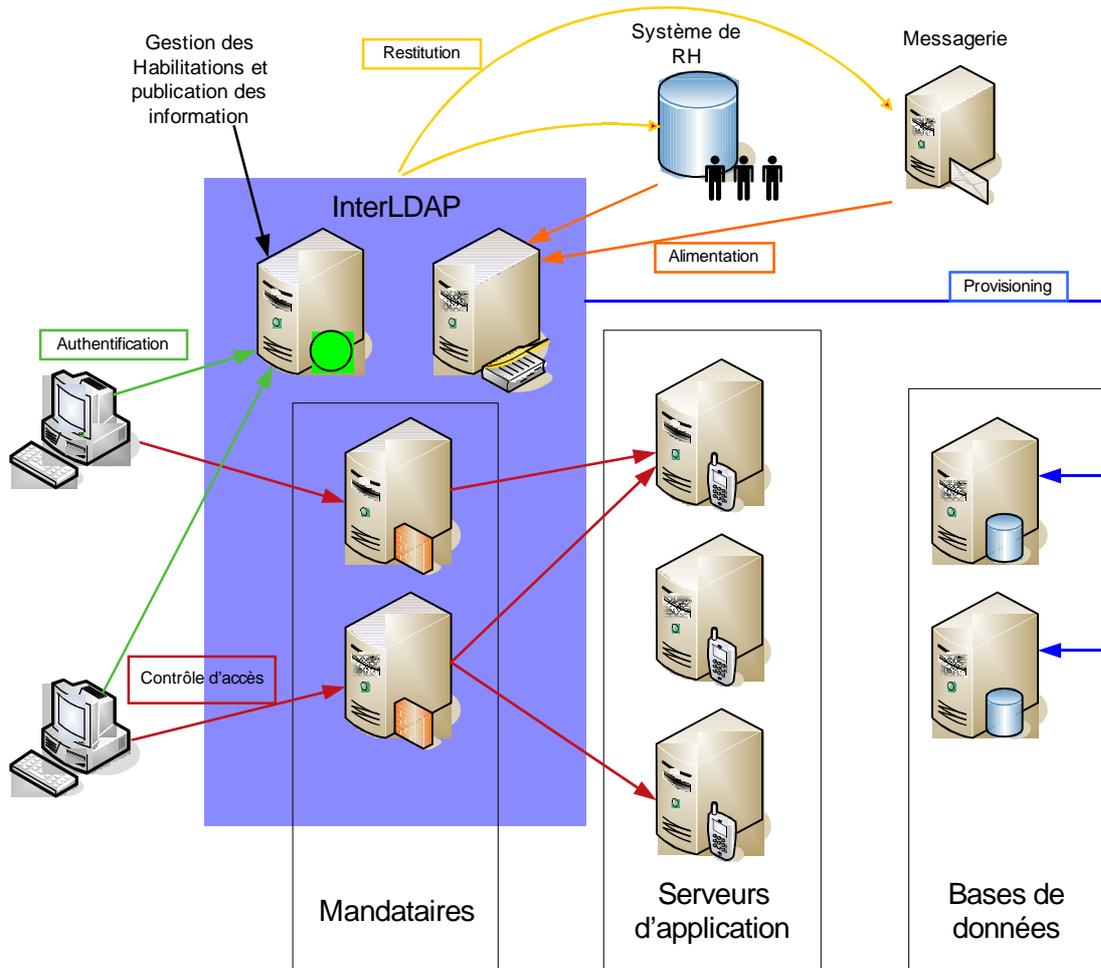
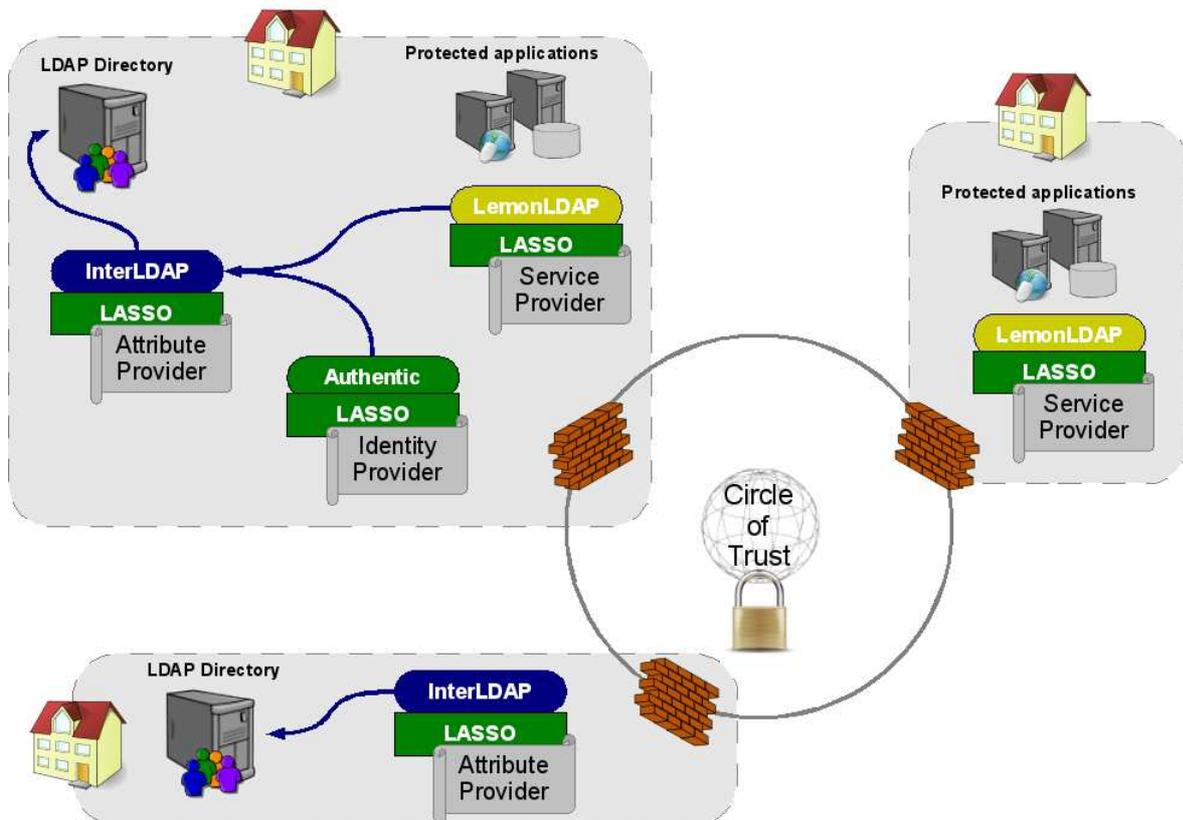


Figure 6 : la complexité de l'authentification dans plusieurs Systèmes d'informations

Figure 7 : Schéma de principe de la fédération d'identités.



Le principe de la fédération d'identité est né à l'issue des expériences malheureuses de création de méta annuaires entre les sociétés, et notamment entre les sites Internet en mesure de garantir l'identité (banques, aéroport, ...) et les fournisseurs de services ou de contenu.

Au travers du développement et de la personnalisation des sites Internet et Extranet, les utilisateurs ont saisi de nombreuses fois les mêmes informations, sans qu'une entité ne soit en mesure de fédérer les identités de ces utilisateurs. Le premier service de fédération est né de la plate-forme Passeport de Microsoft. Toutefois elle a été plutôt mal accueillie par des utilisateurs sensibles à la dissémination de leur identité (adresse, email, téléphone, ...).

C'est dans ce contexte que s'est structuré le marché de la fédération d'identités autour de deux groupements regroupant les efforts de standardisation :

- l'initiative « WS Initiative » portée par Microsoft, Verisign et IBM [ws-federation]. Celle-ci est résolument orientée vers la simplicité et la diffusion de masse, et n'intègre que depuis très récemment des concepts et mécanismes liés au respect de la vie privée,
- le projet « Liberty Alliance » [libertyalliance] qui est porté par une trentaine d'acteurs industriels (banques, compagnies aériennes, constructeurs, opérateurs télécom, fournisseurs de service et de contenus, ...) dont Sun, France Telecom, Intel, Nokia, IBM, HP, Oracle, Entr'Ouvert, Celui-ci a été conçu pour concilier les nécessités d'une authentification forte avec un respect absolu de la vie privée des utilisateurs, ce qui engendre une certaine complexité pour pouvoir prendre en compte différents modèles et des contraintes disparates en fonction des organisations, des systèmes d'information et des souhaits des utilisateurs.

Le choix retenu est celui du projet Liberty Alliance en raison du nombre d'implémentations existantes (Sun, Novell, IBM) mais aussi de la présence d'implémentations opensource (dont une fournie par la société Entr'ouvert : LASSO, membre du consortium FEDERID)

4.2. DES PROJETS DE RECHERCHE

La fédération d'identités est donc une solution pertinente, indispensable, pour pouvoir travailler de manière confortable dans un environnement réparti. Au delà de l'implication forte au sein des développements réalisés par les différentes parties du consortium FEDER ID, nous orientons nos travaux sur deux points particuliers :

- d'une part, la gestion transactionnelle de la fédération d'identités,
- par ailleurs, le mode d'échange d'attributs entre cercles de confiance, et la problématique de la propriété de ses attributs,
- d'autre part, le déploiement de telles infrastructures dans un contexte de télé travail entre des accès au réseau public (accès haut débit personnel via éventuellement une Set top box ou un media center de salon) et les accès professionnels.

Le problème de gestion transactionnel de fédération d'identités est important dans la mesure où la modification d'attributs d'une identité (ou même la création/suppression d'une identité) par un des éléments du cercle de confiance d'identité peut impliquer des répercussions sur d'autres services. Ainsi, le licenciement d'une personne, et donc la suppression de son identité numérique au sein du système d'information d'une entreprise doit impliquer la notification auprès de certains services (ou serveurs d'applications) de cette disparition (gestion de la paye par exemple). Des approches du type Web services sont bien évidemment envisageable dans ce cas. Mais, dans tous les cas, une gestion transactionnelle au sein de la fédération permet d'assurer la stabilité globale du système d'information élargi. Ainsi la suppression de l'identité ne sera réellement effective que si tous les services associés ont donné leur accord pour cette suppression. Des exemples similaires peuvent être pris dans le cas de modifications et/ou création d'identités.

Par ailleurs, la multiplicité de fournisseurs d'identités au sein d'une fédération d'identités induit le fait que des attributs sont répliqués posant ainsi le problème de la diffusion et la propriété des informations. Il est important de réfléchir au protocoles garantissant la circonscription au sein duquel un attribut est lisible et la manière dont un attribut pourrait être fournit en dehors d'un cercle de confiance. En effet, par contamination entre cercle de confiance, un attribut pourrait devenir accessible en dehors de sa visibilité « normale ». Pour faire simple, ce n'est pas parce que c'est un ami de mes amis que c'est mon ami, mais c'est peut être une personne digne de confiance ... Ainsi, au delà de la plate-forme de fédération d'identités, l'objectif est de réfléchir et de proposer des solutions pérennes pour l'échange d'attributs en dehors du cercle immédiat de confiance.

Sur le troisième volet, nous développons encore une fois l'approche partenariale de nos travaux de recherche. La fédération d'identités ne trouvera son intérêt que si elle est réellement utilisée par les acteurs et si elle leur fournit un service à valeur ajoutée. L'objet est donc de bâtir un démonstrateur pré industriel de fédération d'identité avec des applications à la fois grand public (par exemple le roaming d'identité entre son identité du type abonnement téléphonique mobile et son identité professionnelle pour accéder depuis son mobile au services de l'entreprise) ou du type industriel (fédération d'identités de puces numériques RFID au sein d'une chaîne logistique par exemple)

Ces projets sont en cours d'élaboration et devraient donner lieu à réalisation effective au cours de l'année 2008.

. 5. Interfaces Homme Machine et Ontologies d'interfaces

5.1 ADAPTATION DE L'IHM

Enfin, une dernière problématique recherche concerne l'adaptation des interfaces homme

machine en fonction du contexte. Reprenons notre cas d'usage du pilotage distant d'instruments. Dans ce cadre là, l'adaptation de l'interface homme machine peut être vue à deux niveaux :

- d'une part l'adaptation à la personne : fournir des interfaces plus ou moins dépouillées en fonction de l'utilisateur,
- d'autre part l'adaptation à la machine sur laquelle l'application fonctionne, en particulier pour les nouveaux moyens d'accès au réseau internet tels que téléphones évolués (« smartphones »), assistants personnels (Personal Digital Assistant) ou encore télévision (IP TV dans le cadre d'offres triple play).

Considérons tout d'abord le cas de l'adaptation à la personne, vu du cas d'usage du pilotage distant et voyons quelles sont les problématiques recherches induites. Outre le support du travail collaboratif, la solution proposée offre une adaptation de la représentation de la façade de l'instrument comme innovation. En effet, suivant l'utilisateur, la façade applicative représentant l'instrument peut être différente pour le même instrument. Par exemple, dans le cadre de formation, il est possible de proposer une façade épurée pour les débutants puis de révéler progressivement des fonctionnalités avancées de l'instrument. En dehors de cette aspect pédagogique, une réalité peut être d'associer une prestation à un niveau d'utilisation donnée. En clair, suivant les fonctionnalités souhaitées, et donc la prestation sélectionnée, un utilisateur peut accéder à tout ou partie de l'instrument.

Il est important de noter ici que l'Interface Homme Machine est empaquetée dans une ontologie au format OWL. Cette ontologie permet d'intégrer rapidement et donc de déployer facilement un nouveau dispositif dans la plate-forme. En effet, lorsqu'un nouvel instrument doit être intégré, l'approche la plus pragmatique est d'écrire son ontologie qui sera alors utilisée par le client générique de la plate-forme. Cette ontologie est le seul document dépendant de l'instrument utilisé puisqu'elle renferme sa représentation d'une part (emplacement des widgets) mais également la liste des séquences de son utilisation avec le niveau à partir duquel ces fonctionnalités sont proposées à l'utilisateur.

Le schéma suivant illustre cette ontologie.

Figure 8 : Schéma de l'ontologie de l'Interface Homme Machine pour l'instrumentation distante.

Tout d'abord, un instrument sera décrit comme un « Device » (tel que l'analyseur hyperfréquence Anristsu) auquel sera principalement associée une image de fond (HCI, Human computer Interface). Ensuite, l'instrument est décrit par un ensemble de widgets. Une widget est un élément graphique ayant une position (localisation), une taille, une image (image du bouton par exemple) et un niveau d'utilisation. Ce niveau d'utilisation (level) permet de dégrader » visuellement les possibilités offertes par l'interface distante en fonction du niveau de compétence choisi par l'utilisateur.

Les 3 figures ci dessous illustrent la même interface distante de l'analyseur hyperfréquence « Anristsu » pour les niveaux 0, 1 et 3 d'utilisation.

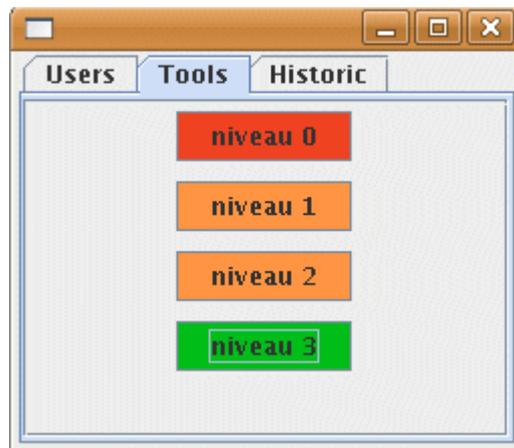
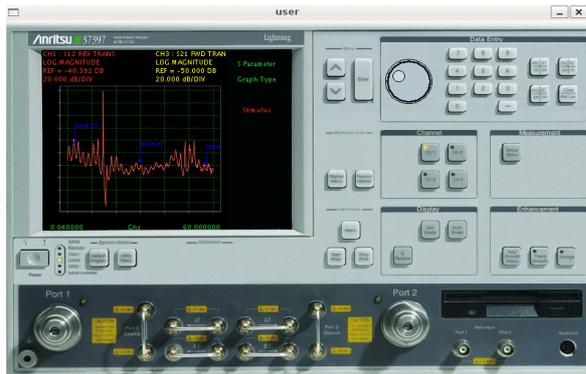
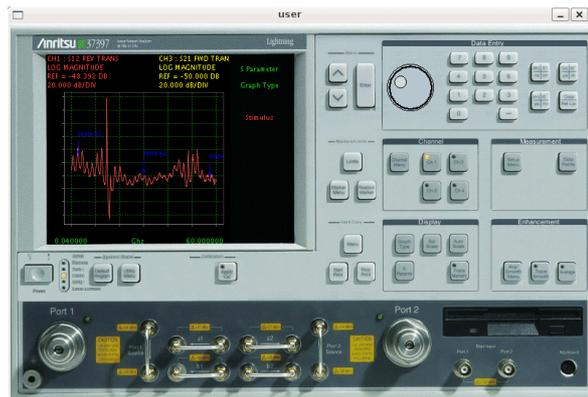


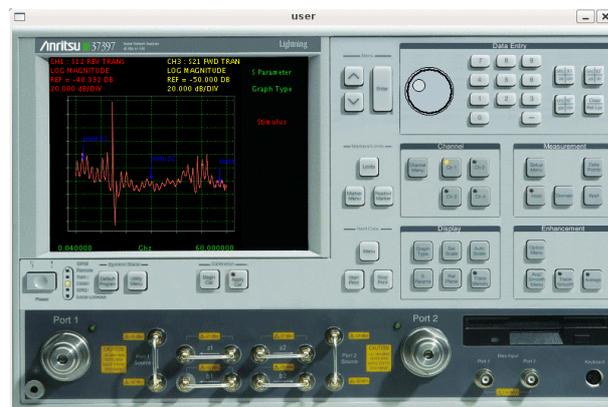
Figure 9 : Choix du niveau d'utilisation.



(a)



(b)



(c)

Figure 10 : IHM de l'analyseur hyperfréquence Anritsu pour 3 niveaux d'utilisation (a) niveau 3, (b) niveau 1, (c) niveau 0

Le lecteur pourra constater sur ces quelques captures d'écran que plus le niveau d'utilisation tend vers 0, plus les fonctionnalités offertes par l'interface sont complètes (apparition de boutons...)

L'autre cas d'adaptation de l'IHM est sa flexibilité par rapport au média utilisé pour interagir avec la plate-forme. En effet, il est clair que suivant le média utilisé (téléphone, télévision) les moyens d'interaction sont différents et ne sont pas de même niveau. Typiquement, la présence ou l'absence de clavier influe sans doute sur les moyens d'interagir avec le système. Pour autant, il n'est pas souhaitable, pour des raisons de maintenance principalement, de dupliquer les interfaces homme machine afin de les adapter au média. Ainsi, il nous paraît plus astucieux de définir au sein de l'ontologie précédente des contextes d'utilisation et, en fonction de ces contextes, de présenter (ou pas) les widgets sous une certaine forme.

5.2. SÉQUENCES D'UTILISATION

Par ailleurs, la liste exhaustive des séquences d'utilisation des instruments peut être dégagée de leur mode d'utilisation courant. Une séquence sera alors représentée par la suite logique des différentes actions de l'utilisateur sur les widgets. Concrètement, cela peut se résumer dans des cas simples à la suite des boutons cliqués par un utilisateur. Une fois dressée, la liste exhaustive des séquences d'interactions possibles, il devient tout à fait intéressant d'être en mesure de valider ou non une séquence d'utilisation, ne serait ce que pour protéger les

dispositifs. Une autre utilité de ces séquences est la mise en surbrillance de l'action suivante. Ceci nous conduit au concept d' « interfaces souffleuses ». Cette approche centrée sur les différentes actions de l'utilisateur permet à l'extrême de construire une représentation cognitive de l'utilisateur ([Soloway94]). Enfin, il devient aussi possible de réagir à une mauvaise manipulation de l'interface (et donc de prévenir l'utilisateur) ([Fong2004]).

La présence de ces séquences validant l'utilisation d'un instrument apporte une réelle innovation : les séquences peuvent être enregistrées ! Dans ce cas, il est possible de rejouer la manipulation plus tard (traitement "batch" pour le pilotage de processus dans l'entreprise étendue, procédé d'apprentissage dans les programmes de formation à distance). Cela peut aussi être utilisé pour l'évaluation des systèmes (les séquences jouées sont-elles conformes, peuvent-elles être améliorées ?) ou dans l'évaluation des apprenants (l'apprenant a-t-il utilisé la séquence la plus simple ou la plus pertinente pour arriver au résultat ?).

Néanmoins, la difficulté du point de vue du système d'information est de représenter au sein de la partie « séquence d'utilisation » de l'ontologie une liste exhaustive des séquences possibles. En effet, il est évident qu'une action peut être réalisée au travers de différentes interactions. Par exemple, le zoom sur un courbe peut être réalisé soit en choisissant d'abord la courbe puis en zoomant, ou l'inverse. L'algèbre de Boole nous permet de représenter ceci de manière scientifique. Par exemple, si une séquence S1 fait appel aux widgets w1, w2, w3 et w4, l'écriture de cette séquence sous la forme :

$$S1 = w1 \& (w2/w3) \&\& w4$$

ce qui peut se lire : S1 correspond à la séquence où w1 est actionné, puis w2 ou w3 et enfin w4.

Il est alors possible de décrire les opérateurs classiques de l'algèbre de Boole :

- & : la coordination de deux actions sans ordre
- && représente un ordre causal (A puis B et non pas B puis A qui serait représenté par B&&A)
- | : ou inclusif (A|B représente l'action sur les widgets A ou B, ou les deux, mais pas aucune des deux)
- ⊕ : ou exclusif (A⊕B représente l'action sur A ou B, pas les deux, pas aucun des deux).

Grâce à ce formalisme, il devient évident que la séquence S1 est équivalente aux séquences S2 et S3 ci dessous :

$$S2 = (w2/w3) \& w1 \&\& w4$$

$$S3 = (w3 / w2) \& w1 \&\& w4$$

Il devient aussi possible de composer les séquences d'utilisation. Ainsi, si on définit la séquence S4 comme étant égale à :

$$S4 = w1 \& (w2/w3)$$

alors

$$S1 = S4 \&\& w4$$

Cette notion de composition nous amène naturellement à définir des interactions élémentaires (actions) qui ne peuvent être découpées en éléments inférieurs, et des séquences comme compositions d'actions. L'algèbre de Boole fournit alors les méthodes de réduction des différentes écritures de séquences afin d'aboutir à leur normalisation. La liste des séquences

normalisée peut alors être écrite dans l'ontologie décrivant l'interface de l'appareil et ses cas d'utilisation.

Comme indiqué en introduction de ce paragraphe, il devient alors possible de *mesurer* (au sens de la métrologie) le bon usage d'un appareil :

- un utilisateur utilise-t-il toujours des séquences valides (ou quelle est la proportion des séquences jouées par l'utilisateur qui sont valides)
- un utilisateur fournit-il des séquences d'actions optimales (au sens où celles-ci ne peuvent être réduites à une autre séquence plus courte fournissant le même résultat).

Pour l'instrument extrêmement simple de la figure ci-dessous, nous pouvons établir aisément la liste exhaustive des séquences normalisées.

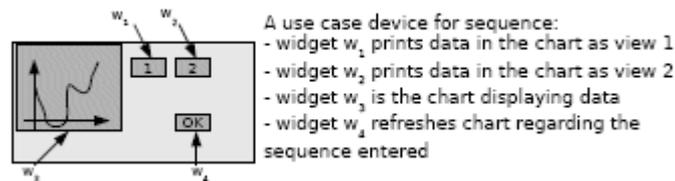


Figure 11 : Exemple simple d'instrument.

La liste des séquences peut être représentée par :

- $S1 = w1 \ \&\& \ w3$ (affichage de la vue 1)
- $S2 = w2 \ \&\& \ w3$ (affichage de la vue 2)
- $S3 = (w1 \ | \ w2) \ \&\& \ w3$ (affichage d'une courbe)
- $S4 = w4$ (zoom)

Evidemment, cet ensemble est équivalent à :

- $S'1 = (w1 \ \oplus \ w2) \ \&\& \ w3$ (affichage de la courbe 1 ou de la courbe 2)
- $S'2 = w4$ (zoom)

Un individu de l'ontologie de description des séquences dans ce cas simple pourrait alors être:

```
<sequences>
  <widgets-used>
    <widget-ident>w1</widget-ident>
    <widget-ident>w2</widget-ident>
    <widget-ident>w3</widget-ident>
    <widget-ident>w4</widget-ident>
  </widgets-used>
  <sequence>
    <seq-ident>lambda-1</seq-ident>
    <content>
      <sequence>
        <ident>subseq-lambda-1</ident>
        <content>
          <widget>w1</widget>
          <operator>XOR</operator>
          <widget>w2</widget>
        </content>
      </sequence>
    </content>
  </sequence>
</sequences>
```

```

    <sequence-operator>THEN</sequenceoperator>
    <sequence>
      <ident>subseq-lambda-2</ident>
      <content>
        <widget>w3</widget>
      </content>
    </sequence>
  </content>
</sequence>
<sequence>
  <ident>lambda-2</ident>
  <content>
    <widget>w4</widget>
  </content>
</sequence>
</sequences>

```

Ceci permet alors à une brique logicielle du serveur d'application de

- vérifier la validité d'une séquence par rapport à cette ontologie
- poster sur la messagerie asynchrone du système l'action suivante la plus probable, etc..

Clairement, la difficulté consiste alors à rassembler l'ensemble des séquences possibles. Des algorithmes récursifs permettent aisément de construire une liste de séquences possibles mais toutes n'ont pas de sens du point de vue de l'instrument. Une approche du type autoapprentissage via le stockage incrémental des bonnes actions d'un utilisateur expert paraît dans un premier temps plus appropriée.

5.3 DES PROJETS DE RECHERCHE

Cette adaptation des interfaces hommes machine en fonction du contexte d'utilisation et/ou du média utilisé est un sujet beaucoup plus vaste que le « simple » problème du pilotage distant d'instrument, où une ontologie spécifique peut permettre de résoudre la question. Posons nous à présent la question du « portage » sur des interfaces de type téléphone ou télévision de l'ensemble des services internet disponibles actuellement. Par exemple, un site intranet de gestion de contenu (« cyberbureau » étudiant) par exemple, pourrait être avantageusement mis à disposition sur ces nouveaux médias, permettant alors des consultations différentes (nomade par exemple, ou plus rapide : « zapping » pendant les séquences de publicités télévisuelles).

Il est clair que le problème doit être adressé encore une fois de manière générique afin d'assurer la réutilisation des moyens mis en oeuvre pour porter un service à un autre service. La problématique recherche pourrait donc être énoncée de la manière suivante :

« quelle infrastructure générique mettre en place pour assurer une interopérabilité des services et des médias d'accès à ces services ». Les pistes envisagées à l'heure actuelle, mais nous débutons cet axe de recherche, concernent à la fois les architectures orientées services pour l'aspect de réutilisation de services comme mentionné plus tôt dans ce document mais aussi la notion de « proxy d'IHM ».

De notre point de vue, un « proxy d'IHM » est une brique logicielle prenant en entrée un contenu web formalisé (typiquement du code HTML) et fournissant en sortie un autre code formalisé pour un autre type d'interface, c'est à dire avec potentiellement une résolution d'affichage bien inférieure, des moyens d'interaction différents, ...

Des recherches ont lieu dans cette perspective, par exemple pour porter le dossier médical

d'un patient sous la forme la plus adaptée (sur un PDA dans la poche du médecin, en haute résolution dans un disque d'archivage, en résolution « correcte » sur un PC, en synthèse dans une carte à puce) [Berhe2006, Berhe2005, Berhe2004]

Le cas d'usage d'un tel proxy d'IHM est le transfert d'un contenu web de type portail sur des interfaces de type IPTV ou téléphone de manière automatique. Le moteur de transformation devra pouvoir travailler suivant deux contraintes :

- en tentant de garder le maximum de fonctionnalité de l'IHM, au mépris de leur utilisabilité
- ou inversement en conservant toute l'utilisabilité mais en éliminant certaines fonctionnalités non représentables facilement.
- et évidemment tous les cas intermédiaires. Il ne s'agit donc pas d'un choix binaire mais ici plutôt d'une approche logique floue.

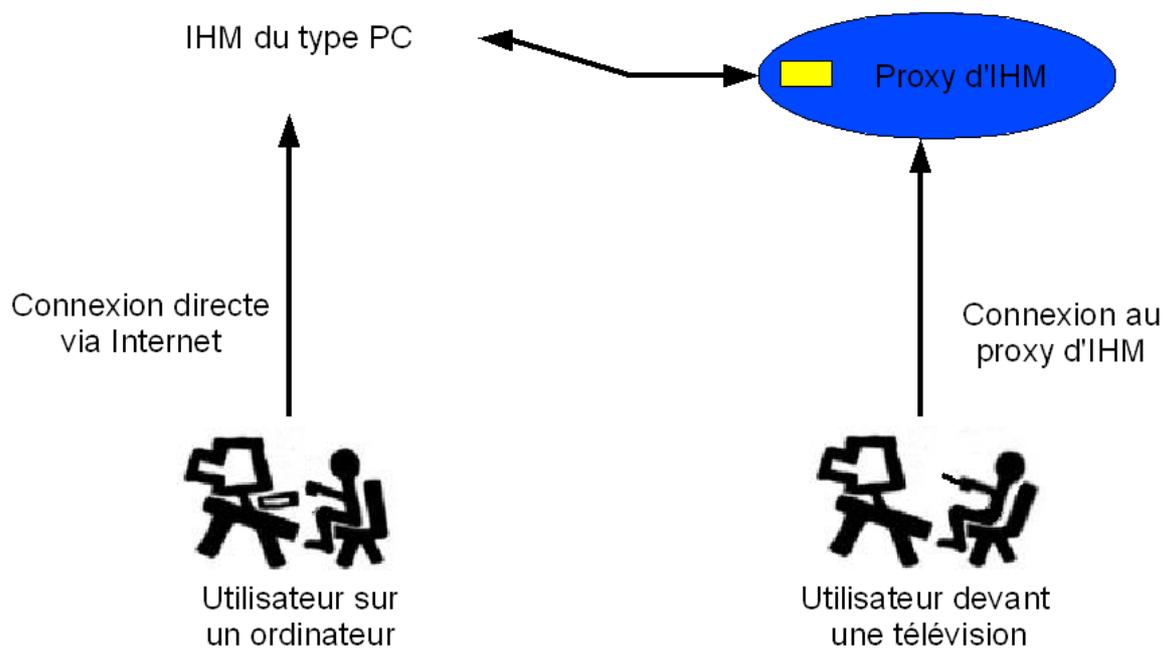


Figure 12 : illustration de la notion de proxy d'IHM pour un consultation depuis une télévision reliée à internet.

L'originalité de ce travail est de se baser sur la réutilisation de contenus web existants sans aucune connaissance préalable. Ainsi, de nombreux travaux ont eu cours lors de la dernière décennie pour favoriser le déploiement d'un même contenu sur différentes interfaces. C'est typiquement l'approche utilisée par les feuilles de styles XML.

Le schéma ci-dessous résume la différence entre ces deux approches. Le principal intérêt de la notion de proxy d'IHM réside dans le fait que le code initial n'est pas touché mais simplement ré-exploité. Ainsi, aucune ré-ingénierie sur l'existant n'est à mener, ce qui induit l'absence de maintenance sur plusieurs versions d'IHM, avec des répercussions évidentes en termes de coût de développement. Les seules briques logicielles à maintenir sont d'une part les contenus préexistants et d'autre part le moteur du proxy d'IHM.

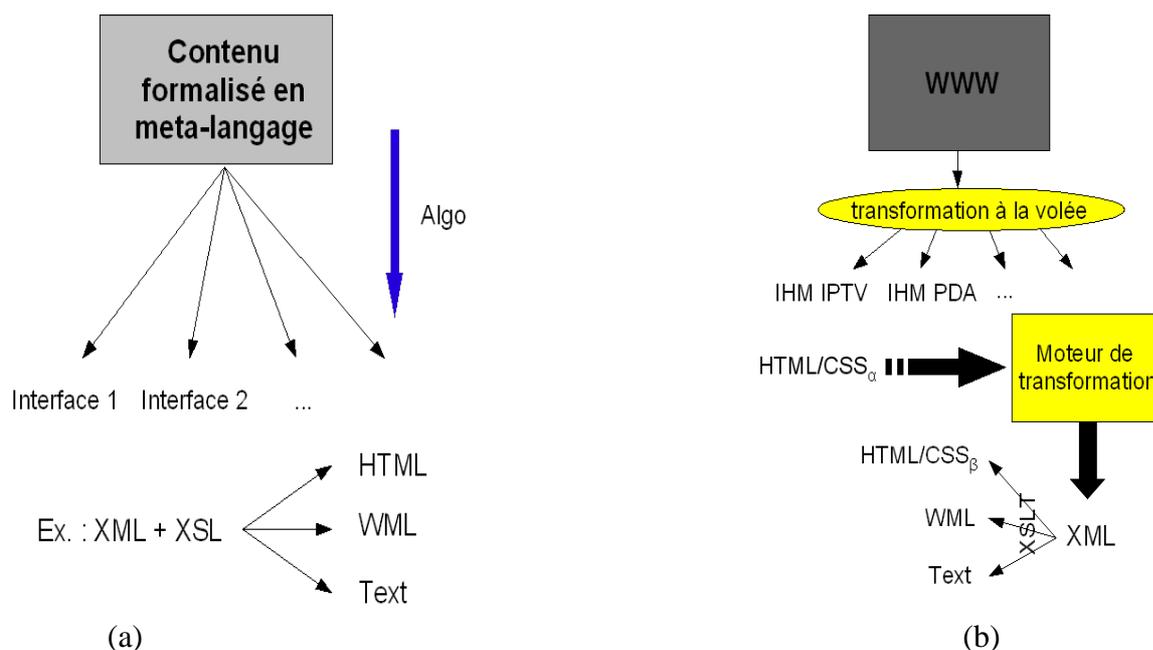


Figure 13 : transfert de contenu non contextualisé(a) et contextualisé (b)

Pour réaliser sa transformation à la volée, le moteur du proxy d'IHM pourra s'appuyer principalement sur 2 concepts :

- le suivi d'un modèle cognitif qui nous permet d'extraire d'une page les éléments les plus consultés visuellement et donc de les conserver pour une interface dégradée
- l'introspection du code html pour reconstruire une arborescence signifiante de l'organisation du contenu et de la navigation entre les contenus.

Sans doute que le moteur utilisera les deux approches de manière combinée pour aboutir au résultat le plus intéressant possible.

6. Conclusion

Ce chapitre nous a permis d'approfondir les nombreuses thématiques recherche soulevées par la problématique du pilotage distant d'instrument de manière sécurisée, interopérable, collaborative :

- le développement d'une ontologie décrivant la manière dont plusieurs utilisateurs peuvent travailler de manière conjointe sur un même instrument,
- le développement d'architectures orientées services nécessaires pour assurer l'interopérabilité entre instruments
- l'échange de tickets d'authentification au sein d'un cercle de confiance pour pouvoir travailler de manière confortable et sécurisée dans un environnement distribué,
- l'adaptation automatique ou semi automatique des interfaces homme machine aussi bien à leur utilisateur qu'au média utilisé.

Ces questions, et ces ébauches de solutions ont des répercussions bien plus importantes que le « simple » cas d'usage du pilotage distant. Ainsi, des travaux de recherches sont en cours sur :

- la fédération d'identité entre systèmes d'informations différents,
- la construction d'architectures orientées services allégées pour une utilisation au plus proche des instruments/utilisateurs
- le transfert automatique d'interface sur de nouveaux média sans ré-ingénierie au travers de proxy d'IHM

Tous ces travaux sont menés dans un contexte de recherche partenariale avec le monde économique, en gardant donc toujours à l'esprit le besoin impérieux d'un transfert de compétences et la mise en oeuvre de tels dispositifs au plus tôt dans le cadre de production industrielle.

. 7. BIBLIOGRAPHIE

(Abdel-Wahab1996) [The software architecture and interprocess communications of IRI: an Internet-based interactive distance learning system](#)

Wahab, H.A.; Maly, K.; Youssef, A.; Stoica, E.; Overstreet, M.; Wild, K. & Gupta, A. Society, I.C. (ed.)

Proceedings of the 5th International Workshops on Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprises (WET ICE'96) **1996** , pp. 4

(Barros2002) [Applications of a Collaborative Learning Ontology](#)

Barros, B.; Verdejo; M.F., R. & Mizoguchi, R.

Lecture Notes In Computer Science,

2002 , Vol. 2313 , pp. 301-310

(Belissard1999) [Agent Infrastructure: The agent Anytime Anywhere Platform](#)

Belissard, L.; Palma, N.; Freyssinet, A.; Herrmann, M. & Lacourte, S.

Control and Coordination of Complex Distributed Services, **1999** , N°. 14

(Berhe2004) [Modeling service-based multimedia content adaptation in pervasive computing.](#)

Berhe, G.; Brunie, L. & Pierson, J.

Conf. Computing Frontiers **2004** , pp. 60-69

(Berhe2005) [Distributed Content Adaptation for Pervasive Systems](#)

Berhe, G.; Brunie, L. & Pierson, J.

IEEE International Conference on Information Technology, ITCC April **2005** , pp. 234-241

(Berhe2006) [Planning-Based Multimedia Adaptation Services Composition for Pervasive Computing](#)

Berhe, G.; Brunie, L. & Pierson, J.

IEEE/ACM The International Conference on Signal-Image Technology & Internet-based systems (SITIS'2006) **2006**

(Billaud2004) [An eLab platform for electrical engineers' education](#)

Billaud, M.; Geoffroy, D. & Zimmer, T.

ICEE International Conference on Engineering Education Gainesville, FL, US 16-21 October **2004**

- (Bouslimi2006)** [An agent-based organizational model for cooperative information gathering](#)
 Bouslimi, I.; Ghédira, K. & Hanachi, C.
IEEE/ACM The International Conference on Signal-Image Technology and Internet-based systems (SITIS'2006) Yasmine Hammamet 18-21 December **2006** , Vol. WIDTS Session 7
- (Chaib-draa2001)** [Systemes Multi-Agents: Principes Generaux et Applications](#)
 draa, B.C.; Jarras, I. & Moulin, B.
 Briot, J.P. & Demazeau, Y. (ed.)
Hermes, 2001
- (Dewan1993)** [Toward Computer-Supported Concurrent Software Engineering](#)
 Dewan, P. & Riedl, J.
IEEE Computer 1993 , Vol. 26 , N°. 1 , pp. 17-27
- (feder-id2005)** [Projet FederID. Fédération d'Identités.](#)
<http://federid.objectweb.org>.
2005
- (Fong2004)** [Effective E-learning by Use of HCI and Web-Based Workflow Approach](#)
 Fong, J.; Ng, M.; Kwan, I. & Tam, M.
Lecture Notes in Computer Science,
2004 , Vol. 3026 , pp. 271 - 286
- (Golbreich2004)** [Combining Rule and Ontology Reasoners for the Semantic Web](#)
 Golbreich, C.
3rd International Semantic Web Conference (ISWC2004) 2004
- (Golbreich2004a)** [Combining SWRL rules and OWL ontologies with Protégé OWL Plugin, Jess, and Racer](#)
 Golbreich, C. & Imai, A.
7th International Protégé Conference , Bethesda, Maryland Tuesday 6th - Friday 9th, July 2004 **2004**
- (Gravier2006j)** [A Distributed Online Laboratory System for Distant Learning](#)
 Gravier, C.; Fayolle, J.; Lardon, J. & Noyel, G.
IEEE/ACM The International Conference on Signal-Image Technology & Internet-based systems (SITIS'2006) , Hammamet , Tunisie 18-21 Decembre **2006**
- (Gravier2006k)** [Distance Learning: Closing the Gap between Remote Labs and Learning Management Systems](#)
 Gravier, C.; Fayolle, J.; Noyel, G.; Leleve, A. & Benmohamed, H.
IEEE First International Conference on E-Learning in Industrial Electronics ICELIE'06 , Hammamet , Tunisie 18-20 Decembre **2006**
- (Hillenbrand2005)** [A single sign-on framework for web-services-based distributed applications](#)
 Hillenbrand, M.; Gotze, J.; Muller, J. & Muller, P.
Telecommunications, 2005. ConTEL 2005. Proceedings of the 8th International Conference on,
 June 15-17 **2005** , Vol. 1 , pp. 273-279

(Holliman2006) Investigating cooperation and collaboration in near synchronous computer mediated conferences

Holliman, R. & Scanlon, E.

Comput. Educ.,

Elsevier Science Ltd., , Oxford, UK, UK **2006** , Vol. 46 , N°. 3 , pp. 322-335

(Horrocks2003) From SHIQ and RDF to OWL: The Making of a Web Ontology Language

Horrocks, I.; Schneider, P.F.P. & van Harmelen, F.

Journal of Web Semantics,

2003 , N°. 1 , pp. 7-26.

(Hrastinski2006) Introducing an informal synchronous medium in a distance learning course: How is participation affected?

Hrastinski, S.

The Internet and Higher Education,

2006 , Vol. 9 , pp. 117-131

(ims-ld) IMS-LD. Instructional Management System - Learning Design

<http://www.imsglobal.org/learningdesign>

(Jr2005) Computer-supported collaborative learning requiring immersive presence : An introduction

Jr, N.; Sharda, R. & Lucca, J.

Information Systems Frontier,

2005 , Vol. 7 , N°. 1 , pp. 5-12

(Leinonen2002) Future Learning Environment for Collaborative Knowledge Building and Design

Leinonen, T. & Kligyte, G.

Development by Design , Bangalore, India **2002**

(Leleve2005) Implémentation d'une chaîne d'édition générique pour téléTPs

Lelevé, A.; Benmohamed., H. & Prevot, P.

. *8ème colloque francophone de robotique pédagogique* Le mans 2-4 Mai **2005**

(libertyalliance) Liberty Alliance Technical Committee. Liberty Alliance Complete Specifications Package.

<http://www.projectliberty.org>

2006

(Louis2005) An operational model for the FIPA-ACL semantics

Louis, V. & Martinez, T.

Agent Communication Workshop, AAMAS **2005**

(Milan2006) On Interchanging Between OWL/SWRL and UML/OCL

Milan Milanovic, D.G. & Devedic, V.

6th OCL Workshop at the UML/MoDELS Conferences of the ACM/IEEE 9th International Conference on Model Driven Engineering Languages and Systems **2006**

(Rousset2004) Small Can Be Beautiful in the Semantic Web

Rousset, M.
Lecture Notes in Computer Science,
2004 , Vol. 3298 , pp. 6-16

(Rykowski2004) [Virtual Web Services - Application of Software Agents to Personalization of Web Services](#)

Rykowski, J. & Cellary, W.
Sixth International Conference on Electronic Commerce (ICEC'04) 2004 , pp. 409-418

(Sabouret2003) [Un langage de description de composants actifs pour le web sémantique](#)

Sabouret, N. & Sansonnet, J.
Revue I3 : Information - Interaction - Intelligence,
2003 , Vol. 3

(Samar1999) [Single sign-on using cookies for Web applications](#)

Samar, V.
Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprises, 1999. (WET ICE '99) Proceedings. IEEE 8th International Workshops on,
1999 , pp. 158-163

(saml) [OASIS Security Services Technical Committee. SAML V2.0 OASIS Standard Set.](#)

<http://www.oasis-open.org>
2005

(Schnepf1994) [Closing the Gap in Distance Learning: Computer-Supported, Participative, Media-Rich Education](#)

Schnepf, J.; Mashayekhi, V.; Riedl, J. & Du, D.
Education Technology Review,
1994 , Vol. 3 , pp. 19-25

(Shi2006) [A Peer-to-Peer Approach to Large-Scale Content-Based Publish-Subscribe](#)

Shi, D.; Yin, J.; Wu, Z. & Dong, J.
2006 IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence and Intelligent Agent Technology (WI-IAT 2006 Workshops)(WI-IATW'06) 2006 , pp. 172-175

(Simka2006) [Model of a True Random Number Generator Aimed at Cryptographic Applications](#)

Simka, M.; Fischer, V.; Drutarovsky, M. & Fayolle, J.
IEEE International Symposium On Circuits and Systems (ISCAS 06) , Island of KOS, Greece 21-24 May 2006

(Soloway1994) [Learner-centered design: the challenge for HCI in the 21st century](#)

Soloway, E.; Guzdial, M. & Hay, K.E.
Interactions,
1994 , Vol. 1 , N°. 2 , pp. 36 - 48

(Sompe2004) [Resource Harvesting within the OAI-PMH Framework](#)

de Sompe, H.V.; Nelson, M.L.; Lagoze, C. & Warner, S.
D-Lib Magazine,
2004 , Vol. 10 , N°. 12

(Terpstra2003) [A Peer-to-Peer Approach to Content-Based Publish/Subscribe](#)

Terpstra, W.W.; Behne, S.; Fiege, L.; Zeidler, A. & Buchmann, A.P.

Proceedings of the 2nd international workshop on Distributed event-based systems table of contents SESSION: Overlay networks, peer-to-peer computing an event-based middleware table of contents San diego 2003 , pp. 1-8

(Weber1997) [User Modeling and Adaptive Navigation Support in WWW-based Tutoring Systems](#)

Weber, G. & Specht, M.

Verlag, S. (*ed.*)

1997 , pp. 289-300

(ws-federation) [Web Services Federation Language \(WS-Federation\). Version 1.0](#),
BEA; IBM; Microsoft; Security, R. & VeriSign.

(Zimmer2003) [Un centre de ressources virtuel partagé](#)

Zimmer, T.; Geoffroy, D.; Billaud, M. & Danto, Y.

Cetsis 2003 Nancy 2003 , Vol. II , N°. E4 , pp. 443

(Zongkai2007) [Research and development of web-based virtual online classroom](#)

Zongkai Yanga, b. & Liu, Q.

Computers & Education,

2007 , Vol. 48 , pp. 171-184

CHAPITRE 3 :

RETOUR D'EXPÉRIENCE SUR EDEN3 : UN CAMPUS NUMÉRIQUE PRAGMATIQUE ET EFFICACE

TABLE DES MATIÈRES

1. Un Modèle Pragmatique.....	101
1.1 Aspects Pédagogiques.....	102
1.2 Un Campus Numérique Pour Qui? Pour Quoi?.....	102
1.3 Aspects Économiques.....	103
2. Le Dispositif Pédagogique.....	104
3. Retour d'expériences	106
3.1. Point de vue de l'étudiant.....	106
3.2. Point de vue de l'entreprise.....	106
3.3. Point de vue de l'école.....	106
4. Conclusion.....	107
5. Bibliographie.....	108

1. UN MODÈLE PRAGMATIQUE

Nous présentons dans ce chapitre notre dispositif pédagogique EDEN3 (Enseignement à Distance en Ecole d'ingénieurs 3^{ème} année), qui a débuté durant l'année universitaire 1999-2000 et connaît depuis lors une constante extension : nombre d'étudiants impliqués, nombre de modules de formation proposés, et nombre d'écoles partenaires. Mon implication dans ce projet a été au niveau de la définition stratégique des objectifs, dans l'organisation pédagogique et dans le suivi opérationnel.

L'objet de ce chapitre est de présenter l'approche stratégique qui nous a permis de mettre en place rapidement un campus numérique qui soit d'une part fonctionnel et d'autre part viable économiquement. Le maître mot qui a présidé à notre réflexion à la fin des années 90 est « pragmatisme » et ce sur tout les plans : pédagogie, cible visée, modèle économique. Nous allons détailler ci dessous chacun de ces points.

Revenons cependant rapidement sur l'historique du projet. Dans le cadre de l'extension de l'ISTASE¹ (création de nouvelles filières), le ministère et la Commission des Titres d'Ingénieurs (CTI) ont validé une formule d'enseignement à distance dans le cadre de la troisième année d'études, formule accessible à une partie de la promotion. Cette demande a été intégrée très rapidement dans les évolutions de l'ESIA².

En 1999, la phase d'élaboration du projet (mise en œuvre d'une maquette pédagogique) a été menée à bien, conduisant à la première phase opérationnelle à la rentrée 2000 proposée à quelques étudiants de 3^{ème} année ISTASE. Une extension rapide à d'autres écoles partenaires a été amorcée dès la rentrée 2001. L'ISTASE a étoffé son catalogue de modules (une cinquantaine actuellement) et augmenté le nombre d'étudiants (environ 15% d'une promotion soit une vingtaine d'élèves). Les autres écoles partenaires (ESIA, ESIGEC³, ENSIL⁴, ISITV⁵) déploient actuellement le dispositif.

L'objectif essentiel d'EDEN3 est de proposer une formule d'enseignement à distance pour la dernière année d'école d'ingénieurs utilisant les Technologies de l'Information et de la Communication en Education (TICE) et de renforcer l'autonomie des élèves par une personnalisation accentuée de leur cursus de formation. Le diplôme ainsi obtenu est similaire au diplôme délivré habituellement par les différentes écoles partenaires (au maximum 20% de différence). Ainsi, le campus numérique correspond à une alternative de formation pour la dernière année d'école d'ingénieur.

Les éléments de différenciation du dispositif sont :

- association d'une démarche d'autoformation et de tutorat renforcé,
- introduction d'un stage de longue durée en entreprise (10 mois). Durant le stage en entreprise, une journée par semaine est libérée pour la formation initiale dispensée par télé-enseignement,
- la mise en œuvre d'une relation forte entre écoles et entreprises au travers de conventions d'expertise.

Trois autres objectifs sont visés via ce dispositif d'enseignement à distance :

- la création de partenariat école/entreprise autour de projets de recherche-développement,
- le renforcement des échanges pédagogiques dans le cadre du réseau d'écoles par la mise en

¹ ISTASE : Institut Supérieur des Techniques Avancées de Saint Etienne

² ESIA : Ecole Supérieure d'Ingénieurs d'Annecy

³ ESIGEC : Ecole Supérieure d'Ingénieur de Chambéry

⁴ ENSIL : Ecole Nationale Supérieure d'Ingénieurs de Limoges

⁵ ISITV : Institut Supérieur des Ingénieurs de Toulon et du Var

- commun de modules complémentaires,
- le développement de l'offre de formation continue des écoles.

1.1 Aspects Pédagogiques

Pour atteindre ces objectifs, il ne nous a pas paru raisonnable de mettre en oeuvre un dispositif centré sur l'auto apprentissage. En effet, nous n'avions (et nous n'avons toujours pas) les moyens de développer des supports de cours et de travaux dirigés très interactifs. Le bilan pédagogique réalisé dans notre école, y compris en présentiel, est que les étudiants sont tout à fait capables d'absorber et de comprendre seuls une part importante des supports de formation mais qu'il y a quelques « points durs » pour lesquels une aide extérieure est indispensable afin de franchir le saut cognitif. Ainsi, l'existence d'un support de formation est indispensable mais sa forme n'est pas critique. Ceci induit le fait que le rôle joué traditionnellement par l'enseignant en présentiel doit être repris en formation ouverte et à distance. Nous croyons assez peu au fait que ce soit un support interactif, forcément prédéfini, qui soit capable de fournir les réponses à *l'ensemble des questionnements* posés par les apprenants. Le support peut proposer une aide pour les problèmes les plus courants mais en aucun cas être omniscient. Il est donc indispensable d'avoir un apport d'expertise humaine dans le dispositif.

Ce constat réalisé, nous avons fait le choix de privilégier très fortement cet aspect tutorat par rapport à la production de supports de formation et ceci pour les raisons suivantes :

- la cible visée (dernière année d'école d'ingénieurs) induit des modules de spécialités à durée de vie courte. Nous n'avons pas les moyens humains de produire des supports de cours interactifs en interne et pas les moyens financiers de sous traiter à l'extérieur cette production,
- l'existence au niveau mondial d'un nombre de ressources très important, ressources par ailleurs pertinentes et accessibles,
- le comportement classique des élèves qui privilégient souvent des supports extérieurs par rapport au support officiel de la formation...
- la volonté de s'affranchir du temps de développement de supports interactifs de très haute qualité.

Ainsi, cette approche nous a permis d'ouvrir immédiatement notre campus numérique et depuis de l'étendre progressivement en ajoutant les nouveaux modules. Un module est éligible à notre campus a deux conditions :

- il existe un support de formation accessible en ligne (pages html, document pdf, support interactif,...)
- surtout l'enseignant titulaire s'engage à tutorer l'apprenant. Cet engagement est assez fort dans la mesure où il implique une certaine disponibilité de l'enseignant vis à vis des apprenants distants (par courriel interposé majoritairement). Nous verrons au chapitre économique que cet effort est aussi pris en charge d'un point de vue financier.

1.2 Un Campus Numérique Pour Qui? Pour Quoi?

Le choix de privilégier le tutorat par rapport à la production de support interactif nous a donc permis de lancer très rapidement le dispositif EDEN3. Cependant, nous n'avons pas voulu d'un

dispositif qui soit piloté par l'offre mais plutôt par la demande. L'idée n'est donc pas de « mettre sur le marché » un lot de cours et d'attendre que ceux ci intéressent quelqu'un mais de coconstruire le dispositif avec les utilisateurs qui à notre sens, sont non seulement les apprenants, mais aussi les entreprises qui vont recruter ces personnes après leur diplôme. Il est donc essentiel que ces deux populations trouvent une valeur ajoutée au fait d'assurer l'enseignement à distance.

Nous avons donc bâti un campus numérique autour du triangle formateur-apprenant-entreprise. Nous avons vu que l'enseignant doit s'engager clairement à tutorer de manière suivie les apprenants sous sa responsabilité. Les apprenants doivent aussi avoir une démarche volontaire. En effet, ce sont eux qui deviennent réellement les acteurs de leur formation :

- ils choisissent leurs modules de formation parmi un catalogue plus large que celui proposé par leur école d'origine (intérêt du fonctionnement avec des écoles partenaires) afin de donner une coloration particulière à leur diplôme,
- ils définissent de façon cohérente le timing de leur formation (ordre des cours, moment d'étude au cours de l'année, ...) dans la mesure où cela est pédagogiquement cohérent,
- ils sont chargés de faire appel à des ressources extérieures lors de difficultés d'apprentissage.

Pour toutes ces raisons, nous sélectionnons les élèves qui souhaitent suivre ce dispositif sur des critères de maturité du projet professionnel et de maturité personnelle (réflexion sur les avantages et risques de la situation de formation à distance et de l'isolement apparent lors de l'apprentissage). Les critères d'ordre scientifique (notes, ...) sont aussi pris en compte mais dans une moindre mesure.

Les entreprises sont le troisième pôle de notre campus numérique. Pour autant, il s'agit bien de formation initiale mais au travers de ce campus, nous amenons nos étudiants à s'insérer plus rapidement dans leur future activité professionnelle, notamment par un stage de très longue durée (10 mois) avec un système de « temps partagé ». L'intérêt des entreprises est de disposer d'un futur ingénieur mis en situation sur des projets de recherche et développement d'envergure. La durée du stage, même à raison de 4 jours par semaine autorise la maturation nécessaire au sujet à traiter. Par ailleurs, les entreprises bénéficient indirectement du tutorat réalisé auprès de l'élève puisque pour bon nombre de modules de formation l'évaluation est faite au travers de projets issus du travail en entreprise. Cet apport de l'école en direction de l'entreprise est conventionné sous la forme de contrat d'expertise des enseignants chercheurs de l'école.

La décision d'impliquer un étudiant en formation à distance n'est prise que lorsque le triptyque est réuni : l'école est capable de fournir les modules de formation souhaitée par l'apprenant, l'apprenant est « mûr » pour suivre sa dernière année de formation à distance, une entreprise est d'accord pour accueillir l'apprenant dans ses murs et lui laisser du temps libre pour la formation initiale. Ce système présente alors une valeur ajoutée forte pour chacun des acteurs :

- en premier lieu pour l'élève qui bénéficie à la fois d'une première expérience industrielle importante, d'une coloration individuelle de son diplôme et de connaissances acquises robustes (conséquence de l'évaluation par projets)
- en deuxième lieu pour l'entreprise qui peut par ce biais réaliser des projets novateurs importants, co-former des futurs collaborateurs, et nouer des relations fortes avec une école d'ingénieurs et ses laboratoires de recherches.
- en dernier lieu pour l'école qui reste en contact permanent avec les besoins du milieu industriel et actualise en permanence les modules de formation, et ses enseignants qui valorisent leur travail au travers des nouveaux dispositifs technologiques.

1.3 Aspects Économiques

Les aspects économiques sont aussi essentiels. Il est illusoire de monter un dispositif de formation sans prévoir son modèle économique. Il nous semble qu'il existe aujourd'hui deux grands modèles économiques de l'enseignement à distance :

- un modèle basé sur la rentabilité de la masse d'utilisateurs du type formation à la bureautique pour lequel il est raisonnable de développer des modules très interactifs donc très chers avec un retour sur investissement lié au nombre d'apprenants utilisant le support.
- Un modèle basé sur la spécialisation : modules de formation pointu, ciblés sur une population restreinte avec une durée de vie courte, pour lesquels la rentabilité ne peut être atteinte que si les coûts de production demeurent faibles.

Il est clair que nous avons choisi le second modèle. Les coûts de production des supports de formation sont faibles car pris en compte par ailleurs, dans l'enseignement présentiel. Les coûts de notre campus sont en fait liés au tutorat assuré par nos enseignants et à la mise à disposition de nos élèves de moyens adaptés (ordinateur portable, connexion internet haut débit). Ces coûts sont pris en charge évidemment par l'école mais aussi par l'entreprise. Ainsi un contrat lie l'école et l'entreprise autour d'une prestation de l'école associée au stage de l'étudiant, contrat intégrant un versement financier par ailleurs relativement modique de l'entreprise à l'école.

Les enseignants sont rémunérés pour leur service de tutorat à hauteur de une heure équivalent TD par élève encadré et par crédit ECTS (afin de valoriser les modules importants en terme d'heures). Ce modèle nous amène à un coût du tutorat par étudiant spécifique à l'enseignement à distance de l'ordre de 40H, ce qui correspond aux normes San Remo du coût d'un élève ingénieur.

Bien évidemment, les collectivités locales (Conseil Général, Conseil Régional, Ville) et nationales (Ministères,...) ont été sollicitées pour assurer le lancement du projet au travers d'investissement lourd de départ (serveurs en particulier).

Ce modèle économique nous a permis de disposer d'un campus numérique viable économiquement parlant dès son démarrage. A ce jour, plus de cents étudiants se sont formés par cette voie avec presque autant d'entreprises partenaires. La quasi totalité des élèves ont bénéficié d'offres d'emplois tout à fait intéressantes à l'issue de cette formation.

2. LE DISPOSITIF PÉDAGOGIQUE

La troisième et dernière année d'étude d'ingénieur est basée sur un stage de longue durée en entreprise (10 mois de novembre à août) et une période d'enseignement présentiel de 6 semaines (mi-septembre à fin octobre). Durant toute la durée du stage, une journée par semaine est libérée par l'entreprise pour permettre à l'étudiant de se consacrer à ses activités d'études organisées en modules. Cette journée est laissée libre au choix de l'entreprise et pourra varier en fonction des contraintes du projet d'entreprise d'une semaine à l'autre (en gardant la moyenne d'une journée libre par semaine).

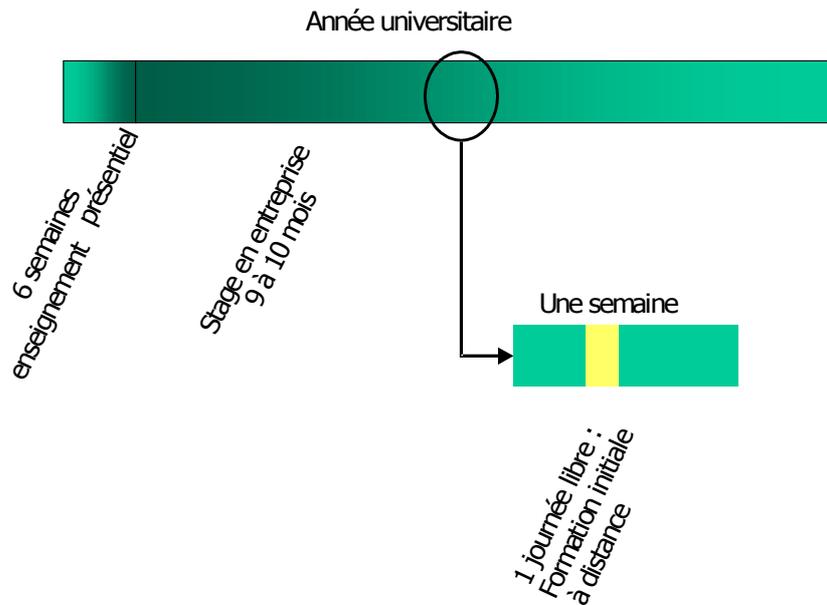


Figure 1 : Organisation pédagogique durant l'année universitaire.

L'étudiant suit un volume d'enseignement équivalent à celui de la formule normale de la troisième année d'école (~500 heures) avec toutefois une plus grande latitude dans le choix des modules. Cette latitude permet une meilleure adéquation avec les besoins liés au projet de développement mené.

Le choix des modules s'opère à partir de l'offre du réseau d'écoles pour une partie, un certain nombre de modules, dits de tronc commun, restant imposé par chaque école. La présence de ces modules obligatoires de tronc commun garantit la cohérence du diplôme délivré tandis que les modules dits optionnels permettent à l'étudiant d'adapter son cursus à son projet professionnel.

Cette situation d'autoformation s'accompagne pour chaque module d'un tutorat spécifique. Contrairement à l'enseignement traditionnel en présentiel, c'est l'étudiant qui est l'acteur de sa formation, à la fois par sa démarche d'autoformation et par le questionnement opéré directement auprès de l'enseignant. Par ailleurs, une procédure structurée et identique pour chaque module est définie pour assurer le suivi et le contrôle des différentes phases de travail de l'étudiant :

- définition d'une période d'étude de chaque module après concertation entre l'étudiant et l'enseignant responsable du module,
- à la date de début du module, l'enseignant fournit un planning d'avancement théorique du module,
- l'étudiant rend compte à chaque fin de mois de son état d'avancement réel pour chaque module,
- l'enseignant prend contact directement avec l'étudiant au moins deux fois durant l'ensemble de la phase d'étude du module.

Les relations directes enseignant-étudiant mobilisent les moyens modernes de communication (courrier électronique, visioconférence,...). Cet encadrement pédagogique s'exerce dans le cadre des journées consacrées à la formation initiale de l'élève ingénieur ainsi qu'en soirée de manière asynchrone.

L'une des contraintes principales d'EDEN3 est d'imposer d'une part que le stagiaire soit hors des locaux de l'entreprise durant cette période et d'autre part aux enseignants tuteurs une certaine

disponibilité ces jours là.

3. RETOUR D'EXPERIENCES

3.1. Point de vue de l'étudiant

Les étudiants participant actuellement à EDEN3 expriment les deux avantages suivants vis à vis du dispositif d'enseignement à distance :

1. une immersion précoce en entreprise qui permet d'acquérir une expérience sans commune mesure avec celle d'un stage classique,
2. une forte autonomie d'organisation des études.

Cette situation d'auto formation s'accompagne cependant d'un effort important : le temps consacré entre le stage industriel et l'étude des différents modules est probablement légèrement supérieur à celui d'un étudiant suivant sa troisième année de manière "classique".

De manière plus générale, l'accueil du dispositif par les étudiants est fortement dépendant de leur personnalité. Tous expriment cependant une attente de l'extension géographique des stages en particulier vers l'étranger.

Par ailleurs, il apparaît clairement que les relations directes de l'étudiant avec le responsable du module permettent un approfondissement plus important que les traditionnelles séances de travaux dirigés. De même, la pédagogie par projet mise en œuvre dans la plupart des modules leur a permis d'acquérir une formation peut être moins étendue mais plus approfondie sur certains points.

3.2. Point de vue de l'entreprise

Du point de vue des entreprises ayant accueilli au moins un stagiaire, EDEN3 leur permet :

- de disposer sur une longue période d'un futur ingénieur, ce qui permet de proposer des sujets de stages beaucoup plus ambitieux, et de tester la personne au sein d'une démarche de pré-embauche,
- de bénéficier des ressources de recherche et développement de l'école
- de développer un transfert de connaissances autour du projet industriel soumis à l'étudiant.

Par ailleurs, la journée de disponibilité accordée aux étudiants afin de leur permettre de poursuivre leur formation ne paraît pas être particulièrement contraignante (peu de différences par rapport à la mise en place des 35 heures de travail hebdomadaire).

3.3. Point de vue de l'école

Le dispositif pédagogique d'EDEN3 permet :

- une démarche pédagogique innovante vis à vis des étudiants,
- une motivation plus importante liée au développement de relations plus personnelles,
- le renforcement des partenariats avec les entreprises,
- le développement du fonctionnement en réseau d'école.

A court ou moyen terme, EDEN3 devrait avoir aussi des retombées au niveau de la formation classique (modification de maquettes pédagogiques via la diminution du volume des cours

magistraux, ...) ainsi que vers des actions de formation continue (anciens élèves, ...).

Ce système nous a amené à modifier aussi notre position vis à vis du contrôle des connaissances.

En effet, l'organisation d'examens "papier" commun à tous les étudiants devient impossible pour le télé enseignement (problème des plannings individualisés). Nous nous sommes donc orientés vers une forme d'évaluation "continue" basée sur des projets et sur le suivi du travail fourni (relations professeur - étudiant).

Enfin, il est évident que ce système a une répercussion importante sur la charge de travail des collègues impliqués dans EDEN3 (production des supports, tutorats individualisés, ...). Cependant, ce système leur permet aussi une organisation plus souple (travail à distance possible) et un contact plus enrichissant avec les étudiants. Le problème de l'intégration dans les services d'enseignement de la surcharge de travail liée à EDEN3 reste une question ouverte, chaque école apportant une réponse spécifique et partielle.

4. CONCLUSION

Le retour d'expérience que nous avons cumulé durant les cinq années de fonctionnement est extrêmement positif tant du point de vue des étudiants, des enseignants que des entreprises partenaires.

Les atouts majeurs de la mise en place de notre dispositif de formation à distance sont

- la réflexion induite sur les pratiques pédagogiques (y compris en enseignement présentiel) en particulier via l'utilisation renforcée de pédagogie par projets
- la dynamisation des équipes pédagogiques tant du point de vue formation à distance qu'en enseignement traditionnel,
- le développement de partenariats « forts » entre les différentes écoles,
- une efficacité accrue du stage en entreprise,
- le renforcement de partenariats industriels.

Enfin, nous souhaitons insister sur le fait que le métier d'enseignant ne disparaît pas avec l'enseignement à distance, bien au contraire puisque nous privilégions la qualité du tutorat par rapport aux aspects multimédia des supports. Nous sollicitons une relation de type « maître disciple ». Il est évident que ce système demande un investissement en travail plus important tant aux étudiants qu'aux enseignants, mais le résultat obtenu en terme de qualité de formation est particulièrement valorisant.

La nouvelle frontière de notre dispositif de formation à distance est l'intégration des travaux pratiques qui demeurent essentiels dans une formation technologique. L'une des caractéristiques des formations en ingénierie et technologie est de nécessiter des apprentissages pratiques sur des dispositifs technologiques. Pour atteindre cet objectif de formation pratique, deux grandes voies existent :

- d'une part la simulation sur ordinateur des dispositifs matériels, en s'approchant autant que possible de la réalité. Nous parlerons alors de TP *virtuels*.
- D'autre part, le pilotage au travers d'Internet des dispositifs réels. Nous parlerons alors de TP *distants*.

Les deux voies ne sont en aucune manière exclusives mais plutôt complémentaires, de la même manière qu'en formation traditionnelle la simulation et la pratique coexistent dans nos maquettes pédagogiques de formation d'ingénieur. Un groupe de travail du consortium UNIT ⁶a donc pour objectif transversal d'étudier à la fois les solutions de TP virtuels et de TP distants.

Par ailleurs nous développons à l'Istase une activité de recherche et développement ayant pour but de mettre en oeuvre une plateforme commune et générique pour le contrôle distant et collaboratif d'instruments de hautes technologies.

5. BIBLIOGRAPHIE

La bibliographie sur le « eLearning » est très abondante. Il n'est pas l'objet de ce document de présenter une étude de synthèse des différentes approches de la formation à distance.

Les lecteurs intéressés pourront donc se référer aux différentes communications suivantes pour approfondir la réflexion sur *notre* approche.

(Bayard2002) [Projet WebAnalyzer Internet et l'instrumentation à distance](#)

Bayard, B.; Sauviac, B.; Fayolle, J.; Allard, B. & Noyel, G.

TICE 2002, Technologies de l'information et de la communication dans l'Enseignement Supérieur et l'Entreprise INSA Lyon 13-15 Novembre **2002** , pp. 415-416

(Fayolle2001) [Third year in engineering school by e-learning](#)

Fayolle, J.; Fouquet, R. & Jacquet, G.

EAEIE 12th international conference in education for electrical and information engineering Nancy 14-16 May **2001** , pp. 109-114

(Fayolle2001b) [L'apport des projets dans une démarche d'enseignement à distance en 3ème année d'école d'ingénieur](#)

Fayolle, J.; Jacquet, G. & Fouquet, R.

Pédagogie par projets Brest 27-29 Juin **2001**

(Fayolle2002) [EDEN3 : Dispositif pédagogique pour l'enseignement à distance en dernière année d'école d'ingénieur retour d'expérience et positionnement stratégique](#)

Fayolle, J. & Lottin, J.

TICE 2002, Technologies de l'information et de la communication dans l'Enseignement Supérieur et l'Entreprise INSA Lyon 13-15 Novembre **2002** , pp. 335-336

(Fayolle2004) [A pragmatic approach of e-learning and virtual university experiences and strategic points of view on the virtual campus EDEN3](#)

Fayolle, J.

Information Technologies in Higher Education,
2004 , Vol. 1 , N°. 1 , pp. 51-57

(Fayolle2004a) [Evaluation of the different costs of the virtual universities](#)

Fayolle, J.

⁶ UNIT : Université Numérique Ingénierie et Technologie

Information Technologies in Higher Education,
2004 , Vol. 1 , N°. 2 , pp. 56-62

(Fayolle2004b) [A general and secure corba framework for distant control of instruments](#)

Fayolle, J.; Bayard, B.; Sauviac, B. & Noyel, G.

IFAC Workshop Internet Based Control Education IBCE'04 Grenoble 5-7 Septembre 2004

(Fayolle2004c) [Travaux collaboratifs distants dans le cadre de l'ingénierie et de l'actualisation des connaissances](#)

Fayolle, J.

AFME '04 Colloque de l'association Francophone de Management Electronique , Saint Etienne 24 Septembre 2004

(Gravier2005a) [Effets pédagogiques dans un procédé collaboratif d'instrumentation distante appliquée aux appareils de haute technologie](#)

Gravier, C.; Fayolle, J.; Bayard, B. & Noyel, G.

EEA CETSIS'05, 5ème colloque sur l'enseignement des technologies et des sciences de l'information et des systèmes , Nancy , FRANCE 26-28 Octobre 2005

(Gravier2005b) [Impact des nouvelles technologies de pilotage distant sur le management des PME/PMI - facteurs de réussite](#)

Gravier, C. & Fayolle, J.

AFME'05, Congrès de l'association Francophone de Management Electronique , Saint etienne, france 8 Decembre 2005

(Gravier2005c) [Les tenants et aboutissements du contrôle distant d'appareil de haute technologie dans le monde des STIC](#)

Gravier, C. & Fayolle, J.

ASTI'05, 2èmes rencontres des Sciences et Technologies de l'Information , Clermont Ferrand, FRANCE 24-26 Octobre 2005

CHAPITRE 4

ACTIVITÉS DE RECHERCHE EN TRAITEMENT D'IMAGES

TABLE DES MATIÈRES

1. Introduction.....	111
2. Caractérisation de frontières d'objets par traitement d'images.....	112
3. Mesure des déformations locales d'objets non rigides par traitement d'images.....	115
4. Mesure globale du mouvement par traitement d'images.....	117
5. Applications.....	119
6. Conclusion.....	120
7. Bibliographie.....	121

1. INTRODUCTION

Il importe tout d'abord de situer le contexte de mes activités de recherche en traitement d'images aussi bien du point de vue temporel que de l'environnement de travail et des thèmes de recherche.

D'octobre 1994 à octobre 1997, j'ai été allocataire de recherche du Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche (MESR). Ma thèse, présentée le 18 décembre 1996, est une contribution à la mesure de mouvements ou de déformations d'objets non rigides par des techniques de traitement d'images. L'application principale des méthodes développées est la mesure de déplacements au sein d'écoulements turbulents. J'ai poursuivi cette activité de recherche en traitement d'images jusqu'en 2000, date à laquelle je me suis réinvesti dans la recherche en systèmes d'informations et en enseignement à distance.

Les travaux en traitement d'images ont été réalisés au sein de l'équipe Système de Vision pour l'Etude des Mouvements (SVEM) du laboratoire Traitement du Signal et Instrumentation (unité mixte de recherche CNRS). La thématique de recherche de l'équipe SVEM est d'une part le développement de systèmes vidéos rapides et d'autre part le développement d'algorithmes de traitement d'images pour la mesure de déplacements et de vitesses d'objets non rigides (par exemple pour l'étude d'écoulements turbulents). Au sein de cette équipe, ma contribution s'est inscrits dans l'opération « Développement d'algorithmes de traitement d'images pour la mesure de déplacements d'objets non rigides », concernant les domaines suivants :

- le traitement d'images et le traitement du signal (développement de nouveaux algorithmes),
- le génie informatique (mise en œuvre et diffusion de ces algorithmes),
- et, de manière accessoire, la mécanique des fluides (comme exemple d'application des algorithmes de traitements du signal).

Les algorithmes introduits ont pour but la mesure du mouvement d'objets non rigides via la caractérisation des frontières d'objets ou la modélisation mathématique du mouvement.

Ce thème de recherche était motivé par un problème important en mécanique des fluides, à savoir les phénomènes de diffusion turbulente, de diffusion moléculaire et de mouvement interne dans un écoulement turbulent. En particulier, les équations de Navier-Stokes qui régissent de tels phénomènes ne sont résolus analytiquement que dans des cas très simples. Ainsi, les possibilités de mesures offertes par les techniques de traitement d'images apparaissent intéressantes. L'objectif était donc de développer des algorithmes de traitement d'images afin de pouvoir mesurer des champs de vitesses dans un écoulement turbulent, et ainsi de donner au mécanicien des fluides les informations nécessaires à la déduction des caractéristiques physiques de l'écoulement.

Les visualisations d'écoulements sont habituellement réalisées en introduisant dans le fluide de petites particules servant de traceurs. Suivant le diamètre de ces particules et le grandissement optique du système d'acquisition d'images, il est possible ou non d'individualiser les traces de ces marqueurs sur les images obtenues. Dans le cas où l'individualisation des traces des particules est impossible, nous parlerons "d'images de nuages de fumée" (dans le cas contraire, nous parlerons "d'images de particules"). Un nuage de fumée peut être vu comme un objet non rigide. Je me suis donc attaché à développer des méthodes capables de déterminer les déplacements et les déformations de tels objets. Pour cela, j'ai proposé une méthode de mesure basée sur la

caractérisation de points singuliers de l'objet et sur le suivi de ces points sur une séquence d'images. Je présente brièvement ci-après les diverses étapes de cette méthode : tout d'abord la caractérisation des singularités des frontières d'objets (paragraphe 2), puis le suivi de ces points sur une séquence d'images (paragraphe 3). Les résultats obtenus montrent que cette méthode possède un caractère général et n'est pas restreinte à l'application en mécanique des fluides.

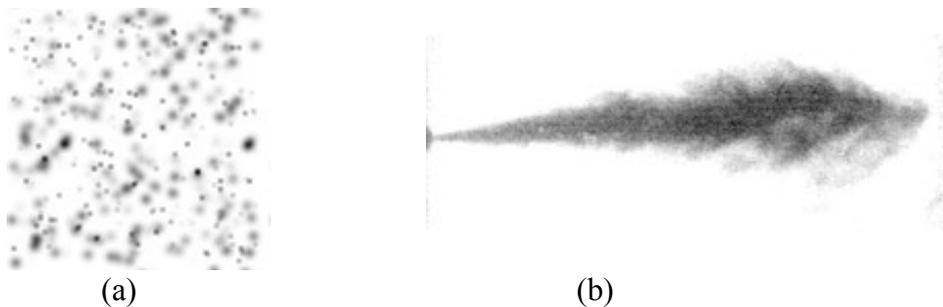


Figure 1 : (a) Image de particules, (b) Image de fumée (injection diesel)

Dans un second temps, je présente un autre volet de mes activités de recherche : le développement de nouvelles techniques de mesure du déplacement global d'objets. Pour cela, le mouvement est déterminé soit par la résolution d'une équation aux dérivées partielles soit par la minimisation (ou la maximisation) d'une fonction de coût. Dans les deux cas, il s'agit d'identifier des paramètres mathématiques liés au déplacement de l'objet dans une zone. La détermination du mouvement est donc globale, contrairement à la technique précédente qui fournit des informations locales. Les techniques classiques de mesure globale du mouvement sont fondées sur la recherche du maximum de corrélation entre différents motifs, c'est à dire sur la recherche du meilleur recouvrement possible entre un motif et une zone correspondante de l'image suivante. Au contraire, les techniques proposées dans le cadre de mes activités de recherche (identification et cepstre) proviennent d'une modélisation du déplacement sous forme d'écho. Ces deux méthodes permettent de mesurer le déplacement moyen d'objets de façon plus précise. De plus, elles permettent d'obtenir des informations complémentaires telles que le majorant de la norme des gradients de déplacements. Nous appliquons ces techniques essentiellement au cas d'images de particules. Ces techniques sont décrites au paragraphe 4.

Je présente ensuite différentes applications de ces méthodes de mesure de déplacement d'objets non rigides pour la mécanique des fluides (paragraphe 5), applications qui ont été mises en oeuvre au cours de cette activité..

2. CARACTÉRISATION DE FRONTIÈRES D'OBJETS PAR TRAITEMENT D'IMAGES

La caractérisation de singularités mono ou bi dimensionnelles est un problème classique de traitement du signal. Les applications sont multiples : comparaison de la vision humaine et de la vision artificielle, reconnaissance de formes, suivi d'objets dans une scène, consultation automatique de banques d'images. Dans le cadre de mes travaux de recherche, j'ai proposé une méthode originale de détection et de caractérisation de frontières [Fayolle1998]. Nous adoptons ici la définition suivante pour le terme de frontière : une frontière correspond à une singularité filtrée du signal étudié. La notion de filtrage est importante car, en pratique, il n'existe pas de singularités pures (phénomène lié à l'utilisation d'un système d'acquisition avec tous ses défauts intrinsèques :

optiques, électroniques, etc...). La méthode de caractérisation de frontières proposée est innovante dans la mesure où elle permet de mesurer conjointement l'amplitude, le lissage et la courbure des frontières alors que les algorithmes existants proposent simplement des mesures de courbures *ou* de lissage de frontières (les algorithmes les plus connus sont ceux de Rosenfeld et de Mallat [Rosenfeld1973, Mallat1989, Mallat1992, Mallat1992a]).

La méthode développée permet de caractériser les frontières à l'aide de trois paramètres : le coefficient de régularité locale (coefficient de Lipschitz), la longueur et l'amplitude de la transition. La longueur correspond à la taille de l'intervalle sur lequel la fonction de gris change de valeur (c'est à dire au degré de lissage de la frontière) et l'amplitude correspond à la différence entre les deux valeurs stables de la fonction de gris (cf figure 2). L'estimation du coefficient de régularité locale permet de trier parmi les différents types de frontières existantes dans une image et ainsi d'extraire seulement les frontières correspondant à l'objet (via l'élimination des frontières correspondant à du bruit). La méthode proposée suit une approche multi-échelle par transformée en ondelettes continues. L'algorithme se situe donc dans la littérature comme une extension des mesures de singularités locales proposées par Stéphane Mallat en 1992 (Mallat1992, Mallat1992a).

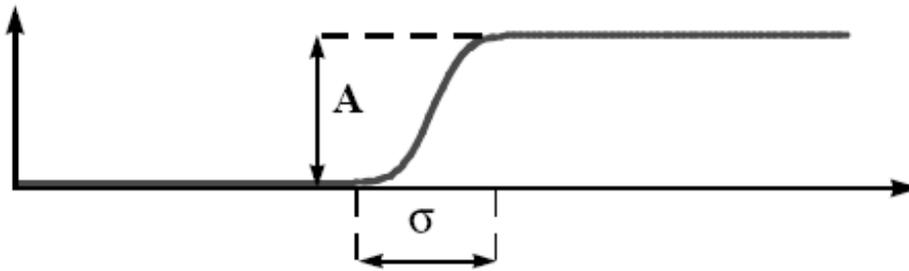


Figure 2 : Schéma de principe d'une coupe d'une frontière, A est l'amplitude entre les niveaux de gris et σ le degré de lissage.

Détaillons à présent le principe de l'algorithme. Nous considérons trois types de singularités filtrées : bord d'objet, lignes et points. Un calcul différentiel simple montre qu'il correspond à ces différents types des valeurs différentes du coefficient de Lipschitz : -2 pour le point, -1 pour la ligne et 0 pour le bord d'objet. A partir d'une image en niveaux de gris, nous pouvons extraire les frontières à différentes échelles par transformée en ondelettes. Pour cela, nous choisissons une ondelette dérivée première d'une fonction de lissage (par exemple la dérivée d'une gaussienne). Les frontières sont alors détectées comme les points de maximum local du module de la transformée en ondelettes. Les points ainsi détectés correspondent à ceux détectés par le critère de Canny (points dont le module de la dérivée de la fonction de gris est maximal dans la direction du gradient). Ainsi, nous pouvons détecter les frontières à différentes échelles en faisant varier l'écart type de la fonction de lissage. Nous pouvons alors construire pour chacun des points-frontières une courbe décrivant la variation du module de la transformée en ondelettes à travers les échelles. La pente de cette courbe pour les grandes échelles est égale au coefficient de Lipschitz du point-frontière considéré. De façon pratique, ce coefficient est déterminé par le meilleur ajustement linéaire (par moindres carrés) entre la variation expérimentale du module de la transformée en ondelettes et les modèles théoriques de variation de ce module pour les trois types de singularités considérés (point, ligne et bord d'objet). Une fois déterminé pour chaque point-frontière quel est le type de singularité sous-jacente, il est aisé de le caractériser complètement. En effet, nous avons déterminé pour chacun des types de frontières la courbe de variation théorique du module de la transformée en ondelettes. Ces courbes dépendent de deux paramètres : la longueur et l'amplitude de la frontière.

Ainsi, à partir du résultat de l'ajustement linéaire et des différents modèles théoriques de comportement de singularités, nous pouvons déduire pour chaque point-frontière ses valeurs caractéristiques (longueur et amplitude).

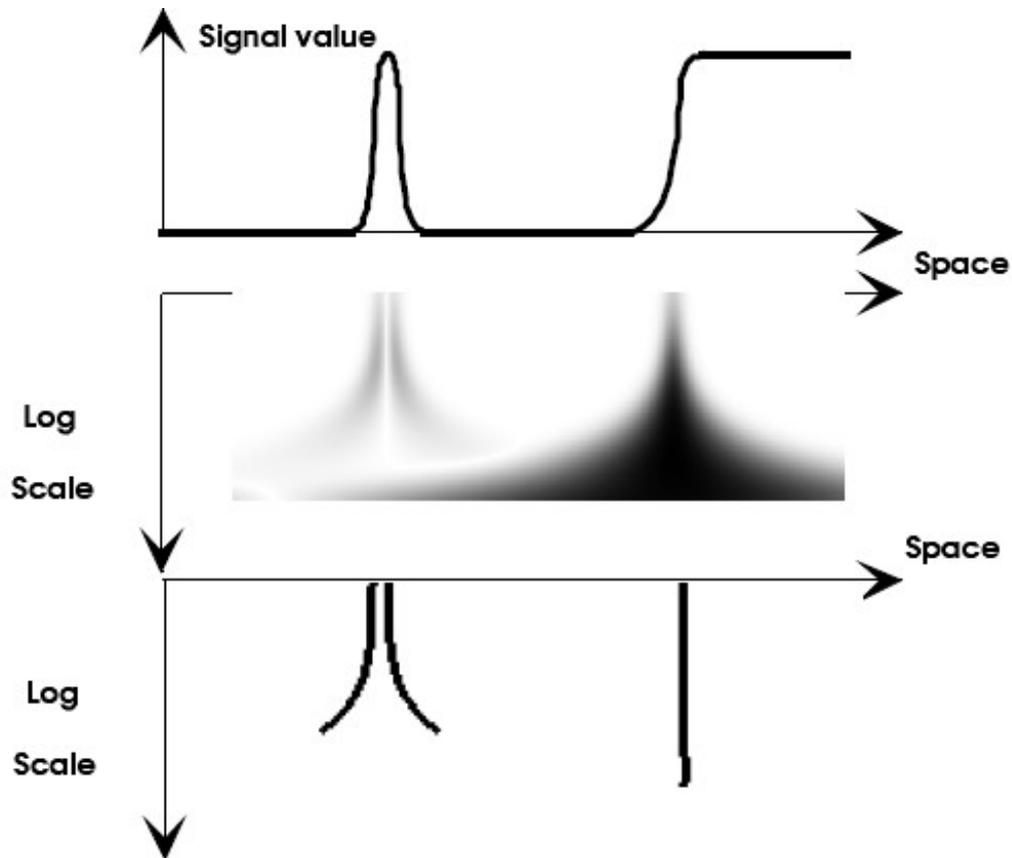


Figure 3 : Principe de la détection de frontière sur un signal mono dimensionnel (en haut), transformée en ondelettes avec une ondelette de lissage (au milieu) et détection des lignes de maxima (en bas). La variation du signal le long de ses lignes de maxima donne le type de singularité (ligne ou front).

Une conséquence de l'algorithme présenté ci dessus est l'obtention de points caractéristiques robustes directement à partir d'une image en niveaux de gris [Fayolle1998,Fayolle200a]. Pour cela, il suffit, en effet, d'étudier le signal mono dimensionnel de la variation de la direction du vecteur gradient le long des frontières de l'objet (parcours en abscisse curviligne). Les points singuliers de ce signal correspondent aux points de forte transition de la direction du vecteur gradient, qui est normale à la direction de la frontière. Il s'agit donc de points de forte courbure de la frontière, points admis comme étant caractéristiques de sa forme. La caractérisation des singularités de ce signal nous permet tout d'abord d'éliminer les singularités correspondant à du bruit (singularités du type point et non pas bord d'objet). Les points retenus correspondent alors à des changements notables de la direction du vecteur gradient, donc de la direction de la frontière. Dans un second temps, la mesure de la longueur et de l'amplitude de chacune de ces singularités (par l'algorithme précédent) nous permet de remonter à la courbure locale de la frontière. En effet, celle ci est donnée par le rapport entre l'amplitude et la longueur de transition. (Le signal étudié représentant la variation de la direction du vecteur gradient, l'amplitude d'une singularité représente une différence angulaire et la longueur de transition de la singularité est égale à la longueur d'arc de frontière sur lequel la transition a lieu). Il suffit alors de seuiller la valeur de la courbure obtenue en chaque point singulier

de la frontière pour extraire ses points caractéristiques.

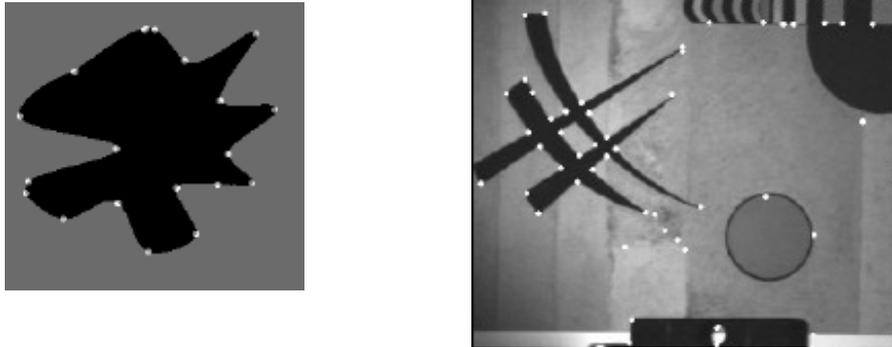


Figure 4 : Détection de points caractéristiques

Cette approche présente de nombreux avantages vis à vis des algorithmes classiques de détection de points caractéristiques qui mesurent la courbure locale par approximation polygonale des frontières. Les principaux avantages de notre méthode sont d'une part de travailler directement sur une image en niveaux de gris et d'autre part sa robustesse. Nous avons testé cet algorithme en fonction des principaux paramètres pouvant varier lors de la prise d'images : le point de vue, le changement d'échelle (zoom), la rotation image, le changement d'éclairage uniforme, le changement de position de la source lumineuse, le rapport signal sur bruit. Pour chacun de ces paramètres, nous avons mesuré une très bonne conservation de la localisation des points caractéristiques détectés. En effet, environ 75% des points caractéristiques détectés conservent la même localisation, y compris pour des changements drastiques des valeurs de ces paramètres [Fayolle2000a]. Ces mesures permettent de conclure à la fois à la bonne robustesse de l'algorithme de caractérisation de frontières et de l'algorithme de détermination des points caractéristiques. Etant assuré de la pérennité de la localisation de ces points sur une séquence d'images, nous pouvons nous en servir afin de mesurer des déplacements d'objets.

3. MESURE DES DÉFORMATIONS LOCALES D'OBJETS NON RIGIDES PAR TRAITEMENT D'IMAGES

La mesure du déplacement d'objets à partir d'une séquence d'images est un thème classique en traitement d'images. Ainsi, de nombreux algorithmes ont été proposés et ont fait leurs preuves pour mesurer le déplacement d'objets rigides. Cependant, si l'objet se déforme au cours du déplacement, ces algorithmes sont pris en défaut. Il est donc important de proposer des algorithmes de mesure de mouvement dans le cas où l'objet est non rigide. Nous parlons alors de mesure de déformation. Un certain nombre d'algorithmes, en particulier dans le cas d'images biomédicales, ont été proposés dans le cadre du groupe de recherche « modèles déformables » du GDR ISIS. Un exemple typique d'application de la mesure de déplacement d'objets non rigides est l'étude des écoulements de fluides. J'ai proposé une solution originale à la mesure de déformation. Les techniques classiques (flot optique, corrélation, ...) étant inaptes dans ce cas, l'une des seules approches possibles est le suivi de structures caractéristiques des objets entre images successives. Il s'agit donc de résoudre un problème classique de traitement d'image : le problème de mise en correspondance de points ou de structures caractéristiques. L'obtention de telles correspondances permet de déduire les champs de déplacement associés.

La première étape de ce type d'algorithme est l'extraction de structures caractéristiques adaptées. Nous avons montré qu'une bonne solution à ce problème est donnée par l'algorithme de caractérisation de frontières. La deuxième étape de la mesure de déplacement est le suivi de ces points caractéristiques entre images successives. Plusieurs voies ont été explorées (plus proche voisin, corrélation, ...). Le principe retenu est multi-critères :

- conservation de la direction du vecteur gradient local entre deux images successives. Ceci correspond à une hypothèse de faible déformation de la frontière de l'objet (relativement au déplacement). Nous recherchons donc, point à point, le point caractéristique de la seconde image dont le vecteur gradient associé est proche de celui de la première image (utilisation d'une distance adaptée pour réaliser la comparaison entre ces vecteurs),

- mise en place de contraintes du type cohérence spatiale et temporelle des trajectoires obtenues sur de longues séquences d'images.

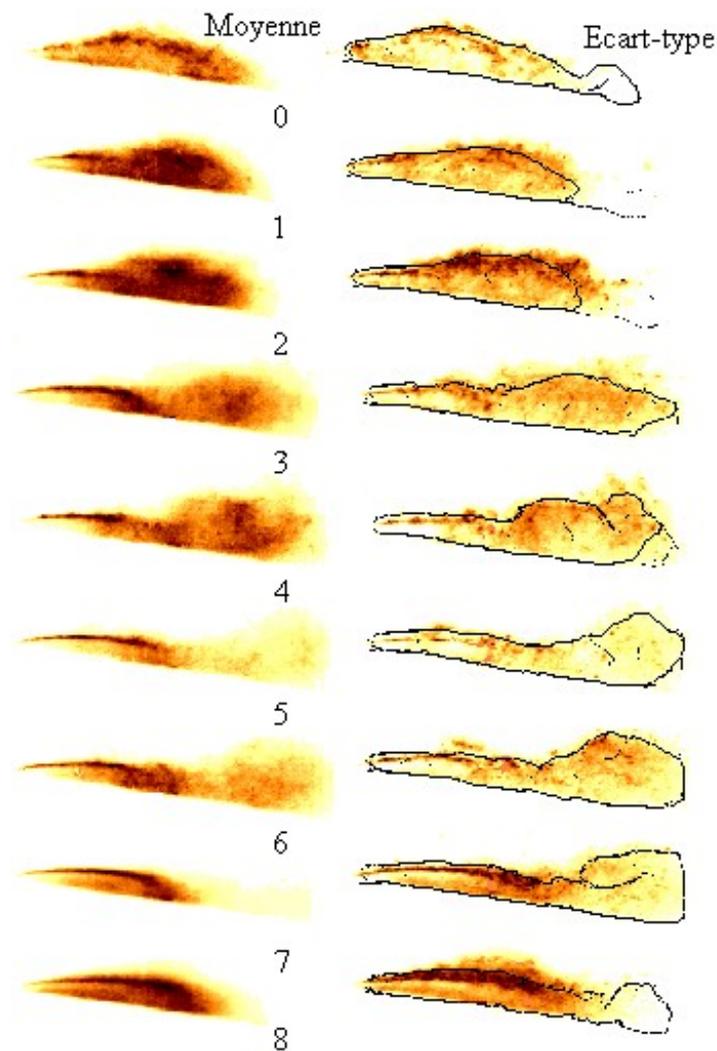
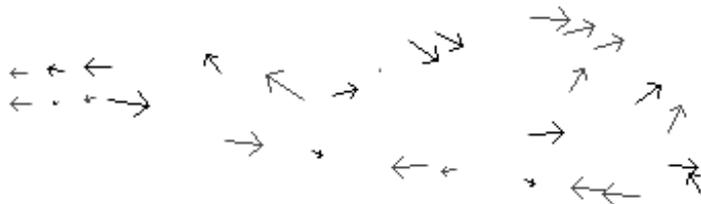
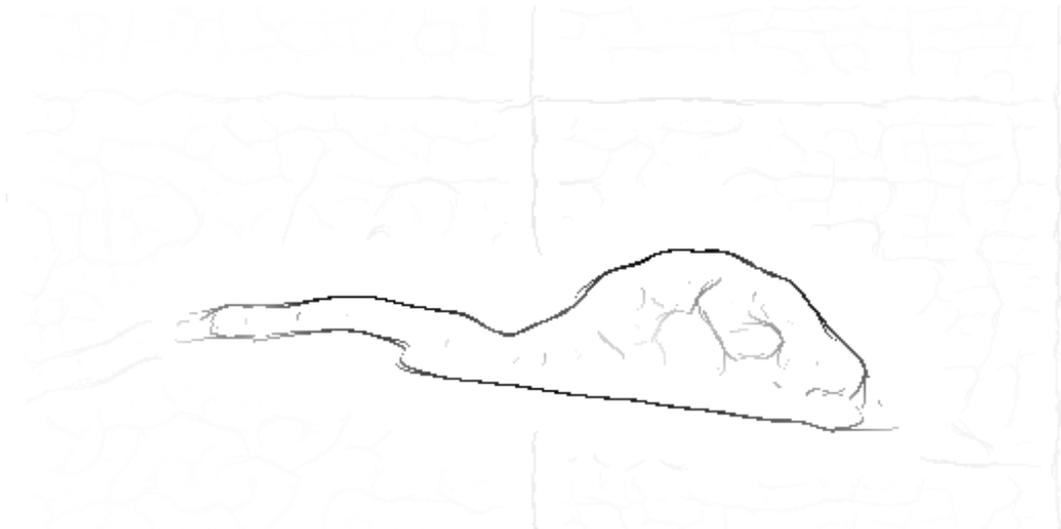


Figure 5 : Cycle de cavitation sur une buse, frontières détectées.



20

Figure 6 : Zoom sur une frontière détectée au cours du cycle (en haut) et champ de déplacements mesurés (en bas).

Les résultats obtenus aussi bien sur des images de synthèse, d'écoulements ou encore de scènes diverses ont montré l'efficacité de l'algorithme. Ce travail a été présenté à de nombreuses conférences internationales et en revue (Fayolle1998, Fayolle 1998a, Fayolle2000a).

4. MESURE GLOBALE DU MOUVEMENT PAR TRAITEMENT D'IMAGES

De façon parallèle, je me suis intéressé aux techniques classiques de mesure de mouvement : flot optique et corrélation. L'objectif poursuivi est double : tout d'abord expliciter des méthodes de référence afin de pouvoir comparer les résultats obtenus par les méthodes originales proposées et dans un second temps pointer les limites et les contraintes de ces méthodes de référence (ainsi qu'éventuellement proposer des améliorations à celles-ci). Tout d'abord, j'ai rassemblé une bibliographie sur le sujet de manière à couvrir un large échantillon des méthodes existantes. Plusieurs de ces méthodes ont été implantées (autocorrélation, intercorrélation - « block matching », ...) pour servir de résultats de références pour les nouvelles méthodes proposées. Cette étude m'a permis de montrer l'inefficacité de la mesure de déplacement par flot optique sur notre type d'images. En effet, l'hypothèse de base du flot optique (conservation du niveau de gris local au

cours du déplacement) est prise en défaut pour les déplacements d'objets non rigides (la déformation des objets induit des changements locaux d'éclairage et donc contredit l'hypothèse précitée).

Je me suis alors attaché aux techniques de mesure de déplacement par corrélation (intercorrélation dans le cas d'images monoexposées successives et autocorrélation dans le cas d'images multiexposées). J'ai ainsi pu apporter une amélioration aux techniques de corrélation en positionnant au mieux les fenêtres de calcul et en s'affranchissant de la contrainte "taille des fenêtres en puissance de 2". Le positionnement de fenêtres de calcul est réalisé en repérant au préalable la position de doublets de points en correspondance par transformée en ondelettes (l'ondelette mère doit présenter deux pics afin de résonner avec les doublets de points). Une comparaison des résultats obtenus par les techniques de points caractéristiques, par reconnaissance de structures à basses échelles (technique développée par un autre membre de l'équipe [Ducottet1997a]) et par corrélation directe associée à un placement adaptatif de fenêtres a alors été réalisée [Ducottet1997, Fayolle1995a].

Le second point important de mes activités de recherche est l'introduction dans le domaine de la mesure globale de déplacement d'une technique originale dite "d'identification des déplacements" [Fayolle1995]. Le principe de cette méthode est de modéliser un couple d'images successives de points comme l'entrée et la sortie d'un système linéaire invariant. La réponse impulsionnelle de ce système correspond alors au déplacement entre les 2 positions d'un même point. Cette nouvelle technique apporte quelques propriétés supplémentaires par rapport aux techniques classiques (indépendance vis à vis de la taille des points et possibilité de mesurer la dispersion des déplacements).

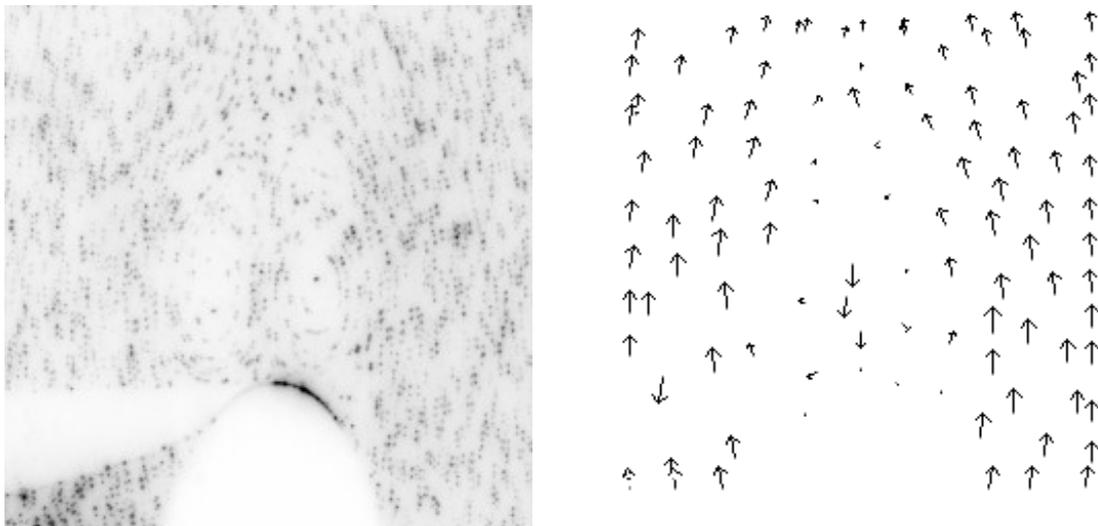


Figure 7 : Exemple de mesure de champs de vitesse par identification sur un champ de particules (image multiexposée pour la visualisation)

La caractérisation complète de cette méthode est un autre élément important de mon travail. J'ai choisi de tester l'influence de 6 paramètres sur l'exactitude des résultats obtenus. Les paramètres retenus sont classiques vis à vis de l'application principale (mécanique des fluides) : concentration, bruit, norme du déplacement, L'ensemble de ces 6 paramètres recouvre ceux rencontrés classiquement dans la littérature. Pour ces tests, un système de génération d'images de synthèse simulant un écoulement ensemencé en particules a été introduit. L'influence individuelle de chacun

des 6 paramètres sur les résultats de l'identification a fait l'objet d'une communication au "4th symposium on experimental and numerical flow visualization" [Fayolle1996]. De plus, l'influence de ces paramètres doit être mesurée comparativement aux autres méthodes classiques (autocorrélation, intercorrélation et cepstre). Cette étude a fait l'objet d'une communication [Fournel1996]. L'extension de ces mesures au cadre de la troisième dimension par le biais de calibrage de systèmes de caméra a fait l'objet de communication [Riou2000, Riou1999, Riou1998, Riou1998a, Riou1998b]

5. APPLICATIONS

La troisième partie de mon travail concerne l'application des algorithmes développés à la mesure de vitesses d'écoulements. Toutefois, avant de pouvoir appliquer ces méthodes en situation réelle, il est nécessaire de les valider pour des images d'écoulements fluides. Cela a été réalisé sur un écoulement de Poiseuille. J'ai pu comparer les résultats obtenus par les différentes méthodes avec les déplacements théoriques, et réaliser la comparaison mutuelle des résultats des différentes méthodes originales introduites. Cela m'a permis de conclure à la validité des algorithmes introduits pour le cas d'images d'écoulements. Divers écoulements ont ensuite été étudiés. Le sillage à l'aval d'un cylindre (figure 7) a été choisi comme cas de référence afin de comparer mes résultats avec ceux présentés dans la littérature. Dans un second temps, j'ai appliqué mes techniques à :

- l'étude de la décroissance de l'intensité de turbulence pour une turbulence de grille homogène et isotrope (Laboratoire de Mécanique des Fluides de Poitiers),
- la mesure de la vitesse de pénétration d'un jet gasoil pour l'injection diesel (Laboratoire Machines Thermiques de l'Ecole Centrale de Lyon) (figure 1b),
- la caractérisation de champs de déplacements pour un cycle de cavitation instationnaire (Laboratoire CremHyg de l'Institut National de Polytechnique de Grenoble) (figure 5).

Afin d'obtenir des résultats fiables, il est nécessaire d'acquérir un grand nombre d'images. Celles-ci sont réalisées au sein de différents laboratoires à l'aide du système d'acquisition de l'équipe SVEM. Ainsi, une partie de mon travail correspond au développement de l'interface logicielle du système complet d'acquisition et de traitement d'images [Zara1996, Zara1996a, Fournel1996a] ainsi qu'à la participation aux campagnes expérimentales d'acquisition.

Parmi ces applications, plusieurs résultats intéressants du point de vue de la mécanique des fluides ont pu être obtenus. En particulier, j'ai pu valider la loi empirique (Corrsin et Comte-Bellot) de décroissance de l'intensité de turbulence (en turbulence de grille homogène et isotrope) par les méthodes d'identification et d'intercorrélation [Fayolle1998b, Fayolle1997, David1996].

L'utilisation de la technique originale de mesure de déplacements par suivi de points caractéristiques sur des images de nuages de fumées a montré son intérêt sur deux expériences où les techniques classiques de mesures de déplacement n'ont pu être utilisées (jet de fumée turbulent et jet diesel). La technique proposée a permis de mettre en évidence une oscillation de la vitesse de pénétration du jet diesel par avancée brusque d'une zone diffuse du carburant, zone rattrapée ensuite par l'ensemble dense du jet. Ce phénomène n'était absolument pas pris en compte par les différents modèles empiriques existants. Il est confirmé par l'étude de la variation de la zone diffuse autour des frontières du jet (étude réalisée grâce à l'algorithme de caractérisation de frontières proposé) [Fayolle1998a].

Enfin, pour l'étude des poches de cavitation instationnaire à l'aval d'un venturi, l'utilisation de

la technique proposée de suivi de points caractéristiques multi-échelles a permis de suivre l'évolution de cette poche au cours d'un cycle de cavitation (grossissement, explosion). De tels résultats sont exploitables pour remonter à une meilleure définition théorique du phénomène. Ce travail fait l'objet de communication [Stutz1997].

6. CONCLUSION

Mes activités de recherche entre 1993 et 2000 se sont inscrites clairement dans le domaine de la recherche en traitement d'images et du signal. Les algorithmes originaux introduits permettent la mesure du mouvement d'objets non rigides ainsi que la mesure de leurs déformations au cours du temps. Les méthodes développées abordent les thèmes suivants :

- analyse multiéchelle du signal (par transformée temps échelle en ondelettes),
- résolution du problème (classique en traitement d'images) de mise en correspondance de structures caractéristiques entre couples d'images,
- modélisation du mouvement global de l'objet, et mesure de celui-ci par identification de processus.

Les résultats obtenus ont permis, en particulier :

- de caractériser de façon théorique les singularités d'un signal mono ou bidimensionnel, puis d'extraire les points caractéristiques de la forme de l'objet et ainsi de résumer celle-ci seulement à l'aide d'un ensemble très réduit de points,
- de mesurer les déformations locales des frontières de l'objet,
- de mesurer le gradient de déplacement autour du déplacement moyen de l'objet.

L'application de ces développements est la caractérisation de champs de vitesses d'écoulements turbulents.

Le premier algorithme proposé est une méthode de caractérisation de frontières par son type (point, ligne, bord d'objet) et par deux paramètres dits de longueur de transition et d'amplitude de frontières. On déduit de cet algorithme une méthode robuste de détermination de points caractéristiques des frontières d'objets. Un algorithme de suivi de ces points caractéristiques permet alors de déterminer les champs de déplacements (ou de déformations) locaux des frontières de l'objet. Parallèlement, j'ai introduit une méthode d'« identification des déplacements » pour mesurer le déplacement de l'objet par zone. Cette méthode présente l'avantage de pouvoir mesurer, en plus du déplacement moyen, un majorant des gradients de déplacements. La robustesse de cette méthode est équivalente à celle des méthodes classiques de mesure du mouvement (corrélation).

Enfin, j'ai appliqué ces différents algorithmes à la mesure de vitesse d'écoulements. Ces mesures ont été réalisées en collaboration avec les laboratoires de mécanique des fluides de Poitiers, Machines thermiques de l'Ecole centrale de Lyon, et le CremHyg de l'Institut National Polytechnique de Grenoble. Pour chacune de ces expériences, les résultats fournis par les méthodes originales proposées ont donné entière satisfaction. Ils ont soit permis de confirmer des résultats empiriques, soit permis d'obtenir une nouvelle caractérisation de phénomènes physiques.

7. BIBLIOGRAPHIE

- (David1996)** [Three PIV technique comparisons in hydrodynamic flows](#)
David, L.; Texier, A.; Fayolle, J. & Jay, J.
4th Asian symposium on visualization Beijing, China May **1996**
- (Ducottet1997)** [Comparaison entre les techniques de vélocimétrie par images de particules et vélocimétrie par suivi de frontières](#)
Ducottet, C.; Fayolle, J.; Zara, H. & Fournel, T.
7ème colloque national de visualisation et de traitement d'images en mécanique des fluides
Saint Louis 3-6 Juin **1997**
- (Ducottet1997a)** [Détection et suivi d'interfaces d'objets déformables : application à la mécanique des fluides](#)
Ducottet, C. & Fayolle, J.
16ème colloque Gretsi sur le traitement du signal et des images Grenoble 15-19 Septembre **1997**, Vol. 2, pp. 1487-1490
- (Fayolle1995)** [Identification des déplacements en vélocimétrie par images de particules](#)
Fayolle, J.; Danière, J.; Fournel, T. & Moine, M.
Compte rendu de l'Académie des Sciences,
1995, Vol. 321, N°. Iib, pp. 273-278
- (Fayolle1995a)** [Etude de différentes méthodes de traitement d'images pour la mesure de déformation d'un nuage de particules](#)
Fayolle, J.; Ducottet, C.; Azema, J. & Moine, M.
6ème colloque national de visualisation et de traitement d'images en mécanique des fluides
Saint Etienne 30-2 Mai/Juin **1995**
- (Fayolle1996)** [PIV parameters effects on displacement identification](#)
Fayolle, J.; Fournel, T. & Gervais, P.
4th symposium on experimental and numerical flow visualization San Diego, Californie USA
7-11 July **1996**
- (Fayolle1997)** [Mesure de la décroissance de l'intensité de turbulence par VIP en turbulence de grille](#)
Fayolle, J.; David, L.; Riou, L. & Schon, J.
7ème colloque national de visualisation et de traitement d'images en mécanique des fluides
Saint Louis 3-6 Juin **1997**
- (Fayolle1998)** [Application of multiscale characterization of edges to motion determination](#)
Fayolle, J.; Ducottet, C. & Schon, J.
IEEE Transaction on Signal Processing, Special issue on filter banks and wavelets,
April **1998**, Vol. 46, N°. 4, pp. 1174-1179

- (Fayolle1998a)** [Application of advanced image processing tools to the characterization of diesel jets](#)
 Fayolle, J.; Riou, L. & Levy, N.
8th international symposium on flow visualization Sorrento, Italie 1-4 September **1998** , pp. 126.1-126.11
- (Fayolle1998b)** [The grid turbulence : measurement of the decreasing rate of the turbulence intensity with image processing algorithms](#)
 Fayolle, J.; Riou, L.; David, L. & Schon, J.
8th international symposium on flow visualization Sorrento,Italie 1-4 September **1998** , pp. 125.1-125.11
- (Fayolle2000a)** [Robustness of a multiscale scheme of feature points detection](#)
 Fayolle, J.; Riou, L. & Ducottet, C.
Pattern recognition,
2000 , Vol. 33 , N° 9 , pp. 1437-1453
- (Fournel1996)** [Comportements en VIP de la corrélation, du cepstre et de l'identification](#)
 Fournel, T.; Fayolle, J. & Schon, J.
5ème congrès francophone de vélocimétrie laser Rouen Septembre **1996**
- (Fournel1996a)** [Nouveaux outils de visualisation quantitative pour la mesure de champs de vitesses dans des écoulements](#)
 Fournel, T.; Fayolle, J.; Zara, H.; Ducottet, C.; Fouquet, R.; Tafazzoli, E. & Schon, J.
Colloque international Optronique et Défense Paris Decembre **1996**
- (Mallat1989)** [A theory for multiresolution signal decomposition : the wavelet decomposition](#)
 Mallat, S.
IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence,
1989 , Vol. 2 , N° 2 , pp. 674-693
- (Mallat1992)** [Singularity detection and processing with wavelets](#)
 Mallat, S. & Hwang, W.
IEEE Transactions on information theory,
1992 , Vol. 38 , N° 2 , pp. 617-643
- (Mallat1992a)** [Caracterization of signals from multiscales edges](#)
 Mallat, S. & Zhong, S.
IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence,
1992 , Vol. 14 , N° 7 , pp. 710-732
- (Riou1998)** [Mesure de déplacement en mécanique des fluides, contraintes et libertés pour la mise en œuvre par traitement d'images du calibrage de plusieurs caméras](#)
 Riou, L.; Fayolle, J.; Ducottet, C. & Bayard, B.
C2I'98 (Colloque Interdisciplinaire en Instrumentation) Novembre **1998** , pp. 467-476
- (Riou1998a)** [Mise en oeuvre de la VIP stéréoscopique 3 composantes dans la configuration](#)

angulaire

Riou, L.; Fayolle, J.; Jay, J. & Fouquet, R.

6ème congrès francophone de vélocimétrie Laser Saint Louis Septembre **1998** , pp. D.3.1-D3.8

(Riou1998b) PIV measurements using multiple cameras : the calibration method

Riou, L.; Fayolle, J. & Fournel, T.

8th international symposium on flow visualization Sorrento, Italie 1-4 September **1998** , pp. 95.1-95.11

(Riou1999) Stereoscopic particle image velocimetry in the angular configuration

Riou, L.; Fayolle, J.; Fournel, T. & Jacquet, G.

Physics in signal and image processing – PSIP 99 Paris 18-19 Janvier **1999**

(Riou2000) A calibration method of a two camera system in a face to face configuration designed for fast flow study

Riou, L.; Jacquet, G.; Fayolle, J.; Jay, J. & Fouquet, R.

Journal of Flow visualization and image processing ,
2000 , Vol. 7 , pp. 19 p.

(Rosenfeld1973) Angle detection on digital curves

Rosenfeld, A. & Johnston, E.

IEEE Transactions on computers,
1973 , Vol. C22 , pp. 875-878

(Stutz1997) Unsteady cavitation : experiments and modelling

Stutz, B.; Reboud, J.; Coutier, O.; Fayolle, J. & Zara, H.

GAMM Conference Regensburg, Allemagne 24-27 Mars **1997**

(Zara1996) Techniques d'acquisition et de traitement d'images pour l'étude d'écoulements

Zara, H.; Fayolle, J.; Jay, J.; Fisher, V.; Tafazzoli, E.; Fouquet, R. & Schon, J.

Salon Energies Pollutec 1996 , Lyon Eurexpo 22-25 Octobre **1996**

(Zara1996a) Système d'acquisition d'images en vidéo rapide 512x512 pixels à 100 images par seconde

Zara, H.; Fayolle, J.; Jay, J.; Fisher, V.; Tafazzoli, E.; Fouquet, R. & Schon, J.

Congrès Imagerie rapide et photonique, ANRT Paris Juin **1996**

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Il est toujours délicat de conclure un tel document présentant son activité professionnelle à la fois sur les aspects enseignement, recherche et administratif. Je vais donc tenter à la fois de faire un résumé des différents travaux accomplis depuis 10 ans mais surtout de dresser le tableau des perspectives sur ces différents plans pour la nouvelle période.

Sur le plan recherche, j'ai réorienté mon activité depuis ma thèse tout d'abord sur l'enseignement à distance puis par extension sur le travail collaboratif à distance. Cette problématique, tout d'abord abordé sur un angle applicatif m'a amené à poser un certains nombre de problèmes :

- comment assurer le pilotage distant d'appareils de haute technologie dans un contexte industrie, donc à la fois de manière sécurisée, générique et collaborative,
- comment « designer » l'information pour que celle-ci soit délivrée sous la forme la plus adaptée (média, utilisateur) et au moment le plus adapté
- comment assurer l'interopérabilité entre systèmes d'information avec une garantie sur les données véhiculées respectant notamment la sécurité et l'authentification.

Ces différentes problématiques ont toutes donné lieu à des travaux de thèse que j'encadre actuellement, travaux menés dans une perspective de recherche partenariale, donc avec un temps de valorisation ou de transfert en milieu industriel aussi court que possible. Ces recherches se rattachent à la communauté des télécommunications et réseaux et plus spécifiquement à celle de l'interopérabilité entre systèmes d'informations inter-entreprise. Les architectures sous jacentes sont du type réparties (J2EE) et la description des différents systèmes fait appel à des ontologies.

Au delà de ces aspects « techniques », j'estime que mon apport principal au cours de ces dernières années est l'impulsion d'une activité de recherche et développement en télécommunications à l'Université Saint Etienne. Ceci s'est traduit tout d'abord par la création d'une équipe émergente (SATIn : Sécurité, Algorithmes Télécommunications et Intégration), rattachée au laboratoire DIOM autour des thématiques citées ci dessus. Plus globalement, ceci s'inscrit à présent dans le cadre du rattachement du DIOM à l'Istase comme laboratoire orienté Télécommunications, et de la volonté d'affichage de l'Istase comme grande école d'ingénieurs en Télécommunications.

Cette activité s'inscrit par ailleurs au sein de la communauté de la recherche en télécommunications à la fois sur le plan national que international:

- projet labellisé par l'Agence Nationale de la Recherche au sein de l'appel à projet RNRT – Réseau National de Recherche en Télécommunications,
- projets labellisés au sein de l'Université Numérique Ingénierie et Technologie (Pilotage distants d'instruments, Modules de formation à distance pour l'aide à la professionnalisation, ...)
- animation de la recherche (co-organisation de 3 congrès internationaux, de 2 universités européennes d'été, participation au comité de lecture de plusieurs revues et congrès)

En parallèle de cette activité de recherche en télécommunications, j'ai initié la création du campus numérique EDEN3 (Enseignement à Distance en Ecole d'Ingénieur 3ème année), et contribué à se pérenniser au travers de différents projets (Campus Numérique, projets régions, ...). Ce campus commun à plusieurs écoles a permis de diplômer plus de 100 ingénieurs au travers d'une formation à distance alliant l'étudiant, l'école et une entreprise support du projet professionnel de l'élève.

Par ailleurs, j'ai assuré mon service d'enseignement à l'Istase et participé à l'évolution des enseignements en technologies de l'information au travers de la création de nombreux cours (mobilité et nomadisme, urbanisation des systèmes d'information, ...)

Enfin, du point de vue administratif, j'ai contribué au rayonnement de l'école en axant un développement fort autour des technologies de l'information et de la communication par le biais de nombreux projets (EDEN3, SATIn, projets région, projets avec les collectivités locales, relations avec les entreprises). La première étape de ce positionnement a été l'intégration de l'Istase au sein du concours de recrutement « Télécom INT », concours adhérent à la banque Mines Ponts.

J'ai pris la direction adjointe de l'école en 2003 et à ce titre je préside de nombreuses commissions de réflexion et d'orientation sur sa stratégie.

Toutefois, il ne saurait être question de se satisfaire des résultats engrangés depuis quelques années. Ainsi, je compte poursuivre mes activités dans le même état d'esprit, à la fois pragmatique et dynamique. Les perspectives présentées ci dessous peuvent être synthétisées en deux mots : consolidation et continuité.

Tout d'abord sur l'axe recherche, il est évident que le positionnement d'une activité Télécommunications au sein de l'université de Saint Etienne ne saurait reposer sur la cellule Satin dans son état actuel. Il convient donc d'une part d'étoffer cette équipe et d'autre part de nouer des partenariats à la fois interne et externe. Les ressources humaines en recherche publique sont une denrée relativement rare et de nombreux documents, y compris des rapports ministériels indiquent la voie d'une plus grande interdépendance entre recherche publique et recherche privée. Nous continuerons donc à développer notre approche de recherche partenariale avec les entreprises du secteur, gage à la fois de financement, d'excellence et de pertinence des travaux menés. Au sein de la communauté universitaire, la structuration de cette activité de recherche télécommunications passe par une prise en compte large du domaine, depuis les composants jusqu'au système d'information. Le laboratoire DIOM paraît être une souche intéressante pour ce positionnement, dans la mesure où il regroupe déjà les activités de recherche en composants hyperfréquence, en opto électronique et en systèmes d'information. Cependant, les autres laboratoires ligériens (Laboratoire Hubert Curien, LIGIV, LASPI) possèdent aussi des compétences pouvant s'inscrire dans ce domaine (cryptographie, web sémantique, traitement du signal et de l'image).

Un de mes axes de travail pour le contrat quadriennal 2007-2010 sera donc de contribuer à l'affichage au sein de l'université Jean Monet d'un pôle reconnu en télécommunications à la fois en recherche et en enseignement. Cela passera concrètement par le montage de nombreux projets reconnus par la communauté scientifique du domaine, en particulier les projets ANR – RNRT et les grandes écoles de télécommunications (Groupe des écoles des Télécommunications : ENST Paris et Bretagne, INT Télécommunications, Eurecom, Telecom Lille 1) : projets de coopération aussi bien recherche que enseignement. Nous souhaitons en particulier élargir l'assise de notre campus numérique EDEN3 en le proposant par exemple aux autres écoles recrutant sur le concours « Télécom INT », et travailler ensemble sur des projets de recherche partenariale.

Bien évidemment, ceci ne saurait se faire sans l'appui des partenaires locaux : Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint Etienne, Ecole Supérieure de Commerce, plus globalement le Pôle Universitaire de Saint Etienne et les collectivités locales.

Du point de vue de l'activité scientifique de la cellule Satin, nous orientons nos travaux en continuité avec les axes présentés dans ce document sur le pilotage distant, la sécurité, le design de l'information et enfin l'interopérabilité et les usages de ces nouvelles approches. Globalement, ces axes de recherche s'inscrivent tous dans le mouvement scientifique autour des intergiciels (ou middlewares) et des télécommunications. De nombreux acteurs sont présents dans ce domaine aussi bien au niveau international que national (pôles de compétitivité Minalogic, Systematic, Solutions communicantes sécurisées en PACA). Nous plaçons notre effort dans le cadre de la recherche finalisée autour de ces concepts. Concrètement, ceci se traduit non pas par un effort de réflexion sur de nouveaux concepts mais plutôt sur la mise en oeuvre et l'application des ces concepts issus

d'univers parfois très différents au sein d'un système. Bien évidemment, nous ne nous interdisons pas de produire de nouveaux concepts si le besoin s'en fait sentir mais nous positionnons notre effort sur la réutilisation et l'interopérabilité de concepts existants afin de produire de l'innovation.

Les axes de développements pour le futur peuvent paraître nombreux du point de vue applicatif (pilotage distant, sécurité, interopérabilité) mais globalement, nous situons notre projet de recherche et donc l'ensemble des activités de recherche de l'équipe que j'anime dans la mouvance scientifique de la recherche autour des intergiciels et plus largement en sciences et technologies de l'information et de la communication.