Recherche et développement industriel

Rapport d'activité 2008

- §-

Ecole Supérieure en Informatique, Electronique et Automatique

Direction de la Recherche
et du Développement Industriel

Table des matières

Présentation de la Direction de la Recherche et du Développement Industriel

Le rôle de la Direction de la Recherche et du Développement Industriel (DRDI) dans le groupe ESIEA est multiple :

- Organiser, orienter et valoriser la recherche qu'elle soit de type académique et théorique ou plus appliquée ou tournée vers les aspects industriels. Cette tâche commence par le recensement de toute l'activité de recherche (thématiques, axes, compétences et expertises, productions...). Ce n'est assurément pas la partie la plus facile tant cette activité est riche, productive et innovante. Une fois ce recensement achevé, il s'agit d'identifier les forces et faiblesses de cette activité de recherche et d'aider les équipes à combler les secondes et capitaliser sur les premières.
- Soutenir et développer le processus de publication. L'audit des activités de recherche mené fin 2008 a montré que si la production en terme de résultats, tant scientifiques que techniques, est très importante, la plupart des équipes n'avaient pas le réflexe de la publication. Cela est dommageable tant pour l'évaluation de la recherche que pour la protection du patrimoine. En effet, pour le premier point, le processus de publication, dans son acception la plus large (publications classiques, communications, vulgarisation, brevets ...) est le seul moyen permettant cette évaluation. Concernant le second point, dans une société moderne très fortement concurrentielle, ce processus de publication est le seul moyen de protéger un patrimoine scientifique et technique. La publication dans les conférences internationales réputées ou dans de bons journaux scientifiques, le dépôt de brevets, la publication de rapports de recherche ou de rapports techniques doivent devenir non seulement la norme mais également un réflexe. Ce sera l'un des axes d'efforts de la DRDI en 2009.
- Valoriser le potentiel humain (professeurs et étudiants). Une école est faite avant tout d'hommes et de femmes dont la mission première est la formation des futures générations. Cette mission est très prenante et la plupart du temps, la « tête dans le guidon » les intéressés ne se soucient pas de valoriser leur travail et leurs compétences au plan personnel. Or la richesse humaine s'entretient. Cela passe par le processus de publication, lequel est encore une fois essentiel pour cet objectif mais également par l'incitation à la formation et au développement personnel (soutien aux projets, préparation de thèses, formations spécifiques ...).
- Valoriser le potentiel industriel. L'un des principaux constats effectués durant l'évaluation de la DRDI en 2008 est que l'ESIEA ne valorise pas suffisamment au plan industriel une production technique pourtant importante en quantité et surtout en qualité. Un (trop) grand nombre de projets, menés par des professeurs et/ou des étudiants, débouchent sur des réalisations suffisamment abouties pouvant donner lieu, à court terme, à une valorisation commerciale

et industrielle ou à un dépôt de brevets. Cela est extrêmement dommageable : outre le fait de ne pas capitaliser sur cette production, le risque est grand de voir piller ce patrimoine sans aucun retour pour notre école. L'un des objectifs de la DRDI en 2009 sera de favoriser la protection et la valorisation de cette production (brevets, réactivation de la pépinière d'entreprises ESIEA, partenariats industriels...).

- Enfin, mais non le moindre des rôles, la DRDI se doit de s'assurer du soutien et de l'implication directe de la recherche dans les enseignements au sein de l'ESIEA. La recherche doit alimenter directement le contenu des cours pour que nos étudiants reçoivent une formation moderne, en phase avec les grands défis technologiques que les ingénieurs demain auront inévitablement à relever. De ce point de vue, l'ESIEA est plutôt innovante et en pointe grâce à un corps professoral motivé et particulièrement compétent. Tous les chercheurs de l'ESIEA – nos doctorants inclus – sont avant tout des professeurs dispensant les différents modules dispensés de la première à la dernière année.

  Mais il est également essentiel d'associer plus avant les élèves ingénieurs ESIEA, et ce systématiquement et au plus tôt, dans l'activité de recherche. L'expérience montre que la pédagogie par projet se prête particulièrement bien à cette démarche. Chaque élève doit sortir de sa formation en ayant rédigé au moins un article scientifique en anglais lors de sa scolarité et pour les meilleurs d'entre eux, l'avoir soumis dans des conférences scientifiques internationales. Ce sera une des principales priorités de la DRDI en 2009. L'ingénieur de demain doit avoir une dimension internationale et la recherche constitue, pour cela, une excellente opportunité parmi de nombreuses autres approches.

Au final, le rôle de la DRDI est de mettre en valeur l'extrême richesse scientifique, technique et humaine existant au sein du groupe ESIEA afin de faire de ce dernier un foyer intellectuel et scientifique de tout premier ordre notamment dans les domaines couverts par ses thématiques de recherche.

Le présent document – qui sera publié annuellement – recense l'activité de recherche durant l'année 2008 essentiellement. Il est probablement non exhaustif, la principale difficulté ayant été justement de pouvoir identifier toutes les productions récentes. La « mauvaise manie » de beaucoup de chercheurs est de produire sans se soucier d'établir un rapport annuel d'activités. Ce processus sera désormais conduit annuellement par la DRDI. Au-delà des imperfections éventuelles de ce document, le constat est particulièrement encourageant et l'ESIEA peut être fière de son activité de recherche.

Ce qui ressort de l'audit mené en 2008, c'est non seulement la richesse de la production mais surtout celle des différents acteurs qui sont impliqués dans la recherche. Contrairement à ce qu'une lecture (trop) rapide de ce document pourrait laisser apparaître, si les équipes conduisent des recherches différentes – recherche plutôt académique ou développements plutôt industriels – elles sont TOUTES, chacune avec ses forces et compétences, des acteurs essentiels et incontournables de la recherche ESIEA.

Les quatre pôles sont **complémentaires** et ne peuvent être envisagés que dans cette perspective. L'activité de recherche consiste à étudier et à résoudre des problèmes : la vision purement académique serait stérile sans une vision concrête et opérationnelle de type ingénieur et cette dernière ne peut être efficace sans le savoir-faire théorique. La qualité de la recherche à l'ESIEA réside essentiellement dans cette double culture et cette complémentarité.

L'année 2009 s'annonce prometteuse et riche de changements. Outre les priorités citées précédemment, la DRDI a également pour objectif de développer ou valoriser plus avant :

- les capacités du centre documentaire ESIEA. La ressource documentaire est une ressource stratégique pour toute activité de recherche digne de ce nom. Un certain nombre d'actions

ont été initiées fin 2008 pour finalisation en 2009.

- la visibilité de la recherche *via* un site Web ouvert sur l'extérieur : aucune activité de recherche cohérente ne peut s'en passer. C'est une nécessité incontournable qui procède directement de l'activité de publication mais c'est également l'occasion de susciter des contacts avec d'autres acteurs impliqués dans la recherche ou qui s'y intéressent (activité de vulgarisation). Il ne faut pas non plus oublier le partage et l'échange des connaissances. Au cours du premier semestre 2009, la DRDI va activer son site fédérateur bilingue (français et anglais) regroupant l'ensemble des pôles de recherche de l'ESIEA et des ressources produites par ces derniers. Ce site sera accessible *via* l'url `http://www.esiea-recherche.{org,fr,eu}`.
- la culture de la sécurité raisonnée non seulement pour nos équipes mais également chez nos étudiants. La conduite de certaines recherches ne peut se concevoir sans un environnement humain et matériel sécurisé. Cela est de nature à rendre encore plus attractifs nos laboratoires auprès des organismes étatiques et des industriels confrontés au délicat problème de confidentialité. Auprès de nos élèves, cette culture doit être inculquée avec méthode et rationnalité : loin de tout arbitraire et de tout intégrisme, il n'est plus possible de nos jours d'envisager le travail de l'ingénieur sans une culture solide dans toutes les problématiques et politiques de sécurité. Dans ce but, l'ESIEA s'est rapprochée des organismes étatiques compétents afin de bénéficier de leur tutelle mais également de leur savoir-faire. Ce rapprochement sera finalisé en 2009 par l'établissement de conventions avec ces organismes et par la mise en œuvre de politiques de sécurité adaptées aux besoins de l'ESIEA.
- le pôle *In'Tech Info* localisé sur Paris. Le manque de temps n'a pas permis de l'inclure dans le présent rapport. Cependant, il est apparu que ce pôle menait une activité relativement conséquente et une production très interessante d'un point de vue industriel, lesquelles doivent faire l'objet d'une valorisation systématique.
- le pôle *ARNUM*. Actuellement dépendant organiquement de l'équipe ATIS, il serait souhaitable qu'*ARNUM* devienne un pôle à part entière, au moins à moyen terme. La vision développée par *ARNUM* est non seulement stimulante pour l'esprit des élèves mais elle est surtout essentielle pour renouer avec l'idéal d'esthétisme – en phase cependant avec notre époque – des ingénieurs de la Renaissance et de la période classique qui devrait être un modèle pour nos étudiants.

Contacts DRDI :

- Directeur de la Recherche et du Développement Industriel
  Eric Filiol.
  ESIEA, 38 rue des Dr Calmette et Guérin, 53000 Laval
  Email : `filiol@esiea.fr`
  Tél : +33(0)2 43 59 46 12
  Fax : +33(0)2 43 59 46 02

- Pôle Réalité Virtuelle et Systèmes Embarqués (RVSE)
  ESIEA - RVSE, 38 rue des Dr Calmette et Guérin, 53000 Laval
  Jean-Louis Dautin.
  Email : `dautin@esiea-ouest.fr`

- Pôle Virologie et Cryptologie Opérationnelles
  ESIEA - $(V + C)^O$, 38 rue des Dr Calmette et Guérin, 53000 Laval
  Eric Filiol
  Email : `filiol@esiea-ouest.fr`

- Pôle Acquisition et Traitement des Images et des Signaux (ATIS)
  ESIEA - ATIS, 9 rue Vésale, 75005 Paris
  Laurent Beaudoin
  Email : `beaudoin@esiea.fr`

- Pôle Sécurité de l'Information et des Systèmes (SI&S)
  ESIEA - SI & S, 9 rue Vésale, 75005 Paris
  Robert Erra
  Email : `erra@esiea.fr`

Pôle Réalité Virtuelle et Systèmes Embarqués (RVSE)

Présentation du laboratoire

Le laboratoire RVSE de l'ESIEA-OUEST s'est résolument tourné vers les applications industrielles de la réalité virtuelle tout en s'impliquant également sur différents projets de recherche tant européens que nationaux. Afin d'être en parfaite adéquation avec l'esprit de l'entreprise, l'équipe a été constituée autour d'un noyau d'ingénieurs issus principalement du monde de l'entreprise. Chaque enseignant-ingénieur (titre en adéquation avec les missions) est chef de projet et prend en charge directement les contrats d'entreprises, contrats pour lesquels le laboratoire RVSE s'engage sur les délais, la mise en œuvre et le suivi.

Composition du laboratoire

- Directeur du laboratoire
  Jean-Louis Dautin (Ing.).
  Email : `dautin@esiea-ouest.fr`
  Tél : +33(0)2 43 59 46 20
  Fax : +33(0)2 43 59 24 29

- Assistante direction
  Viviane Leprêtre.
  Email : `lepretre@esiea-ouest.fr`
  Tél : +33(0)2 43 59 46 20

- Ingénieurs de recherche

  – Jérôme Ardouin
  Email : `ardouin@esiea-ouest.fr`
  Algorithmique, Electronique fondamentale, Informatique système.

  – Franck Crison
  Email : `crison@esiea-ouest.fr`
  Ingénierie électronique, informatique système, FPGA, DSP.
  – Sébastien Gageot
  Email : `gageot@esiea-ouest.fr`

Ingénierie électronique, ingénierie électrotechnique.

– Marc Le Renard
  Email : `lerenard@esiea-ouest.fr`
  Réalité virtuelle (process, environnements virtuels), informatique, création d'applications.

Projets et productions du laboratoire

Projets ESSILOR

Responsable : Marc Le Renard.

Deux projets ont été conduits au profit de la société ESSILOR :

1. *Réalisation d'une application pour lunettes informatives.* Il s'agit d'un projet industriel démarré en 2005. Le but est de tester d'identifier les meilleurs paramètres possibles pour une vision confortable dans des lunettes informatives. Ce projet est terminé et est entré en phase d'exploitation par ESSILOR pour ses futurs prototypes.
   Du fait d'un contrat de confidentialité imposé par la société ESSILOR, peu de données sont malheureusement communicables pour l'instant sur les résultats du projet.
2. *Réalisation d'un simulateur de verres/lunettes pour un système immersif.* Les technologies utilisées sont les techniques de cluster, de stéréoscopie active, de tracking ...L'objectif est de recréer les effets d'un verre dans un simulateur. Le projet est en constante évolution par l'ajout de fonctionnalités souhaitées par le donneur d'ordres. L'ESIEA est aussi en charge du déploiement et du débogage du simulateur.

D'une manière plus générale, le laboratoire effectue des missions de conseil en Réalité Virtuelle concernant toutes les évolutions du simulateur. Il assure également un rôle conseil en matière de veille technologique dans le domaine des clusters, des cartes graphiques, des displays, des systèmes immersifs ...

Projet DIRICKX

Responsable : Franck Crison.

Ce projet est un projet de recherche industrielle. DIRICKX est un groupe international spécialisé dans le domaine de protection périmétrique des sites : clôtures, portails, contrôle d'accès et solutions de sûreté (`http://www.dirickx.fr/`). Le projet concerne la conception et l'évaluation

de nouvelles solutions technologiques permettant d'accroître le service apporté aux clients. Ces travaux sont menés en collaboration avec le département de recherche et développement du groupe DIRICKX.

Le dépôt de brevet en cours ne permet pas de diffuser une information plus détaillée.

Projet BLIN

Les établissements BLIN conçoivent et fabriquent des équipements équins (`http://www.a-blin.com/`). Ce projet est un projet de recherche industrielle : le rôle du laboratoire est l'accompagnement en tant qu'experts technologiques dans la définition et conception d'une solution innovante.

Le dépôt de brevet en cours ne permet pas de présenter le projet en détail.

Projet INTREPID

Responsable : Marc Le Renard.

Il s'agit d'un projet européen (IST-2002) dont l'objet est la réalisation d'un système portable permettant le traitement avec biofeedback d'un patient atteint de GAD (troubles de l'anxiété/stress).

Le projet se décompose en deux produits :

- Un système de Réalité Virtuelle permettant de faire le traitement dans le cabinet du psychothérapeute. Ce système permettra au patient d'être immergé dans un monde virtuel (permettant ainsi au thérapeute de savoir exactement ce que voit le patient et d'avoir un contrôle total sur l'exposition à ses angoisses). Le thérapeute aura le loisir de modifier le comportement du monde 3D via des paramètres prédéfinis pour essayer d'augmenter ou de diminuer le niveau de stress du patient en temps réel.


  Le patient sera équipé pour cela de périphériques de Réalité Virtuelle (HMD, tracker ...) et de capteurs physiologiques (pouls, respiration, pression sanguine, sudation, contraction des muscles). L'état de stress du patient est déterminé par une fusion des données issues des capteurs et permet ainsi au thérapeute de connaÃ®tre d'un coup d'œil le niveau de stress du patient (une visualisation plus fine pourra aussi être affichée si le thérapeute le souhaite). L'état de stress du patient pourra aussi être utilisé par le système pour proposer automatiquement des modifications dans le scénario virtuel (proposition que le thérapeute a le choix d'accepter ou de refuser, d'où la notion de biofeedback).
- Un système mobile fonctionnant sur *smart phone* et permettant au patient de se rééduquer chez lui en suivant les instructions qui lui auront été prodiguées par le psychothérapeute. Le monde virtuel auquel le patient aura déjà été exposé sera reproduit par le biais de vidéos

sur le *smart phone*. Ces vidéos permettrons de naviguer dans le monde jusqu'à des zones bien définies permettant d'accéder à des exercices de « relaxation ». Ces exercices utilisent les données issues de capteurs physiologiques connectés via le protocole Bluetooth au *smart phone* pour permettre au patient de réguler son stress (notion de biofeedback, ici sans intervention du thérapeute pour valider ou non une quelconque modification de l'exposition). Ce système permettra au patient d'identifier les causes de l'aggravation de son stress (emballement du rythme cardiaque par exemple ou manque de souffle ...) et lui permettra d'avoir un outil pour l'atténuer voire même le faire disparaître.

Projet `Part@ge`

Responsables : Jérôme Ardouin & Franck Crison.

`Part@ge` est un projet National (2007-2009) : l'homme en interaction collaborative avec un environnement 3D.

Le projet `Part@ge` est une plateforme RNTL, labellisée par le pôle de compétitivité *Images & Réseaux* et financée par l'ANR qui se propose de traiter le travail collaboratif sous l'angle de l'homme en interaction collaborative avec un environnement 3D. Le prototypage virtuel devenant un passage obligé dès la naissance d'un produit, de nombreux problèmes se posent : lors de réunions par exemple, pour que plusieurs personnes puissent agir sur les modèles numériques, que les différents participants soient réunis autour d'une même table ou sur des sites distants.

Parmi les différentes tâches du laboratoire RVSE, des travaux sont menés pour apporter de nouveaux outils à travers l'étude de nouveaux périphériques d'interaction. Le prototype d'un nouveau périphérique, développé par l'ESIEA, a été présenté pour la première fois lors du salon « Laval Virtual 2008 » : le stylet d'interaction (voir figure 1). Reposant sur le développement d'une carte électronique intégrant une centrale inertielle, le stylet permet à tout utilisateur d'agir intuitivement sur un modèle 3D à travers une liaison sans fil de type Bluetooth, comme s'il tenait le modèle 3D en main. Le stylet est aussi capable retourner des informations vers l'utilisateur sous forme de signaux sonores ou de vibrations. Les partenaires impliqués sur `Part@ge` sont l'INSA de Rennes, l'INRIA, le CNRS-Labri, le CNRS-Institut des Sciences du Mouvement, Renault, Thalès, Virtools, CLARTE, Haption, le CEA-LIST, FT R&D, Sogitec et l'ESIEA.

FIG. 1 – Stylet d'interaction

Le projet est décrit en détail sur le site `http://www.rntl-partage.fr/`. Le laboratoire est partenaire des lots 1.4, 2.3 et 3.3.

Projet GENOUROB

Responsable : Sébastien Gageot.

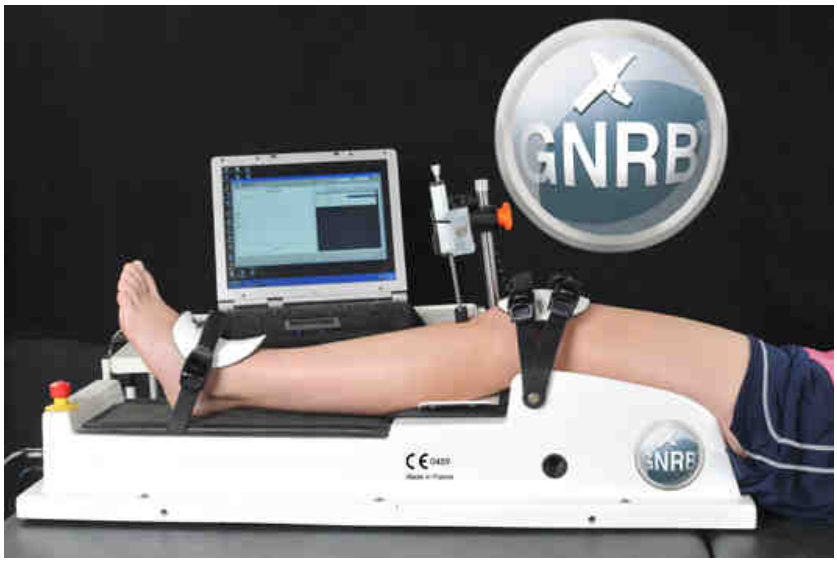
Le projet GENOUROB pourrait s'intituler : l'ESIEA au service de l'innovation médicale.

Il s'agit de concevoir un dispositif d'aide au diagnostic des lésions du ligament croisé antérieur du genou. Parmi les blessures fréquemment constatées chez les joueurs de football, la rupture du ligament croisé antérieur (LCA) (LCA) du genou est la plus invalidante. Pour la première moitié du championnat 2006 de Ligue 1 et Ligue 2, pas moins de dix ruptures du LCA ont été recensées. Ces ligaments sont de véritables « systèmes d'amarrage » tendus d'un os à l'autre. Ils permettent aux surfaces articulaires de rester bien en contact lors des mouvements et assurent ainsi la stabilité de l'articulation. Le pivot central du genou est constitué des ligaments croisés antérieur LCA et ligament croisé postérieur (LCP). Ils assurent la stabilité et jouent sur l'axe de rotation interne du genou. Victime d'une rupture du LCA, le sportif ne peut plus utiliser son genou avec la même assurance que d'habitude. Les méthodes actuelles de diagnostic de rupture du LCA sont soit lourdes

à mettre en place et onéreuses (IRM) soit peu fiables car sujettes à des erreurs d'interprétation.

Deux spécialistes mayennais de la traumatologie sportive, le Dr Henri Robert (chirurgien orthopédiste) et Stéphane Nouveau (kinésithérapeute) se sont penchés sur le problème. Ils ont alors confié à Sébastien Gageot (enseignant-ingénieur de l'ESIEA) la mise au point d'un dispositif robotisé permettant de diagnostiquer automatiquement, sans risque d'erreur d'interprétation humaine et avec précision et fiabilité, les lésions du LCA. Cette innovation d'utilisation simple, baptisée « GNRB », est actuellement testée par plusieurs clubs sportifs et par différents thérapeutes avant sa commercialisation prévue courant 2009.

La version 2009 du dispositif se rapproche d'un produit commercialisable.



Pôle Acquisition et Traitement des Images et des Signaux (ATIS)

Présentation générale du pôle ATIS

Le pôle Acquisition et Traitement des Images et des Signaux (ATIS) a un domaine de compétence qui s'étend, comme l'indique son sigle, à toutes les thématiques utilisant l'imagerie passive (optique) ou active (radar par exemple), de l'acquisition au traitement du signal. Sa vocation est de participer activement au transfert de technologies en direction des entreprises bien entendu, mais aussi en direction des organisations publiques (administrations, armées...) ainsi qu'au développement de la recherche en collaboration avec des laboratoires privés et publics. À ce titre, la Recherche et Développement (R&D) entreprise au sein du pôle ATIS concerne plutôt des activités de recherche appliquée.

Par rapport à la plupart des laboratoires de recherche, la spécificité d'ATIS est de se situer très en amont dans les chaînes de traitement de l'information. ATIS a ainsi développé un important savoir-faire sur l'acquisition et le traitement de l'information, que ce soit au niveau des capteurs ou au niveau des plateformes d'observation comme cela apparaît dans les principaux axes de compétences décrits ci-après et qui sont :

- La télédétection spatiale.
- Les robots d'exploration.
- La reconstruction 3D et la cartographie thématique.

Être autonome sur l'acquisition des données permet d'envisager des partenariats enrichissants avec des acteurs d'horizons très différents.

L'École, depuis sa création, a toujours complété sa formation technique de haut niveau par une formation humaine dédiée à la fertilisation des qualités positives des ses étudiants comme la solidarité, la curiosité ou la créativité par exemple. Ces valeurs fondamentales ont conduit ATIS à développer les axes de compétences suivants :

- La cartographie sémantique et symbolique.
- Nouvelles technologies et handicap.
- Les arts numériques.

Enfin, il faut noter qu'en ouvrant très tôt dans la formation les portes du laboratoire aux étudiants curieux et volontaires, ATIS s' intègre complètement dans la formation par la recherche. En effet, la formation de l'ESIEA se veut aussi très pratique et les étudiants ont dès la deuxième année de leur formation une activité de projet importante. Lorsque ces projets sont en connexion directe avec des activités de recherche du pôle, l'émulation générée par les enjeux permet d'envisager de nombreuses innovations pédagogiques.

Composition de l'équipe

Direction

Le pôle ATIS est sous la responsabilité de Laurent Beaudoin. Docteur ENST Paris, Laurent a travaillé pour EADS. Il est enseignant chercheur à l'ESIEA depuis 2001. Il s'occupe en particulier des axes télédétection spatiale et aérienne haute résolution, des robots d' exploration et de la reconstruction 3D et géomatique thématique.

Contact :
Email : beaudoin@esiea.fr
ATIS - ESIEA
9 rue Vésale, 75005 Paris - France
Tél : +33 (0)1 55 43 23 17

Équipe permanente

L'équipe permanente est composée d'enseignants-chercheurs de l'ESIEA :

- Claire Leroux est docteur de la Sorbonne en Sciences de l'art. Elle y a enseigné l'infographie et la PAO avant de devenir enseignante-chercheur à l'ESIEA en 2003. Claire y a créé en 2006 le laboratoire ARNUM, spécialisé en art numérique. Membre de l'Association Internationale des Critiques d'Art (AICA), elle réalise depuis 2007 des missions pour le Musée d'Art Contemporain du Val-de-Marne.
  Email : leroux@esiea.fr

- Hubert Wassner : ingénieur ESIEA, Hubert a été ingénieur de recherche à l'Institut Dalle Molle d'Intelligence Artificielle Perceptive puis à Genset en bioinformatique. Il est enseignant chercheur à l'ESIEA depuis 2004. Au sein du pôle, ses principaux centres d'intérêt sont le logiciel libre, l'analyse sémantique et le développement d'outils d'aide au handicap.
  Email : wassner@esiea.fr

- Antoine Gademer : ingénieur ESIEA et titulaire du master Systèmes d'Information géographique, Antoine effectue sa thèse au sein du laboratoire. Son sujet porte sur la conception d'un capteur multi-sources pour la cartographie rapide en situation de crise à partir d'informations issues d'un drone.
  Email : gademer@esiea.fr

Équipe non permanente

Ponctuellement, l'équipe permanente peut être complétée par des ressources externes au laboratoire. Celles-ci peuvent être soient internes à l'ESIEA, soient être des experts externes à l'ESIEA.

Enfin, les étudiants participent activement au développement du pôle, dès la deuxième année d'étude. Cependant, les contributions les plus importantes proviennent des étudiants de 4A (via le Projet Applicatif Industriel et Recherche), de 5A (stage de fin d'études de 9 mois) ou de master 2 universitaire (6 mois en moyenne).

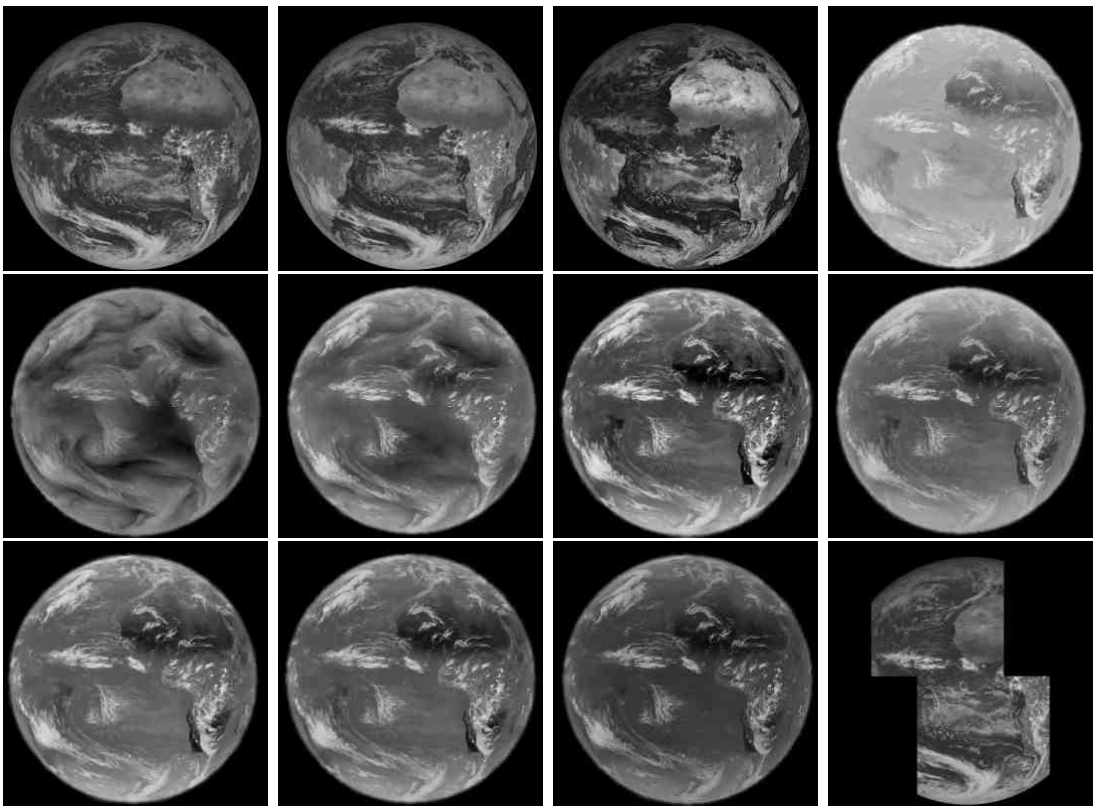


FIG. 2 – Les images mutispectrales METEOSAT Seconde Génération.

Thèmes de recherche et compétences

Télédétection spatiale

La télédétection spatiale est historiquement la première activité développée par le pôle ATIS. Ses principaux chantiers sont le développement de stations de réception d'images satellitales, l'exploitation des données recueillies et l'éducation à la télédétection.

Développement de stations de réception d'images satellitales

ATIS a conçu et développé des stations de réception d'images de satellites polaires (proche de la Terre et visibles par intermittence) et géostationnaires (visibles en permanence). Ces stations sont reconnues par l'instance européenne EUropean METerological SATellites (EUMETSAT) de l'Agence Spatiale Européenne (ESA) et concernent la réception et l'archivage des images Météosat Seconde Génération (MSG) et METOP qui sont les derniers nés de l'ESA. Le volume des données reçues quotidiennement par les stations est supérieur à 9 DVD par jour. La figure 2 illustre les différentes bandes spectrales reçues pour le satellite Météosat Seconde Génération.

Les premiers développements réalisés ont concerné l'aspect matériel de la réception. Pour des raisons d'efficacité, nous avons très vite opté pour une solution à plusieurs ordinateurs, l'ensemble composant la chaîne de réception et d'archivage (figure 3). La philosophie de cette approche réside dans le fait qu'à chaque grande tâche (réception, calcul, archivage) correspond une ou plusieurs machines. Concernant la réception des images proprement dite, l'ordinateur dédié a été rapidement opérationnel, les conflits logiciels ayant tous trouvé une solution. Pour la partie calcul, permettant

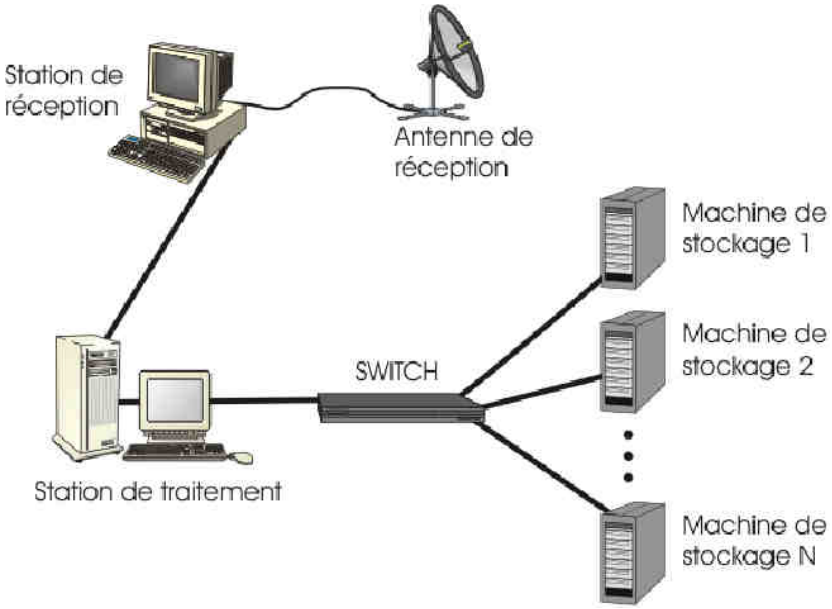


FIG. 3 – La chaine de réception et traitement METEOSAT Seconde Génération.

de passer du format EUMETSAT à un format plus classique (pgm), nous avons pu bénéficier du support du GDR MSG dans un premier temps, puis nous sommes récemment passés à une solution libre (XRIT). La partie qui nous a pris plus de temps était celle dédiée à l'archivage proprement dit des données. Notre première tentative a consisté à essayer d'adapter du matériel grand public à nos besoins car les serveurs d'archivage étaient à l'époque hors de notre budget. Malheureusement, cette solution ne s'est pas avérée stable dans le temps malgré tous nos efforts et nuits blanches. Depuis, le prix de serveurs de stockage ayant fortement diminué, nous sommes passés à des solutions professionnelles qui se sont elles révélées globalement stables et facilement évolutives.

Du point de vue logiciel, les développements ont dans un premier temps été dédiés à la mise en œuvre opérationnelle de la chaîne de réception et d'archivage. Ainsi, les différentes briques logicielles ont pu interagir entre elles via de nombreux scripts pour automatiser autant que faire ce peut toute la chaîne. Dans cette tâche, la reprise sur incident et le rattrapage du retard accumulé est clairement la tache la plus délicate si on la fait coïncider avec l'activité normale de la chaîne. Rapidement aussi, il nous est apparu important d'avoir une machine dédiée au monitoring de la chaîne et qui donc surveille les autres machines, détecte la ou les machines hors service et déclenche une procédure de traitement d'incident comme par exemple l'envoi automatique d'un mail à l'équipe. Les technologies informatiques évoluant rapidement, on envisage de restructurer cette partie pour tirer profit des avancées de ces dernières années.

Dans un deuxième temps, les développements logiciels ont été liés au développement des activités d'exploitation des données, activités présentées à la prochaine section. Très rapidement, nous avons été confrontés à des requêtes de haut niveau comme : « donner toutes les images des bandes spectrales S1 à SN comprises entre les dates D1 à DN entre les latitudes LA1 et LA2 et les longitudes LO1 et LO2 ». Répondre efficacement à ce type de demande est fortement dépendant de l'architecture de la base de données. Aujourd'hui, nous sommes opérationnels pour MSG. En revanche, le problème est beaucoup plus complexe pour les satellites défilants et fait l'objet des travaux en cours. Enfin, des bibliothèques de traitement d'images plus traditionnelles ont été

développées concernant par exemple la conversion des comptes numériques en valeurs physiques.

Exploitation d'images spatiales

La recherche et l'exploitation des données reçues ont surtout concerné l'algorithmique thématique (i.e. le développement d'algorithmes spécifiques à une thématique particulière). Les possibilités qu'offrent les images EUMETSAT sont telles que les thématiques accessibles sont incroyablement nombreuses. Aussi, nous avons décidé de nous restreindre pour l'instant :

- à des thématiques environnementales comme l'estimation du couvert végétal à l'échelle continentale ainsi qu'à la détection et au suivi temps réel d'évènements potentiellement dangereux comme les tempêtes de sable dans les zones péri-sahariennes, les feux de forêts et de brousse ainsi que l'activité éruptive des volcans,
- à la fusion d'informations suivant plusieurs approches. La première est de développer des méthodes de fusions d'images provenant de satellites différents (géostationnaires ou polaires avec par exemple de la fusion METOP/MSG et évolution dans le temps). La seconde concerne la fusion des informations issues des images avec celles de données de stations au sol et l'étude des couplages via des réseaux de neurones par exemple.

Enseignement de la télédétection

Que ce soit auprès du grand public ou auprès des jeunes en formation, il plane autour du métier d'ingénieur comme une aura de mystère, mystère d'autant plus grand lorsque que l'on touche au domaine spatial. Il est donc important de montrer par des exemples concrets quelques déclinaisons du métier d'ingénieur pour créer de nouvelles vocations.

Ainsi, les images réceptionnées par notre station ont été utilisées pour des manifestations grand public comme la fête de la science ou sciences en fête sous forme de conférences sur des thèmes variés. Ces images ont aussi servi de point de départ pour des débats lors des Journées Portes Ouvertes de l'Ecole qui ont lieu en moyenne trois fois par an.

Au niveau de la promotion (i.e. tous les étudiants en même année de formation), de nombreuses conférences ont été organisées au profit des étudiants de l'Ecole (essentiellement 2A/3A). Ces conférences ont clairement pour objectif de faire naître un intérêt pour la discipline chez quelques étudiants qui pourront ensuite concrétiser cet intérêt par des projets. Toujours au niveau de la promotion, il faut noter la nuit de la recherche (3A). Le principe est simple : l'activité débute à 19 heures et se termine le lendemain à 7 heures. Dans l'intervalle, un travail d'exploitation des données ainsi qu'une réflexion scientifique sont demandés aux étudiants. L'utilisation des images EUMETSAT sont un des temps fort de l'activité.

À une échelle plus fine, de l'ordre de la demi-promotion, les étudiants ont travaillé sur la fusion d'images MSG/Météosat 5 et projection des résultats en géométrie plate carrée dans le cadre des microprojets du module d'imagerie numérique de 4A. A l'échelle de la classe, les étudiants de 5A ont eux travaillé sur la segmentation non supervisée d'images spatiales.

Enfin, à l'échelle la plus fine, c'est-à-dire par groupe de deux à six étudiants selon la difficulté, les étudiants (2A à 5A) ont pu mettre en pratique quelques-unes de leurs connaissances théoriques lors de projets (la pédagogie par projet est un des piliers de la formation à l'ESIEA).

Robots d'exploration

Pour recueillir de l'information spatiale de plus grande qualité que celles issues des capteurs satellitaires, ATIS s'est lancé dans la conception et la réalisation de robots d'exploration. Le premier

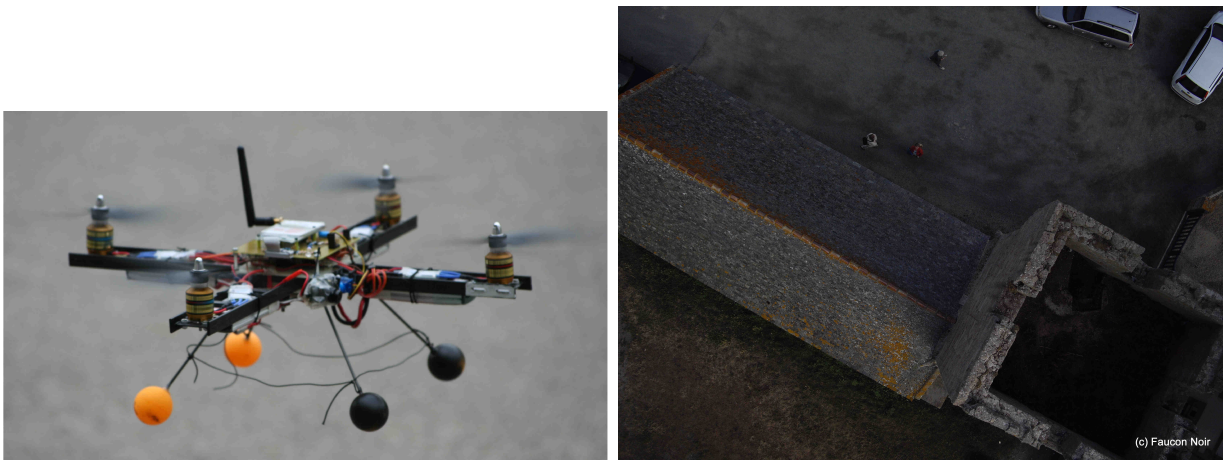


FIG. 4 – Le drone en vol (à gauche) et une vue nadirale depuis le drone.

est un minidrone pour obtenir des images aériennes et le second est un robot sous-marin filoguidé (ROV).

Minidrone

Un des points critiques du développement de l'imagerie aérienne est le coût de revient d'une image car il faut monopoliser un avion et un pilote. Pour diminuer ce coût, de nouvelles machines volantes sont apparues dans le ciel : les drones. Un drone est, pour simplifier, un avion robotisé sans pilote pouvant réaliser de manière autonome une mission de renseignement. Dans la pratique, la réalisation d'un tel engin est particulièrement complexe car elle fait appel à de très nombreux domaines d'expertise différents comme l'aéronautique, l'électronique et l'informatique embarquées, l'asservissement temps réel, la navigation autonome etc...

Notre drone baptisé *Faucon Noir* est un mini-drone de type quadri-rotors. Il embarque deux caméras, l'une basse résolution mais qui transmet en temps réel ses données à la station sol et l'autre est haute résolution mais les images ne sont disponibles qu'une fois que le drone est récupéré (figure 4). Pour pouvoir être efficacement et rapidement exploitées, toutes les données sont géoréférencées en temps réel lors de leur acquisition grâce à la fusion d'informations hétérogènes issues d'un GPS, d'une centrale inertielle et d'un altimètre barométrique. Ces données sont archivées sur des supports amovibles qui permettent la récupération immédiate des données après l'atterrissage pour pouvoir être post-traitées. La section dédiée à la reconstruction 3D et à la géomatique thématique détaille ces enjeux. Notons cependant parmi les développements logiciels spécifiques effectués un software permettant le « mosaïcage » d'images et un autre permettant la visualisation et la navigation dans la base de données géoréférencées archivées via GoogleEarth©. La centrale inertielle et le GPS permettent aussi au drone de pouvoir suivre un plan de vol de manière autonome. L'acquisition et la navigation constituent le mode de fonctionnement haut niveau du drone. La stabilisation automatique du drone constitue le mode survie. Le schéma fonctionnel de la figure 5 résume les principales fonctions.

Pour stimuler une nouvelle génération d'ingénieurs pour définir et construire ces systèmes de véhicules aériens automatiques et autonomes et pour tisser des liens entre jeunes ingénieurs, industries et centres de recherche développant des technologies pour ces systèmes, l'ONERA (Office National d'Études et de Recherches Aérospatiales), organise une compétition internationale appelée

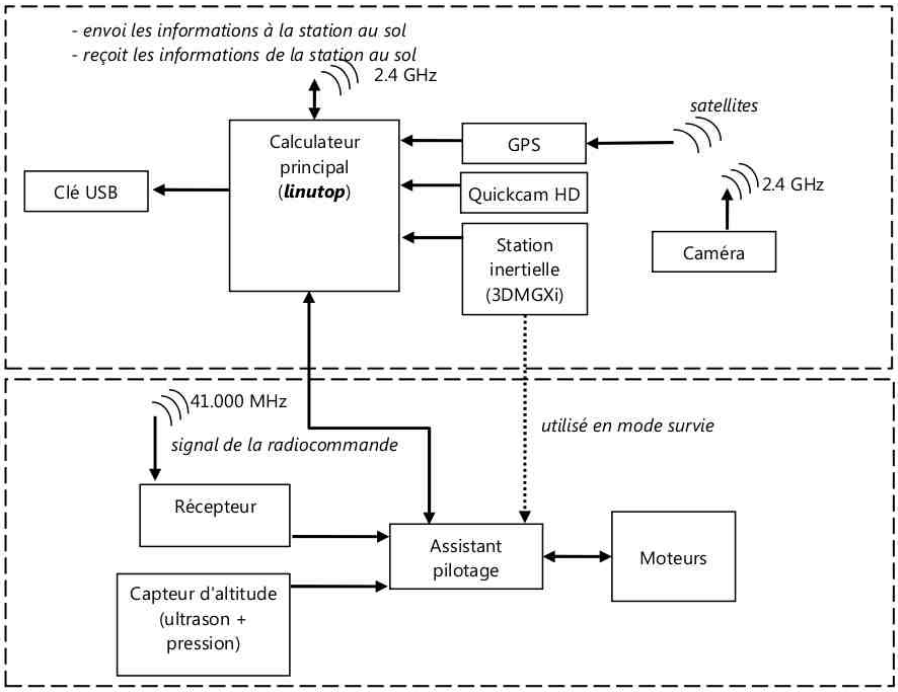


FIG. 5 – Schéma fonctionnel général du drone. En haut, les organes du mode haut niveau, en bas, ceux du mode survie.

challenge minidrones et subventionnée par la DGA (Délégation Générale pour l'Armement).

Cette compétition, étalée sur les années universitaires 2007-2008 et 2008-2009, va permettre à de grandes Ecoles et universités prestigieuses de confronter leurs savoir-faire opérationnel. Vingt équipes sont sur la grille de départ parmi lesquelles Centrale Paris, Mines Paris, l'Université Technologique de Compiègne, l'Université libre de Bruxelles ou le Moscow Aviation Institute. Les 12 meilleurs projets sélectionnés par un comité d'experts composés de personnels de la DGA et de l'ONERA seront aidés financièrement.

Le laboratoire ATIS et les associations d'étudiants de l'Ecole AIR-ESIEA et DTRE partenaires sur le projet ont le plaisir de vous annoncer que le drone de l'ESIEA fait partie de ces 12 meilleurs projets et est aujourd'hui classé 3ième à l'issue de la première épreuve en vol (derri'ere l'ENAC et SupAéro).

Robot sous marin filoguidé (ROV)

Le robot sous-marin filoguidé (ou ROV pour *Remotely Operated Vehicle*), est un robot piloté depuis la surface dont le but est d'explorer des zones immergées où un humain ne peut s'aventurer sans risque. On souhaite qu'il puisse plonger jusqu'à 100 mètres de profondeur, qu' il soit facilement opérationnel sans nécessiter de moyens logistiques conséquents et qu'il puisse en temps réel renseigner la surface sur son environnement, l'ensemble étant sous contrainte budgétaire forte. Les applications attendues de ce types de données concerne essentiellement l'archéologie sous-marine (relevé et cartographie de gisement) et l'environnement marin et littoral (étude d'impact, de risque de glissement de terrain, évaluation de la santé d'un site ...) Aujourd'hui, la conception du prototype est terminée et une première maquette « hors eau » est réalisée. Cette maquette a permis de mettre en avant des points technologiques ardus qu'il nous faut maintenant résoudre (figure 6).

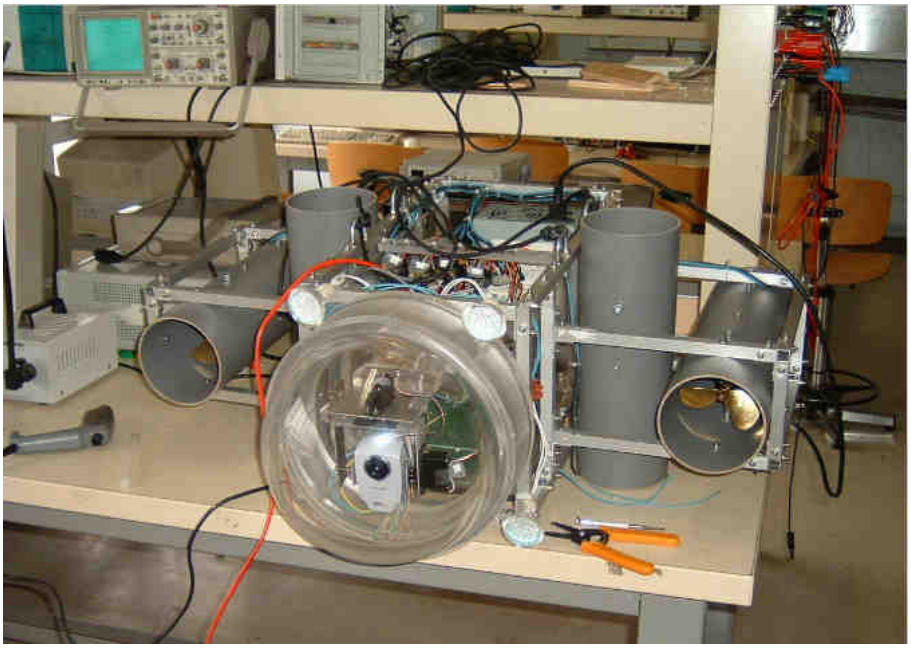


FIG. 6 – Maquette échelle 1 « hors eau » du robot sous-marin filoguidé.

Reconstruction 3D et géomatique thématique

Cette partie se place dans le contexte plus général de la maîtrise de l'information dans le cadre de la gestion de crise. Il s'agit donc de fournir très rapidement à des décideurs des informations spatiales de type géomatique thématique (zones touchées, voies d'accès, estimation d'impact et de dégâts...). Pour cela, il est nécessaire de pouvoir réaliser dans un premier temps et rapidement une reconstruction 3D, même approximative, de la zone.

Afin de répondre aux besoins des opérationnels, nous sommes en train de concevoir un capteur qui permet :

- une géolocalisation directe des données grâce à la fusion de données multi-capteurs incluant un GPS, une centrale inertielle et un altimètre,
- l'utilisation de plusieurs caméras afin de multiplier les points de vue. (Nadir, Devant, Derrière). Les points de vue non verticaux permettent notamment une estimation rapide de salubrité des bâtiments en étudiant l'état de leurs façades après un séisme par exemple. Pour compléter le dispositif, nous sommes en train d'évaluer la possibilité d'embarquer des instruments profileurs laser (LIDAR) pour caler et accélérer la reconstruction post-vol.

Outre les difficultés de réalisation et d'intégration d'un tel capteur, la fusion et l'indexation efficace des données permettant la visualisation rapide par un être humain sont aussi des points de recherche importants. Ces travaux se font dans le cadre de la thèse d'Antoine Gademer, en partenariat avec le laboratoire G2I de l'Université de Marne-la-Vallée, le laboratoire MATIS de l'IGN, le CEA et le laboratoire MAP (UMR 694-Modélisation et simulation de l'Architecture et du Paysage) du CNRS.

Analyse sémantique automatique

La sémantique est la science qui s'intéresse au sens des mots. C'est un défi majeur des technologies de l'information, tout simplement parce que la notion de sens attaché à un mot est implicite

lors de n'importe quelle requête d'un utilisateur. Le problème est qu'informatiquement c'est difficile à gérer. Heureusement, dans de nombreux cas, on peut se satisfaire d'une mesure de distance sémantique, c'est-à-dire mesurer la similarité de sens de deux mots. Il est possible de mesurer automatiquement ce type de distance. Pour une liste de mots donnés, on peut mesurer les distances les uns par rapport aux autres, et créer une « carte ». Ainsi, il est envisageable de faire un système « intelligent » capable de « comprendre » seul la similarité entre des mots. C'est la base de l'analyse sémantique automatique. Dans la section transfert de technologie et contrats, on trouvera un exemple d'application (*MétéoJob*). Dans ce cas, les données permettant le calcul des distances entre les mots, et qui conditionnent la pertinence des résultats, sont basées sur une interrogation statistique d'internet. Un autre exemple d'application est le logiciel *Baldr* développé à l'ESIEA par Hubert Wassner.

La distance informationnelle pouvant être calculée sur n'importe quel type de fichiers, nous avons pensé à l'utiliser pour estimer le degrès de similarité entre des codes sources. L'objectif est d'avoir un indicateur fiable de détection de plagiat entre des rendus d'étudiants lors de travaux pratiques informatique. Cela a donné naissance au logiciel *Baldr*, téléchargeable sur `http://labs.esiea.fr/fr`. Comme on recherche une similitude et non pas une copie exacte entre les codes informatiques, le logiciel reste utile pour des codes « maquillés », c'est-à-dire toute modification du code source original qui ne change pas le fonctionnement du programme (modification du nom des variables, de l'indentation etc...). La richesse du logiciel est donc de focaliser le correcteur humain sur les cas les plus litigieux. Mais *Baldr* permet aussi de détecter les solutions les plus originales, et donc de les mettre en valeur ce qui pédagogiquement très intéressant.

Nouvelles technologies et handicap

Pour beaucoup de personnes handicapées, le déplacement d'une souris informatique pour interagir avec un ordinateur est impossible pour des raisons de motricité ou de force suffisante dans la main. Pour répondre à cette demande, nous avons développé plusieurs solutions permettant le guidage et l'action du pointeur par d'autres organes que la main.

La première, *EyeTracking* est basée sur la détection des mouvements des yeux. La seconde, plus généraliste et au dire des utilisateurs plus confortable dans le temps, consiste à interpréter le mouvement d'un organe en 3D puis de le retranscrire en 2D. Le principe consiste à mettre sur l'organe concerné (doigt, joue, front ...) une pastille réfléchissante éclairée par une source infrarouge (IR), de suivre et d'interpréter les mouvements.

L'intérêt de l' éclairage IR est d'avoir sur la pastille réfléchissante un « point chaud » fortement contrasté avec le fond. Ensuite, nous souhaitons que la conversion 3D/2D et le tracking se fassent de manière automatique et à moindre coût. Pour cela, nous avons décidé de détourner un périphérique du commerce, la *wiimote* qui est une manette de jeu de la console *Wii* de *Nitendo* pour faire cela. Le logiciel *WiiHelp* interprète le retour de la *wiimote* et fait l'intéraction avec le système d'exploitation de l'ordinateur pour déplacer le pointeur. Comme perspective, on imagine pouvoir utiliser des techniques d'apprentissage type réseaux neuronaux pour que le logiciel apprenne le handicap de l'utilisateur et filtre les mouvements parasites. Dit autrement, ce ne sera plus à l'utilisateur de s'adapter au logiciel, mais l'inverse. Ainsi, un parkinsonnien pourra créer un déplacement de la souris lisse par exemple. Enfin, comme dernière réalisation, citons l'aide à la vision pour personnes fortement déficientes visuelle. Le principe de fonctionnement du système est d'acquérir une image numérique de l'environement, de traiter en temps réel le signal et de reprojeter le résultat sur des lunettes de réalité virtuelle (figure 7).

FIG. 7 – Principe de fonctionnement de la loupe numérique pour le défi technologique du Téléthon 2008.

Ces deux derniers projets ont été présentés au défi technologique du téléthon 2008 (`http://professeurs.esiea.fr/wassner/?q=t\%C3\%A9l\%C3\%A9thon`).

Art et Recherche NUMérique (ARNUM©)

Rarement pratiquée, la fertilisation croisée des apports entre ingénieurs et artistes est à l'évidence source d'enrichissements conceptuels et méthodologiques. De même, ouverture d'esprit, développement du sens critique, étude des mécanismes de la création et capacité de modélisation se développent à travers un dialogue constructif entre « hommes de l'art ». ARNUM (*Art et Recherche Numérique*) organise ces échanges et stimule cette réflexion positive. En premier lieu, il offre aux étudiants de l'ESIEA un espace d'exercice théorique et pratique des qualités imaginatives de l'ingénieur. Parallèlement, l'enseignement culturel qui y est dispensé les entraîne à mettre en perspective transdisciplinaire l'étude des mutations technologiques et des productions mobilisant l'informatique. Aux étudiants les plus impliqués, ARNUM©propose des projets et des réalisations concrètes et novatrices avec nos partenaires, institutions culturelles ou artistes du numérique.

En résumé, du point de vue pédagogique, les activités d'ARNUM concourent à développer les compétences suivantes chez les étudiants :

- Connaissances en matière de culture générale et contemporaine.
- Développement de la créativité.
- Découverte du domaine culturel.
- Sensibilisation à l'art et à l'esthétique de l'Interface Homme-Machine.
- Valorisation et présentation de projets.

FIG. 8 – Affiche exposition ARNUM (à gauche) et une vue multimédia d'une borne interactive (à droite).

- Développement personnel.

Le domaine d'excellence d'ARNUM est l'art numérique, que ce soit de l'image 2D, 3D, fixe, animée, interactive, du son ou des performances mais son champ d'application s'étend à la culture artistique en général. Parmi les réalisations d'ARNUM, citons :

- L'exposition « *Art et Science* » au CCSTI de Laval du 7 octobre 2006 au 17 janvier 2007. ARNUM a été chargé de concevoir et réaliser des multimédias de vulgarisation sur les techniques de pointes utilisées par le laboratoire de recherche des musées de France en matière d'acquisition, de traitement et de conservation des œuvres d'art. Trois bornes interactives présentaient le travail des étudiants pendant toute la durée de l'exposition (figure 8). Les techniques et études présentées portaient sur la compression, les nuages de points, la classification typologique, la reconstruction multispectrale, Tritos, la numérisation par caméra laser, le Visual Hull, les figurines de l'Allier, la base EROS.
- L'exposition ARNUM l'expo -1 à l'ESIEA Paris le 7 janvier 2007 a présenté au public de 10 projets de création numériques conçus et réalisés par des étudiants en 5ième année.

ATIS et l'innovation pédagogique

Introduire des projets de recherche par essence même à la frontière de nombreuses disciplines et qui relèvent de nombreux défis scientifiques, humains et techniques très tôt dans le cadre de la formation pratique de nos étudiants nous semblait pertinent et enrichissant. Et nous n'avons pas été déçus.

En quelques points, nous pouvons noter :

- au niveau des élèves, la culture de plusieurs qualités fondamentales au métier d'ingénieur. Ainsi, pour obtenir des résultats, il est indispensable de maîtriser la dimension du travail d'équipe, à l'échelle du groupe aussi bien qu'à l'échelle groupe de groupes. On peut noter que la transmission de connaissance est optimisée lorsque les groupes sont d'années de promotion différentes. De plus, comme la réussite du groupe passe par la réussite individuelle, on note que les notions de responsabilité individuelle et donc collective sont très vite assimilées. L'interdisciplinarité permet de faire l'agrégation le temps d'un projet entre des domaines scientifiques et techniques la plupart du temps perçus par les élèves comme étanches les uns

avec les autres. Ils réalisent, mieux ils vivent, l'intérêt de mélanger des mathématiques avec de la physique et de l'informatique par exemple. Il faut noter que ce type de projet aboutit parfois à des résultats exceptionnels comme la publication de travaux d'étudiants (2A à 5A) à une conférence internationale avec comité de lecture pour des étudiants.

- au niveau des enseignants, la transdisciplinarité facilite l'ouverture vers des domaines autres que son domaine d'expertise et peut permettre d'illustrer un cours par des exemples concrets produits en interne.

- au niveau de l'École enfin, ce type d'activité favorise la visibilité vers l'extérieur et donc les échanges de savoir et de savoir faire. Le réseau s'agrandissant, les synergies se mettent plus facilement en place soit sur des projets ponctuels, soit sur du plus long terme, ce qui est au final gagnant pour tout le monde.

Transfert technologique et contrats

Voici une liste non exhaustive de réalisations industrielles et de réponses à appel d'offres menés à bien par le pôle sur la période 2007 - 2008.

- *HandiMap* : l'association *Mobile-en-Ville* (MeV ; `www.mobile-en-ville.asso.fr`) a pour objectif de favoriser l'accessibilité des villes aux roulettes et aux personnes à mobilité réduite, en réalisant des cartographies de l'accessibilité des cheminements piétons (trottoirs et espaces publics). La notion d'accessibilité dépend d'un certain nombre de critères comme les pentes et dévers, le revêtement de la chaussée, contraintes d'accès etc... La transcription sur fonds de plan papier de cette notion d' accessibilité utilise un code couleur inspiré de celui des niveaux de difficultés des pistes de ski. La mission d'ATIS a été de proposer un système numérique des cartes d'accessibilité permettant le calcul d'itinéraires prenant en compte la tolérance maximale autorisée par la personne à mobilité réduite sur le trajet.

- *Cartomobile* : ce projet est en relation avec le projet *HandiMap*. Pour l'estimation de l'accessibilité, il est nécessaire de mesurer point par point les pentes et dévers locaux, le revêtement de la chaussée, sa praticabilité et l'existence d'un espace d'évolution compatible avec un fauteuil roulant. Ces données n'étant pas mesurées par les géomètres/topographes, l'association *Mobile-en-Ville* a dû les créer. Mais à l'échelle d'une ville comme Paris, cela représente un travail colossal. La mission d'ATIS a été de créer un système permettant la mesure automatique en temps réel de ces paramètres sur un système mobile (figure 9).

- *Geoscan* : la société *Géoscan* (`www.geoscan.fr`) réalise pour ses clients (principalement les services départementaux d'eau et d'assainissement) des missions de diagnostic et de préconisation de travaux des réseaux d'assainissement, fondées sur des campagnes d'inspection visuelle et d'auscultations des ouvrages. Les conditions opératoires de ces inspections (environnement humide, glissant, totalement sombre, pouvant être rapidement impraticable et dangereux...) rendent difficiles l'enregistrement « in situ » des différentes observations. La mission d'ATIS a été de développer un outil numérique temps réel de saisie, de traitement et d'exploitation des données du relevé visuel des ouvrages d'assainissement dans ces milieux particulièrement contraints.

FIG. 9 – Unité de mesure mobile du projet Cartomobile.

- *MeteoJob* : la société *Meteojob* (`www.meteojob.com`)est spécialisée dans le recrutement par internet et à comme objectifs de permettre et d'optimiser la rencontre entre les personnes en recherche d'emploi de tous niveaux avec les recruteurs dans tous les secteurs d'activité. La mission d'ATIS a été de créer une carte sémantique des métiers pour développer un système « intelligent » capable de comprendre la similarité entre deux intitulés tels que : marbrier et tailleur de pierre afin de favoriser les passerelles entre métiers.

Partenariats

Les partenaires du pôle ATIS sont nombreux. Pour 2007 - 2008, voici une liste non exhaustive des principaux d'entre eux :

- Partenaires sous convention
  - MÉTÉOFRANCE.
  - EUropean METerological SATellites (EUMETSAT).
  - Office National d'Études et de Recherches Aérospatiales (ONERA).
  - Délégation Générale pour l'Armement (DGA).
  - Association France Myopathie (AFM).
- Partenaires de recherche
  - Laboratoire G2I, Université de Marne-la-Vallée.
  - Commissariat à l'Energie Atomique (CEA), Bruyères-le-Châtel.
  - Groupe De Recherche Météosat Seconde Génération (GDR MSG).
  - Département Traitement du Signal et des Images, ENST Paris.
  - Département Observation, Modélisation et Décision,Â ENSMP.

- Partenaires artistiques
  - Centre de Recherche et de Restauration des Musées de France (C2RMF ; http://www.c2rmf.fr/
  - Centre Culturel Scientifique, Technique et Industriel de Laval. http://www.ccsti-laval.org/
  - Musée d'Art Contemporain du Val-de-Marne. http://www.macval.fr/
  - Laboratoire des Arts et Médias (LAM) de l'Université Paris 1 - Panthéon-Sorbonne. http://creca.univ-paris1.fr/
  - Laval Technopole. http://www.lavaltechnopole.com/
  - Miguel Chevalier http://www.miguel-chevalier.com/
  - Christophe Bruno http://www.iterature.com/dreamlogs/
  - Jean-Marc Philippe http://www.keo.org/
  - Karen O'Rourke http://pagesperso-orange.fr/korourke/
  - Carol-Ann Braun http://www.concert-urbain.org/pages/projets/tour-a-tour.html
  - Christian Lavigne http://www.arsmathematica.org/
- Enseignement dans des Masters
  - Système d'Information Géographique, M2, Université de Marne-la-Vallée.
  - Sciences de la Terre, de l'Environnement et des Planètes (STEP), M2, Université Paris 7.

Publications et travaux du laboratoire

Livres et chapitres d'ouvrages

- Claire Leroux. L'art a-t-il besoin du numérique ? Ouvrage publié sous la direction de Jean-Pierre Balpe et Manuela de Barros, Éditions Hermes Sciences - Lavoisier - 2006, ISBN 2-7462-1389-3, http://www.ccic-cerisy.asso.fr/artnumTM06.html

Conférences internationales avec comité de sélection et actes

- L. Beaudoin, A. Gademer, A. Amir, L. Avanthey, V. Germain, A. Pocheau, *Near real time detection of hot spots on Meteosat Second Generation images : from forest fires to volcanic eruptions*. In Proceedings of *IGARSS*, Barcelona, 2007, pp. 2318–2321, Digital Object Identifier 10.1109/IGARSS.2007.4423305.
  Résumé :
  In the 2005 IGARSS' symposium, we presented the setting up of a data receiving station for METEOSAT SECOND GENERATION (MSG) satellites by undergraduates and we emphasized the pedagogical interest of the project. The experience has been successfully pursued by developing with the undergraduates involved the exploitation of the data received and its promotion. Among the different activities implemented in this context, we discuss in this article the work concerning the hot spots detection in near real time on MSG images. This approach, beyond the technical and pedagogical aspects, allows the future engineers to be involved in very important issues such as global warming and natural disasters.
  In order to define the forest fire detection algorithms adapted to MSG data, we start by describing the physical properties that lead us to identify the more efficient spectral bands available in MSG. Then, we deal with the different algorithms developed and the accuracy and efficiency of the detection compared with other published results.

Sometimes, we observed very localised and motionless fires during several days or even several weeks. Looking at more precise scales, we realized that these anomalies are mostly localised on active volcanoes. In order to validate the hypothesis that we really detect volcanic eruptions, we focused our attention on a very specific volcano called Karthala, Grand Comore Island, Indian Ocean. Comparing our results with ground data, we observe a very good detection of the eruption's activity from the start to the end with almost a quarter hour accuracy.

Conférences internationales avec comité de sélection sans actes

- A.Gademer, L. Beaudoin, C. Chéron, S. Monat, J.P. Rudant, *Acquisition de données Très Haute Résolution (THR) géoréférencées à partir d'un quadricoptère.* In *journées scientifiques de l'AUF*, Madagascar, 2008. Présentation effectuée lors des XIèmes Journées Scientifiques de l'Agence Universitaire de la Francophonie le 3 Novembre 2008 à Antanarivo (Madagascar). La procédure est en cours pour publier un article tiré de cette présentation dans la revue télédétection.
  Résumé :
  La télédétection Très Haute Résolution (THR) pour l'environnement a connu un fort développement ces dernières années dû notamment à l'accès banalisé à l'information spatiale métrique voire submétrique jusque là inaccessible à la communauté civile. Cependant, certaines limites opérationnelles sont vite atteintes avec les moyens traditionnels que que sont l'imagerie spatiale et aérienne.
  Les images spatiales peuvent poser des problèmes pour le suivi de situation si les contraintes orbitales ou tout simplement une météo défavorable au moment du survol de la scène rendent impossible l'acquisition régulière des images. A contrario, les images aériennes peuvent profiter pleinement des fenêtres météo mais nécessitent de se déplacer sur place. Ces deux systèmes sont donc totalement complémentaires. Cepeendant, le coût de revient d'une image aérienne est critique car il faut monopoliser avion et pilote. Pour diminuer ce coût, de nouvelles machines volantes sont apparues dans le ciel : les drones. Un drone est pour simplifier un robot volant sans pilote pouvant réaliser de manière autonome ou non une mission de renseignement. Dans la pratique, la réalisation d'un tel engin est particulièrement complexe car elle fait appel à de nombreux domaines d'expertise différents comme l'aéronautique, l'électronique et l'informatique embarquées etc... L'objectif de cette communication est de démontrer que la réalisation d'un drone pour des missions de télédétection THR environnementales à la demande est réalisable à moindre coût.

Conférences et articles invités (niveau national)

- Claire Leroux. Projet *Métamorphose*, CNAM, Paris, Journée thématique Image, Signal et Arts organisée par la Section Signal et Image du club EEA, avec la participation du GdR ISIS (Informations, Signal, Images et Vision) du CNRS et du Groupe FranÃ§ais de l'Imagerie Couleur (GFIC) et Art Sensitif. Présentation des multimédias réalisés pour le C2RMF, 2007. Claire Leroux figure parmi les conseillers scientifiques aux côtés de Christian Lahanier et Geneviève AÃ¯tken (C2RMF), `http://www.bnf.fr/pages/cultpubl/colloque_448.htm`

- Claire Leroux. Aux sources de l'art numérique, conférence autour de Frank Popper, INHA, Paris. Avec Frank Popper (UP8), Jean-Louis Boissier (UP8) et Sylvie Moktari (Archives de

la Critique d'Art), 2008, http://www.inha.fr/spip.php?article1807

- Claire Leroux. La réponse de la critique à l'art technologique, journée d'étude, Université de Rennes 2. GdR.Â « *L'œuvre et l'imaginaire à l'ère du numérique*, 2008, http://www.archivesdelacritiquedart.org/outils_documentaires/manifestations/2008/105

Stages et thèses préparés au laboratoire

Thèses soutenues

- Claire Leroux, *La réponse de la critique à l'art technologique ; archéologie d'un discours*, Thèse de Doctorat (dir. D. Chateau), Paris, 2007. Mention très honorable avec félicitations du jury à l'unanimité.

Thèses en cours

Ces thèses sont co-encadrées par Laurent Beaudoin.

- Antoine Gademer. *Conception d'un capteur multi-sources pour la cartographie rapide en situation de crise à partir d'informations issues d'un drone* (en co-direction avec Université de Marne-la-Vallée). Débutée en septembre 2006.

- Benoit Petitpas. *Amélioration de photo-interprétation d'images radar à l'aide de l'estimation fine de paramètres de rugosité à partir d'un modèle numérique de surface haute résolution obtenu par des capteurs collaboratifs 6D et lidar* (en co-direction avec Université de Marne-la-Vallée et l'École Nationale Supérieure des Télécommmunications de Paris). Débutée en septembre 2008.

Stages niveau Master M2 encadrés au laboratoire

- A. Gueye. *Estimation de la végétation par télédétection satellitaire*, Master de Physique Fondamentale et Appliquée, Université d'Orsay Paris 11, 2006.

- M. Mansour, *Détection des tempêtes de sable à partir d'images Météosat Seconde Génération*, Master de Physique Fondamentale et Appliquée, Université d'Orsay Paris 11, 2006.

- M. Jayachandran. *Détection des feux de forêt sur des images Météosat Seconde Génération*, Master de Physique Fondamentale et Appliquée, Université d'Orsay Paris 11, 2006.

- B. Belbouab, *Reconstruction de trajectoire à partir d'une centrale inertielle*, Master de Physique Fondamentale et Appliquée, Université d'Orsay Paris 11, 2006.

- R. Santarelli, *Intérêt et faisabilité de la création d'un réseau « faible coût » de stations de réception de satellites géostationnaires pour la couverture temps réel et totale de la Terre*, Università Politecnica delle Marche, Ancona, Italie, 2006.

- A. Gademer, *Étude bibliographique pour la mise en place d'une chaîne d'acquisition multi-capteurs très haute résolution sur un vecteur volant à basse altitude*, ESIEA, 2006.

- B. Petitpas. *Création d'un outil open source pour la stéréo-restitution*, ESIEA, 2007.

- F. Mainfroy. *Création d'outils opensource pour l'imagerie aérienne d'urgence*, ESIEA, 2008.

Encadrements de projets étudiants ESIEA

- L.Drugeault, *Intérêts et faisabilité de réception directe des satellites de la série NOAA* 2006, (5A).

- T. Gaffajoli, T. Allouis, *Intérêts et faisabilité d'une station de réception METOP*, 2007, (5A).

- J.M. Alluguette, F. Dercole, J.Holliger, L. Lim, *Faisabilité de portage de la bibliothèque d'outils MSG vers Métop*, 2007, (4A).

- L. Avanthey, V. Germain, A. Pocheau, *Détection des feux de forêt et des éruptions volcaniques en temps réel à partir d'images MSG*, 2007, (2A).

- S. Remy, V. Toper, *Conception d'un Remotely Operated Vehicule (ROV)*, 2007 (5A).

- L.Beaudoin, A.Gademer, C.Cherron, S.Monat, C. Poulailleau, *Projet Faucon Noir*, dossier de candidature challenge minidrone 2007-2009", 2008, (4A).

Productions logicielles

Deux productions logicielles ont été réalisées ou initiées en 2008 :

- JIM (*Jim is an Image Mosaicker*)
  Disponible sur `http://sourceforge.net/projects/jimatis/`.
  JIM est un logiciel de mosaiquage d'images (fusion de plusieurs images prises sous différents points de vue). Il a été conçu lors du stage de fin d'étude ESIEA de Florent Mainfroy (promo 2009).
  S'appuyant sur les travaux déjà mené au pôle ATIS, Florent a étudié l'utilisation des homographies entre les images. Souhaitant produire un outil réellement utilisable hors des laboratoires, il a décidé de publier son programme sous licence GPL.
- *Drone Eye*. Il s'agit d'un logiciel de visualisation et de navigation dans un grand jeu d'images géoréfencées. Il a été conçu par Antoine Gademer (Doctorant Paris-Est/ESIEA) et Florent Mainfroy (ESIEA, promo 2009).
  Il prend en entrée les données de télémétries du drone ainsi que les images prises par les appareils photo et construit une base de donnée de métadonnées géographique, ainsi que le graphe topologique entre ces données. Il permet alors la navigation dans les données en affichant les empreintes au sol des photos dans *Google Earth*.
  Le logiciel est fonctionnel mais encore en phase de test. Le format non standard inhérent aux données produites par le drone le rend pour l'instant inintéressant pour des gens hors du laboratoire.

Productions diverses

– Claire Leroux, *Laboratoire ARNUM et PCB-Pool autour du projet : création de projecteurs à LEDs pour architecture*, Electronique Magazine, Num. 67, p42-43, 2008.

Pôle Sécurité de l'Information et des Systèmes (SI&S)

Présentation du laboratoire

Le laboratoire SI&S a été crée en 2004, conjoitement au Mastère Spécialisé SI&S. Son équipe est très impliquée dans la formation du Mastère Spécialisé SI&S ainsi que du Mastère Spécialisé International N&IS *Network & Information Security* (cours en anglais), créé en 2007.

Le laboratoire fait à la fois de la recherche dite « fondamentale » et de la recherche appliquée, avec une prédilection marquée pour le transfert de technologie vers les PME/TPE, et plus largement vers l'industrie.

Le laboratoire a également pour objectif essentiel de traduire et d'impliquer son activité de recherche dans l'activité pédagogique de ses membres (enseignements du cursus ingénieur ESIEA et des mastères spécialisés), en particulier dans le domaine de l'algorithmique. Une solution se doit d'être non seulement optimale et sûre mais aussi élégante.

Thèmes de recherche

Les principaux axes de recherche et de compétence de l'équipe SI&S concernent la sécurité *du code au réseau*, qui est LA devise des Mastères Spécialisés SI&S et N&IS. Les principaux thèmes de recherche du laboratoire sont :

- Formalisation et étude des techniques de développement de malwares. L'objectif est de comprendre comment fonctionnent les principales techniques virales et comment ces dernières sont susceptibles d'évoluer. Le principe général est que toute défense est illusoire si elle ne se nourrit pas de la connaissance et de la vision de l'attaquant dont la principale démarche est l'innovation et l'inventivité. À ce titre la prospection et l'évaluation de techniques de conception de codes malveillants, de la théorie à la pratique – dans le strict respect de la réglementation en vigueur et en liaison avec les services compétents de l'État – est indispensable. Cette thématique de recherche se fait en collaboration avec le pôle Virologie et Cryptologie Opérationnelles $(V + C)^O$.

  L'équipe SI&S s'intéresse tout particulièrement à *l'analyse automatique de malwares*, par exemple en utilisant la notion de distance d'information.

- Carte à puce et RFID : développement d'applications et de protocoles sécurisés. Ces environnements extrêmement contraints (en terme de ressources et de puissance) nécessitent une déclinaison spécifique des méthodes, fonctionnalités et outils de la sécurité.

- Cryptanalyse asymétrique (essentiellement sur le RSA). Généralisation de l'approche de Wiener et de la méthode de Coppersmith.

- Complexité algorithmique.

- Algorithmique de la sécurité.

Composition du laboratoire

- Directeur du laboratoire
  Robert Erra (Ing. - Ph D).
  Email : `erra@esiea.fr`
  Tél : +33(0)1 55 43 23 02

- Adjoint du laboratoire
  Vincent Guyot (Ing - Ph D)
  Email : `guyot@esiea.fr`
  Tél : +33(0)1 55 43 23 26
  Sécurité cartes à puce, sécurité RFID, sécurité système, sécurité réseau.
- Doctorants

  – Benjamin Caillat
  Email : `caillat@esiea.fr`
  Virologie, sécurité réseau et systèmes.
  – Anthony Desnos
  Email : `desnos@esiea.fr`
  Virologie, sécurité des systèmes.

Stages et thèses préparés au laboratoire

Thèses préparées au laboratoire

- Thèse de Benjamin Caillat, Ecole doctorale de l'Université Technologique de Troyes (UTT). *Formalisation et étude exploratoire des mécanismes de backdoor logicielles.* Débutée en septembre 2007. Co-encadrée par Robert Erra et Eric Filiol.

- Thèse d'Anthony Desnos, Ecole doctorale de l'Université Technologique de Troyes (UTT). *Etude et formalisation des techniques rootkit en mode noyau et applications à la virologie informatique.* Cette thèse a débutée en septembre 2007. Co-encadrée par Robert Erra et Eric Filiol.

Publications du laboratoire

Livres et chapitres d'ouvrages

- Vincent Guyot. *La technologie RFID*, chapitre du traité IC2 « *Les systèmes embarqués communicants* », Hermes-Lavoisier, ISBN 978-2-7462-1873-4, septembre 2008.

Revues nationales à comité de lecture

- Benjamin Caillat. *Développement d'outils spécifiques pour attaques ciblées d'entreprises.* Journal de la sécurité informatique MISC 36, Partie I, pp. 47-55, mars-avril 2008

- Benjamin Caillat. *Développement d'outils spécifiques pour attaques ciblées d'entreprises.* Journal de la sécurité informatique MISC 37, Partie II, pp. 72-82, mai-juin 2008

- Vincent Guyot. *Petite histoire illustrée de la carte à puce*, Journal du système GNU/Linux hors-série numéro 39, Partie I, pp. 5-6, novembre 2008 -janvier 2009

- Vincent Guyot. *Mise en place d'un environnement complet de développement d'applications carte pour systèmes UNIX*, Journal du système GNU/Linux hors-série numéro 2, Partie I, pp. 40-50, octobre-novembre 2008

- Vincent Guyot. *Un SDK JavaCard générique*, MISC - Le Journal de la sécurité informatique hors-série numéro 2, Partie I, pp. 74-80, novembre 2008 -janvier 2009

Conférences et articles invités (niveau national)

Conférences internationales avec comité de sélection et actes

- Pascal Urien, Vincent Guyot et al. *HIP tags, a new paradigm for the Internet of Things*, IFIP Wireless Days 2008, Dubaï (Emirats Arabes Unis), novembre 2008, publié dans IEEExplore.

- Pascal Urien, Vincent Guyot et al. *HIP tags, a privacy architecture for networking in the Internet of Things* NAEC 2008, Lake Garda (Italie), septembre 2008, publié dans les actes de la conférence

Conférences nationales avec comité de sélection et actes

- Benjamin Caillat. *cracker, the CRyptographic pACKER.* Rump session de SSTIC 2008, mai 2008, Rennes. Planches disponibles sur `http://www.sstic.org`.

- Anthony Desnos, Sebatien Roy et Julien Vanegue. *ERESI : une plate-forme d'analyse binaire au niveau noyau.* Actes de la conférence SSTIC 2008, Rennes, pp. 217, mai 2008, Publications ESAT. Disponible sur `http://www.sstic.org`.

Divers

– Damien Aumaitre, Jean-Baptiste Bédrune, Benjamin Caillat. *Forensics - Quelles traces se dissimulent malgré vous sur votre ordinateur ?* Séminaire technique SOGETI, mai 2008. La présentation est disponible sur `http://esec.fr.sogeti.com/FR/documents/seminaire/forensics.pdf`

Productions logicielles

- Benjamin Caillat. *SECWEB (Secure Web)* regroupe un ensemble de scripts permettant d'obtenir rapidement une plateforme APACHE/PHP/MySQL/SQUID sécurisée. Le code est disponible sur `http://benjamin.caillat.free.fr/secweb.php`

- Benjamin Caillat. WiShMaster : outil permettant de générer des shellcodes pour Windows à partir de code source en C. Code non public (attente de publication d'un article technique). Les binaires de la version 1.0 sont disponibles sur `http://benjamin.caillat.free.fr/wishmaster.php`

- Benjamin Caillat. *Hooker* : un template de projet C permettant de rapidement développer des applications effectuant du hooking d'API par injection de thread/patch du header. Ce projet s'appuie sur *WiShMaster*. Le code code est disponible sur `http://benjamin.caillat.free.fr/wishmaster\_hooker.php`

- Benjamin Caillat. *Cracker* : Packer implémentant des fonctionnalités de chiffrement pour protéger les exécutables. Code non public (attente de publication d'un article technique).

- Anthony Desnos. *Istari* : Remote exec/Syscall proxy en python, et visualisation 3D. Code non public (attente de publication d'un article technique).

- Anthony Desnos. *Sanson The Headman* remote userland execve (binaire statique/dynamique), chiffrement AES des binaires en mémoire, support SSL. Le code disponible sur `http://sanson.kernsh.org/`.

- Anthony Desnos. *ERESI (Reverse Engineering Software Interface)* : intégration et support du projet *Kernsh* (shell kernelland/userland sous Linux, lecture/écriture dans la mémoire noyau, injection de module). Consulter le site `http://www.eresi-project.org`.

- Vincent Guyot. *JavaCardSDK pour UNIX*. C'est un environnement de développement générique complet (partie applet et partie cliente) pour application carte à puce Java sous UNIX. Le code est disponible sur `http://www.gnulinuxmag.com/hscarte/`

- Vincent Guyot. *JavaCardSDK pour Windows*. C'est un environnement de développement générique complet (partie applet et partie cliente) pour application carte à puce Java sous Windows. Le code est disponible sur `http://www.miscmag.com/hscarte/`

Activités scientifiques diverses

Organisation de conférences

Le laboratoire a participé à l'organisation des conférences suivantes (nationales et internationales) :

- SSTIC 2008 (international francophone - France) : participation au comité de programme et au comité d'organisation. `http://www.sstic.org`

- EICAR 2008 (France) : membre du comité d'organisation.

- Organisation d'une journée de réunions du projet ANR T2TIT traitant de la sécurité RFID, vendredi 12 décembre 2008, à l'ESIEA Paris

L'ESIEA et le laboratoire ont participé à la co-organisation de la 17ème édition de la conférence internationale EICAR (*European Institute in Computer Antivirus Research*) dans la salle de conférence *Les Ondines* à Changé.

Responsabilités éditoriales

Responsabilités éditoriales internationales

- Vincent Guyot a été le rédacteur en chef du volume 1, numéro 3, 2008, du *International Journal of Communication Networks and Distributed Systems*.

Responsabilités éditoriales nationales

- Robert Erra est directeur de collection aux Éditions Vuibert.

- Vincent Guyot a été le rédacteur en chef du numéro hors-série numéro 38 numéro spécial « Cartes à puce », du journal du système GNU/Linux, Diamond éditions.

- Vincent Guyot a été le rédacteur en chef du numéro hors-série numéro 2 « Cartes à puce », de MISC - Le Journal de la Sécurité.

– Vincent Guyot est traducteur/relecteur des ouvrages techniques publiés par les éditions O'Reilly.

Contrats de recherche 2008

Suite au départ de Stéphane ROGER début 2008, Robert ERRA a repris la gestion et le suivi des contrats.

- Projet *Versus-Box*
  - Montant : 87 102,00 euros H.T.
  - Statut : Terminé.
  - Entreprise : ALEPH INNOVATION.
  - Financement : Entreprise + CRITT.

FIG. 10 – Solution *Versus Box* développée pr l'équipe SI&S de l'ESIEA (`http ://www.inventiv-security.com/fra/produit.html`).

  - Description : l'ESIEA a développé une solution mixte matérielle et logicielle, maintenant commercialisée par la société *Inventiv Security* (`http://www.inventiv-security.com/fra/produit.html` permettant de mettre en œuvre des fonctionnalités de sécurité innovantes (lutte contre le vol d'ordinateurs portables, des données confidentielles, des matériels réseau ou non, détection d'événements physiques sur un réseau...).

- Projet *Alba-TI*
  - Montant : 7 020,00 euros H.T.
  - Statut : Terminé.
  - Entreprise : ALBA TI.
  - Financement : Entreprise + CRITT.

- Projet *COMWAX*
  - Montant : 22 050,00 euros H.T.
  - Statut : Terminé (80%).
  - Entreprise : COMWAX.
  - Financement : Entreprise + CRITT.

- Projet *SLOW CONTROL FOURCHETTE*
  - Montant : 34 800,00 euros H.T.
  - Statut : Terminé.
  - Entreprise : M. LEPINE.
  - Financement : Entreprise + Association *Technopôle de la Réunion* (Pôle de Compétitivité).

Pôle Virologie et Cryptologie Opérationnelles ($(C+V)^O$)

Présentation du laboratoire

Le laboratoire de cryptologie et de virologie opérationnelles a été créé en juillet 2007 à l'ESIEA Laval. Il a d'abord fonctionné en collaboration avec le laboratoire de virologie et de cryptologie de l'Ecole Supérieure et d'Application des Transmissions (ESAT) de Rennes (période juillet 2007 - mai 2008), puis ce laboratoire a accueilli définitivement la ressource ESAT (son directeur de laboratoire et une dizaine de chercheurs associés) fin juin 2008. La période 2007 - 2008 a donc constitué une phase de transition. Les activités de recherche courantes ont été faites au nom des deux laboratoires pour cette période, néanmoins avec une nette prééminence du laboratoire lavallois.

Du fait de cet héritage, l'activité de recherche du laboratoire s'inscrit dans la continuïté et conserve des liens forts non seulement avec le ministère de la Défense mais également avec les ministères de la Justice et de l'Intérieur. Cela concerne à la fois une partie des thématiques de recherche du laboratoire et la création et le maintien d'un environnement sécurisé pour mener l'activité de recherche dans le respect des principales réglementation en la matière (sécurisation des locaux, habilitation des personnels, audits).

Thèmes de recherche

Le laboratoire de cryptologie et de virologie opérationnelles a pour thème principal de recherche la sécurité informatique – essentiellement en virologie et en cryptologie – dans le domaine de la lutte informatique défensive avec applications opérationnelles à la lutte informatique offensive.

Privilégiant à la fois l'approche théorique – pour maintenir une compétence académique élevée – et une recherche appliquée inspirée de problèmes concrets (issus du monde gouvernemental mais également industriel), l'objectif principal est non seulement de comprendre les attaques informatiques actuelles mais également et surtout de prévoir et d'inventer les attaques futures. Cette démarche pro-active permet d'anticiper la menace (domaine défensif) mais dans un contexte d'évolution de la doctrine française, de se doter d'un arsenal technique dans le domaine offensif (domaine étatique). Le maître mot dans les deux domaines étant la capacité opérationnelle.

Cette vision et les compétences qui en découlent sont de nature à également intéresser fortement les entreprises, qui sont, dans un contexte de complexité croissante des systèmes d'information d'une part, et de forte concurrence industrielle d'autre part, de plus en plus soumises aux attaques informatiques, en particulier ciblées.

Les principaux thèmes de recherche sont les suivants :

1. Cryptologie symétrique. Dans ce type de cryptologie, l'émetteur et le destinataire partagent

un même clef secrète. Cette dernière doit donc être mise en place préalablement à la communication. Elle est utilisée principalement pour réaliser la confidentialité de grosses quantités d'information durant leur stockage et/ou leur transmission et leur traitement. Les principaux sous-thèmes traités au laboratoire sont :

(a) Étude combinatoire des primitives cryptographiques en vue de la caractérisation de faiblesses pouvant être exploitées dans la cryptanalyse (attaque) de systèmes de chiffrement.

(b) Conception et évaluation de systèmes de chiffrement symétriques.

(c) Conception de systèmes cryptographiques avec trappes (introduction de faiblesses indétectables permettant une cryptanalyse moins complexe pour quiconque a la connaissance de la trappe).

(d) Cryptanalyse de systèmes symétriques fondée sur la vision combinatoire de ces systèmes.

(e) Techniques de reconstruction d'algorithmes inconnus à partir des éléments interceptés (messages codés, messages chiffrés).

2. Analyse et conception de systèmes stéganographiques. Les données chiffrées ayant un profil statistique particulièrement caractéristique, un attaquant peut, par conséquent, facilement identifier un échange de données chiffrées. Il est donc capital dans certains contextes de cacher l'existence même (stockage, échange) de données chiffrées. C'est le rôle de la stéganographie (dissimulation du canal).

3. Virologie informatique :

   (a) Caractérisation formelle des techniques virales (connue et inconnues).

   (b) Étude et conception de nouvelles technologies virales.

   (c) Formalisation et conception de techniques antivirales.

   (d) Cryptographie malicieuse (utilisation du potentiel cryptographique dans les techniques virales et utilisation des codes viraux à des fins de cryptanalyse).

   (e) Analyse et évaluation des logiciels antivirus.

4. Analyse et étude techniques du concept de guerre informatique.

Composition du laboratoire

- Directeur du laboratoire
  Eric Filiol (Ing. - Ph D - HDR).
  Email : `filiol@esiea.fr`
  Tél : +33(0)2 43 59 46 12
  Fax : +33(0)2 43 59 46 02

- Adjoint du laboratoire
  Johann Barbier (Ing - Ph D)
  Email : `barbier@esiea-ouest.fr`
  Stéganographie - Analyse du train binaire

- Ingénieurs de recherche

  – Frédéric Jennequin
  Email : `jennequin@esiea-ouest.fr`
  Sécurité réseau, virologie.

  – Jean-Paul Fizaine
  Email : `fizaine@esiea-ouest.fr`
  Virologie.

- Doctorants

  – Sébastien Josse
  Email : `josse@esiea-ouest.fr`
  Virologie, cryptologie.

  – Grégoire Jacob
  Email : `jacob@esiea-ouest.fr`
  Virologie, informatique formelle.

  – Jean-Marie Borello
  Email : `borello@esiea-ouest.fr`
  Virologie.

  – Adrien Derock
  Email : `derock@esiea-ouest.fr`
  Virologie.

  – Ananda Mayoura
  Email : `mayoura@esiea-ouest.fr`
  Stéganographie, cryptologie.

Stages et thèses préparés au laboratoire

Thèses préparées au laboratoire

- Thèse de Sébastien Josse, Ecole doctorale de l'Ecole Polytechnique, Palaiseau.
  Analyse et détection dynamique de code viraux dans un contexte cryptographique et application à l'évaluation de logiciels antivirus.
  Débutée en septembre 2003, le jury a été constitué et les rapports sont en cours de rédaction. La soutenance est prévue pour fin mars 2009.

- Thèse de Jean-Marie Borello, (en co-direction avec Ludovic Mé, Supélec Bretagne). Ecole doctorale de l'Université de Rennes. *Modèles d'obfuscation pour agents mobiles.*
  Cette thèse a débutée en septembre 2005. La soutenance est prévue pour début 2010.

- Thèse de Grégoire Jacob. Thèse Ciffre France Télécom. Ecole doctorale de l'Université de Rennes. *Modèles mathématiques de l'analyse comportementale.*
  Cette thèse a débuté en septembre 2006. La soutenance est prévue pour fin 2009.

- Thèse d'Aurélien Derock. Thèse Ciffre DCNS, (en co-direction avec Pascal Véron, Univsersité de Toulon et du var). Ecole doctorale de l'Université de Toulon et du Var.
  Modèles mathématiques de la furtivité - Application aux hyperviseurs prophylactiques.
  Cette thèse a débuté en septembre 2006. La soutenance est prévue pour début 2010.

- Thèse d'Ananda Mayoura. Ecole doctorale de l'Ecole Polytechnique, Palaiseau.
  Techniques de stéganalyse et dissimulation de trappes en cryptographie symétrique.
  Cette thèse a débuté en septembre 2007. La soutenance est prévue pour fin 2010.

Stages encadrés au laboratoire en 2008

- Hughes Arnal et Philippe Bourhis de Bollivier. *Deep Blue : réalisation plateforme opérationnelle d'audit et d'attaques du protocole Bluetooth.* Elèves ingénieurs en stage de diplôme Ingénieur DTMSI de l'Ecole Supérieure et d'Application des Transmissions. Mars 2008. Stage de 4 mois.

- Fabien Simon. *Conception, réalisation et administration d'une grappe de calcul dédiée à la simulation.* Elève ingénieur en stage de diplôme Ingénieur DTMSI de l'Ecole Supérieure et d'Application des Transmissions. Mars 2008. Stage de 4 mois.

- Céline Tuccelli et Thomas Vuong. *Analyse de la mémoire RAM - Récupération de données par exploitation du phénomène de rémanence.* Elèves de cursus Mastère spécialisé RTM de l'Ecole Supérieure et d'Application des Transmissions. Mars 2008. Stage de 4 mois.

- Vincent Calmette-Valet et Stéphane de Royé-Dupré. *Etude des fuites d'informations provenant d'un poste informatique isolé.* Elèves de cursus Mastère spécialisé RTM de l'Ecole Supérieure et d'Application des Transmissions. Mars 2008. Stage de 4 mois.

- Anthony Desnos. *Détection opérationnelle des rootkits HVM (aka BluePill-like)*. Stage master recherche de Université de Rennes. Avril 2008. Stage de 5 mois.

- Franck Bonnard. *Cryptanalyse du chiffrement de la suite bureautique Office*. Stage mastère spécialisé SSI de Supélec. Avril 2008. Stage de 5 mois.

Publications du laboratoire

Revues internationales à comité de lecture

- Grégoire Jacob, Hervé Debar et Eric Filiol. *Behavioral Detection of Malware : From a Survey Towards an Established Taxonomy* WTCV'07 Special Issue, G. Bonfante & J.-Y. Marion eds, Journal in Computer Virology, 4 (3), pp. 251–266, 2008.

- Grégoire Jacob, Eric Filiol, Hervé Debar. *Malware as Interaction Machines : A New Framework for Behavior Modelling*. WTCV'07 Special Issue, G. Bonfante & J.-Y. Marion eds, Journal in Computer Virology, 4 (3), pp. 235 – 250, 2008.

- Eric Filiol. *New Memory Persistence Threats*. Virus Bulletin, July 2008, pp. 6–9, `http://www.virusbtn.com`

- Eric Filiol, Frédéric Jennequin et Guillaume Delaunay. *Malwarebased Information Leakage over IPSEC Tunnels*, Journal in Information Warfare, volume 7, issue 3, pp. 11–22, decembre 2008.

Revues nationales à comité de lecture

- Eric Filiol(avec P. Evrard). *Guerre, guérilla et terrorisme informatique : du traffic d'armes numériques à la protection des infrastructures*. Journal de la sécurité informatique MISC 35, pp. 4-13, janvier 2008.

- Eric Filiol. *La sécurité des communications vocales (1) : le codage de la voix*. Journal de la sécurité informatique MISC 35, pp. 76-82, janvier 2008.

- Eric Filiol (avec P. Evrard). *Lutte informatique offensive : les " bons ", la " brute " et les " méchants*". MISC 36, pp. 22–31, mars 2008.

- Eric Filiol. *La sécurité des communications vocales (2) : techniques analogiques*. Journal de la sécurité informatique MISC 37, pp. 66–71, mai 2008.

- Eric Filiol (avec G. Geffard, G. Jacob, S. Josse, D. Quenez). *Analyse de l'antivirus Dr Web : l'antivirus qui venait du froid*. Journal de la sécurité informatique MISC 38, pp. 04–17, juillet 2008.

- E. Filiol (avec F. Raynal). *Communications chiffrées : et si le ver n'était pas (que) dans la pomme ?* Revue de la Défense Nationale, juin 2008.

- Eric Filiol (avec Alexandre Blonce et Laurent Freyssignes). *Les nouveaux malwares de document : analyse de la menace virale dans les documents PDF*. Journal de la sécurité informatique MISC 38, pp. 56–67, juillet 2008.

- Eric Filiol. *La sécurité des communications vocales (3) : techniques numériques*. Journal de la sécurité informatique MISC 38, pp. 77–82, juillet 2008.

Conférences et articles invités (niveau national)

- Eric Filiol. *Guerres, guérillas et terrorismes informatique (v2)*. Conférence COMINFOR 2008, Etat-major de la Marine, Toulon, 16 janvier 2008.

- Eric Filiol. *Concepts et avenir de la virologie informatique*. Séminaire ENS Cachan, Campus de Ker Lann, 18 novembre 2008.

- Eric Filiol. *Cyberguerre et cyberterrorisme - Un état des lieux*. Conférence débat Club ESIEA Club IES, 3 juillet 2008, ESIEA, Paris.

- Eric Filiol. *Introduction à la stéganographie et démonstrations techniques*. Ecole Nationale de la Magistrature, Séminaire Cybercriminalité en Europe - 3 juillet 2008, Espace La Rochefoucaud, Paris.

- Eric Filiol (avec P. Evrard). *Guerres, guérillas et terrorismes informatiques - Etat des forces en présence*. Ecole Nationale de la Magistrature, Séminaire Cybercriminalité en Europe - 4 juillet 2008, Espace La Rochefoucaud, Paris.

- Eric Filiol. *Démonstrations techniques sur les attaques et la sécurité du protocole Bluetooth*. Ecole Nationale de la Magistrature, Séminaire Cybercriminalité en Europe - 3 juillet 2008, Espace La Rochefoucaud, Paris.

- Interview Sciences et Vie Micro - Les grands dossiers " Les mafias attaquent le Web ". *Pour ou contre : doit compter sur les antivirus ?* pp. 52–53, Sciences et Vie Micro, juillet 2008.

- Interview 01net du 3 juillet 2008 " *Externaliser son informatique dans des data centers pose des problèmes de sécurité* " `http://www.01net.com/editorial/385373/-externaliser-son-informatique-dans-des-data-centers-pose-des-problemes-de-securite-/`

- Interview France Inter du 13 août 2008, journal de 08 : 00 sur le conflit numérique en Géorgie.

- Interview Hors série Sciences et Avenirs nr 156, " Les antivirus sont ils vraiment efficaces ? ", page 21 – 23, novembre/décembre 2008.

- Eric Filiol (avec Fred Raynal) " Menaces informatiques : identification et études de cas ". Séminaire/table ronde IHEDN/CEREM " Guerre de l'information et lutte informatique : Etat des lieux et enjeux". Ecole Militaire, IHEDN, 11 décembre 2008.

Conférences et articles invités (niveau international)

- Johann Barbier. *Stéganographie : théorie et pratique*. Third Conference on Security in Network Architectures and Information Systems, Loctudy, France, 16 novembre 2008.

- Eric Filiol. *Développements récents du concept de guerre informatique*. Conférence de clôture du séminaire " *Investigation, Prosecution and Judgement of Information Technology Crime : Legal Framework and criminal Policy in The European Union* ", organisé par le Conseil Supérieur de la Justice de Belgique dans le cadre du programme européen Justice Pénale 2007, Durbuy, Belgique, 25 – 28 novembre 2008.

- Eric Filiol. *The malware of the future : when mathematics are on the bad side*. Conférence d'ouverture de la conférence *Hack.lu 2008*, au Luxembourg, Octobre 2008. Disponible sur `http://www.hack.lu/archives/`

- Eric Filiol. Interview dans le Journal mexicain *Proceso - Semanorio de Información y Análisis*, numéro 1666, pp. 56 – 60, sous le titre *Batallas en el ciberespacio*, 5 octobre 2008.

- Eric Filiol. *Info Ops and the Internet*. Cours Info Ops de l'OTAN (session N3-19-A-08), Oberrommergau, Allemagne, NATO School, 14 février 2008.

Conférences internationales avec comité de sélection et actes

- Johann Barbier et S. Alt. *Practical Insecurity for Effective Steganalysis*. In : Proceedings of the 10th Information Hiding Conference, Santa Barbara, USA, Lecture Notes in Computer Science 5284, pp. 195–208, mai 2008, Springer.

- Johann Barbier et E. Mayer. *Non Malleable Scheme Resisting Adaptative Adversaries*. In : Proceddings of the 7th International Workshop in Digital Watermarking (IWDW 2008), Busan, Corée, à paraitre dans les Lecture Notes in Computer Science, Springer. Les auteurs ont reçu le prix du meilleur article de la conférence (*IWDW 2008 Best Paper Award*).

- Philippe Beaucamps. *Extended Recursion-based Formalization of Virus Mutation*. Proceedings of the 17th EICAR Conference, Laval, France, may 2008, pp. 153–174.

- V. Calmette-Vallée, Stéphane de Royer Dupré, Eric Filiol et Guy Le Bouter. *Passive and Active Leakage of Secret Data from Non Networked Computers*. Black Hat Las Vegas, Las Vegas, août 2008.

- Adrien Derock et Pascal Véron. *Another Formal Proposal for Stealth*. In : WASET Conferences Proceedings, Paris, novembre 2008, vol. 35, pp.- 158–164 (ISSN 2070-3740).

- Eric Filiol, Frédéric Jennequin et Guillaume Delaunay. *Malware-based Information Leakage over IPSEC Tunnels*. Proceedings of the 7th European Conference on Information Warfare ECIW. Plymouth, june 2008.

- Jean-Baptiste Bédrune, Eric Filiol et Frédéric Raynal. *Cryptographie : attaques tous azimuts. Comment attaquer la cryptographie sans cryptanalyse intensive.*
  Actes de la conférences SSTIC 2008, Rennes. Disponible sur le site `http://www.sstic.org/`.

- Grégoire Jacob, Eric Filiol et Hervé Debar. *Functional Polymorphic Engines : Formalisation, Implementation and Use cases*, Proceedings of the 17th EICAR Conference, Laval, France, may 2008, pp.- 175–206.

- Eric Filiol, A. Blonce et L. Freyssignes (2008). *Document Format (PDF) Security Analysis and Malware Threats*. Black Hat Europe 2008, Amsterdam, 25–28 mars 2008.

- Eric Filiol and Fred Raynal (2008). *Malicioux Cryptography ... reloaded and also malicious statistics*. CanSecWest 2008, Vancouver, 26–28 Mars 2008.

- Sébastien Josse. *White-box Attack Context Cryptovirology*. Proceedings of the 17th EICAR Conference, Laval, France, may 2008, pp. 13–46. Cet article a reçu le prix du meilleur papier étudiant décerné par l'Institut EICAR, Allemagne.

Conférences internationales avec comité de sélection sans actes

- Adrien Derock et Pascal Véron. *New Formal Proposal for Stealth*. Third International Workshop on Theoretical Computer Virology, Nancy, France, mai 2008.

- Jean-Paul Fizaine. *Towards a new Operating System-based Model of Malware*. Third International Workshop on Theoretical Computer Virology, Nancy, France, mai 2008,
  `http://tcv.loria.fr/slides/fizaine-virusmodel-tcv08.pdf`

Productions logicielles

Deux outils ont été développés par le laboratoire en 2008.

- Outil *PDF Structazer* dédié à la programmation directe en langage PDF et à l'analyse des fichiers PDF. Tout document PDF est en fait un fichier écrit en langage interprété du même nom. Dans le cadre de l'étude des virus en langage PDF et du risque viral lié à ce format de document, comme il n'existait pas d'outils permettant de travailler directement au niveau du code PDF, nous avons conçu notre propre outil. Ce dernier (binaire exclusivement) est disponible gratuitement sous forme de *freeware*.

- Plate-forme *Deep-Blue*. Cette plateforme permet d'analyser, de localiser des émissions de type Bluetooth et de reproduire ou de mener des attaques contre les appareils et périphériques mettant en œuvre ce protocole. Lorsque pourvue d'antennes adéquates, elle peut permettre une utilisation opérationnelle. En effet, bien que les émissions de type Bluetooth soient limitées en France et dans les principaux pays à 100 m (classe I), il est possible techniquement d'intercepter ce protocole à près de huit kilomètres. Cette plateforme est utilisée à des fins de recherche et pédagogiques dans le cadre des cours dispensés à l'ESIEA. Elle n'est pas publique (hors domaine étatique).

Activités scientifiques diverses

Participation à des jurys de thèses

- Thèse de Matt Webster "*Formal Models of Reproduction : from Computer Viruses to Artificial Life*". Université de Liverpool, juillet 2008 (Rapporteur).

- Thèse de Matthieu Kaczmarek " *Des fondements de la virologie informatique vers une immunologie formelle* ", INPL - Nancy, 3 décembre 2008 (président du jury).

Organisation de conférences internationales

Le laboratoire a participé à l'organisation des conférences internationales suivantes :

- SAR SSI'08 (France) : participation au comité de programme.
- MALWARE'08 (USA) : participation au comité de programme.
- ILTC'08/LSPI'08 (International Law and Trade Conference'08/3rd International Conference on Legal, Security and Privacy Issues in IT Law) (République Tchèque) : participation au comité de programme
- EICAR 2008 (France) : co-présidence du comité de programme (*Program chair*) avec Vlasti Broucek, de l'Université de Tasmanie, Australie.

L'ESIEA et le laboratoire ont organisé la 17ème édition de la conférence internationale EICAR (*European Institute in Computer Antivirus Research*) dans la salle de conférence *Les Ondines* à Changé. L'ESIEA a édité les actes de la conférence. Ces actes sont disponibles auprès d'Isabelle Laurençot (`laurencot@esiea-ouest.fr`) au prix de 10 euros.

Responsabilités éditoriales

Eric Filiol anime et dirige au titre d'éditeur en chef, le journal de recherche *Journal in Computer Virology* publié par Springer, leader mondial de l'édition scientifique. Cette revue de recherche est la revue de référence dans le domaine de la virologie informatique et elle est référencée dans les principales bases d'indexation scientifiques. Le board de ce journal réunit les meilleurs spécialistes mondiaux dans le domaine.