



Recherche
et développement industriel
Rapport d'activité 2009

- § -

**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	5
Rôles et missions de la DRDI	5
Bilan de l'activité 2009	7
Axes d'effort en 2010	8
Comité scientifique ESIEA	9
Contacts DRDI	9
Pôle Art et Recherche NUMérique (ARNUM)	11
Présentation du laboratoire	11
Composition du laboratoire	11
Thèmes de recherche et compétences	13
L'image	13
Réalisation de prototypes	15
Pérennité des données : application aux créations numériques	16
Stages et thèses	16
Stages encadrés	16
Publications ARNUM	17
Livres et chapitres d'ouvrages	17
Revues nationales à comité de lecture	17
Conférences et articles invités (niveau national)	18
Conférences et articles invités (niveau international)	18
Conférences internationales avec comité de sélection et actes	18
Conférences internationales avec comité de sélection sans actes	19
Conférences nationales avec comité de sélection et actes	19
Conférences nationales avec comité de sélection sans actes	19
Pôle Acquisition et Traitement des Images et des Signaux (ATIS)	20
Présentation du laboratoire	20
Description générale du pôle ATIS	20
Composition de l'équipe	21
Direction	21
Équipe permanente	21
Équipe non permanente	21
Principaux axes de compétences	22
Télédétection spatiale	22
Développement de stations de réception d'images satellitales	22
Exploitation d'images spatiales	23

Éducation à la télédétection	23
Robots d'exploration - Minidrone Faucon Noir	24
Le quadrirotor	24
La charge utile spécifique à la mission	26
La station Sol et la préparation de mission	26
Reconstruction 3D et géomatique thématique	27
Sécurisation de l'acquisition de données en opération	27
Navigation dans la base de données THR - DroneEye	28
Création de mosaïque d'images - JIM	29
Nouvelles technologies et handicap	31
Projet VAO - Vision Assistée par Ordinateur	31
Partenariats recherche et enseignement supérieur	31
Partenaires sous convention	31
Partenaires de recherche	31
Enseignement dans des Masters	31
Concours et prix	32
Publications et travaux du laboratoire	32
Conférences internationales avec comité de sélection et actes	32
Conférences internationales avec comité de sélection sans actes	33
Stages et thèses	34
Thèses en cours	34
Stages niveau Master M2 encadrés au laboratoire	34
Encadrements de projets étudiants	34
ATIS dans la presse	35
Activités scientifiques diverses	35
Activité d'évaluation scientifique	35
Pôle Réalité Virtuelle et Systèmes Embarqués (RVSE)	36
Présentation du laboratoire	36
Composition du laboratoire	37
Projets et productions	38
Projet INTREPID	38
Projets ESSILOR	41
Projet DIRICKX	43
Projet Part@ge	43
Publications autour de Part@ge	46
Projet GENOUROB	46
Publications autour de GENOUROB	48
Projets étudiants	49
Projet présentoir virtuel	49
Projet de télécommande réseau	51
Projet <i>Bee Oh!</i>	52
Pôle Sécurité de l'Information et des Systèmes (SI&S)	54
Présentation du laboratoire	54
Thèmes de recherche	55
Composition du laboratoire	55

Stages et thèses	56
Thèses en cours	56
Thèses co-encadrées	56
Stages encadrés en 2009	56
Publications	57
Revue internationale à comité de lecture	57
Revue nationale à comité de lecture	57
Conférences et articles invités (niveau international)	57
Conférences internationales avec comité de sélection et actes	58
Conférences internationales avec comité de sélection sans actes	58
Rapports de recherche et preprints	58
Prix et distinctions	59
Activités scientifiques diverses	59
Organisation de conférences	59
Participation à des jurys de thèses	59
Productions logicielles	60
Contrats et transferts technologiques 2009	60

Pôle Virologie et Cryptologie Opérationnelles $((C + V)^O)$	61
Présentation du laboratoire	61
Thèmes de recherche	61
Composition du laboratoire	63
Stages et thèses	64
Thèses soutenues en 2009	64
Thèses en cours	64
Stages encadrés en 2008	65
Publications	65
Ouvrages et chapitres d'ouvrages	65
Revue internationale à comité de lecture	65
Revue nationale à comité de lecture	66
Conférences et articles invités (niveau national)	66
Conférences et articles invités (niveau international)	67
Conférences internationales avec comité de sélection et actes	67
Conférences internationales avec comité de sélection sans actes	68
Rapports de recherche et preprints	69
Le laboratoire $(C + V)^O$ dans la presse	69
Productions logicielles	70
Activités scientifiques diverses	70
Participation à des jurys de thèses	70
Participation à des projets	70
Organisation de conférences internationales	71
Responsabilités éditoriales	71
Contrats et transferts technologiques 2009	71

Présentation de la Direction de la Recherche et du Développement Industriel

Rôles et missions de la DRDI

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 ou le temps de publier. 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. L'année 2009 a vu une nette amélioration de ce point de vue, mais l'effort doit être maintenu.
- 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 et d'habilitations à diriger des recherches, 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. Si la situation s'est améliorée, il reste encore beaucoup de travail dans ce sens. Un (trop) grand nombre de projets, menés par des professeurs et/ou des étudiants, débouchent sur des réalisations suffisamment abouties qui pourraient donner lieu, à court terme, à une valorisation commerciale et/ou industrielle, une création d'entreprises ou à un dépôt de brevets. Or cela n'est pas fait. 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. C'est un rôle essentiel de la DRDI que 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 de 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 intervenant dans 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. L'ingénieur de demain doit avoir une dimension internationale et la recherche constitue, pour cela, une excellente opportunité parmi de nombreuses autres approches.

Le rôle de la DRDI est également essentiel dans l'évolution des contenus de formation. La recherche dont l'activité est par nature aux franges de la connaissance est à même d'identifier les domaines scientifiques et techniques de demain et de s'assurer que nos élèves ingénieurs seront au fait de ces connaissances émergentes. Le *mobile computing* et l'importance grandissante – voire la renaissance – de l'électronique sont deux exemples identifiés en 2009.

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.

L'enseignement supérieur en France est en train de connaître une révolution d'autant plus profonde et radicale que notre pays doit rattrapper des années de retard. La recherche – et sa capacité à produire des résultats opérationnels – est LA dimension déterminante dans cette révolution en marche. Elle est au carrefour des enseignements et des challenges professionnels et économiques qui nous attendent. La DRDI a pour souci de faire prendre au groupe les orientations stratégiques adéquates pour pouvoir traverser en toute quiétude ces changements profonds du paysage de l'enseignement supérieur français.

Le présent document recense l'activité de recherche durant l'année 2009. Le principal constat montre que le travail de fond entrepris depuis 2008 commence à porter ses fruits mais il indique clairement qu'il est nécessaire de poursuivre ces efforts notamment vers l'international.

Bilan de l'activité 2009

Ce qui ressort de cette activité 2009, 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 cinq pôles sont donc **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 concrète 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 pour la recherche au sein du groupe ESIEA a été l'année de l'opérationnel. C'est une dimension essentielle. Situer les concepts au plan théorique est essentiel – et la recherche à l'ESIEA, dans un souci d'excellence y est particulièrement attachée – il n'en est pas moins vital que cela se traduise par une capacité opérationnelle effective. Être capable d'aligner des équations complexes ou de théoriser au meilleur niveau ne sert à rien si cela ne permet pas d'agir sur le réel ou de résoudre des problèmes concrets. La plupart des réalisations 2009 des équipes du groupe ESIEA s'inscrivent dans cette perspective. Cela a eu pour effet de doper nos étudiants qui en 2009 se sont investis dans de nombreux projets avec des résultats significatifs.

Faisons un bilan sur les priorités qui avaient été définies pour 2009 :

- Contribution à l'enrichissement du centre documentaire ESIEA. La ressource documentaire est une ressource stratégique pour toute activité de recherche digne de ce nom. En 2009, la création des presses techniques de l'ESIEA (à but non lucratif ; deux actes de conférences publiés en 2009), la création de fonds d'archives en cryptologie et en virologie informatique (recensement de rapports, thèses, articles publiés depuis quarante ans) sont deux des principales actions de 2009. L'avancement n'a pas été aussi important qu'espéré (problème de temps et de ressources en personnel), ces actions sont néanmoins sur les rails.
- 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. La DRDI a activé son site de recherche bilingue (français et anglais ; d'autres langues sont également considérées pour la présentation du mastère en anglais NI&S) regroupant l'ensemble des pôles de recherche de l'ESIEA et des ressources produites par ces derniers. Ce site – <http://www.esiea-recherche.eu> – a immédiatement connu un succès très important. Résumons-le par quelques chiffres (audit régulier *via Google Analytics*) :
 - 35 359 visites,
 - 56 181 pages vues,
 - consultations provenant de 141 pays,
 - taux de rebond de 73,08 %,
 - 41 % des visites sur le site sont directes, 52 % à partir de sites de référence et 7 % via des moteurs de recherche.
- Développer 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 environ-

nement 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 rationalité : 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 a été bien avancé en 2009 par une demande de classement auprès des organismes de tutelle, l'audit de sécurité des locaux de Laval en vue de leur sécurisation et par la mise en œuvre de politiques de sécurité adaptées aux besoins de l'ESIEA, en liaison avec les organismes compétents.

- Création du pôle *ARNUM*. C'était une nécessité correspondant à l'image de l'ingénieur ESIEA. La vision développée par *ARNUM* est non seulement stimulante (comme le prouve son activité 2009) 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. La production 2009 d'*ARNUM* est importante en quantité et en qualité ce qui a permis d'attirer des chercheurs associés de renom.
- Initiation de partenariats industriels. Des contacts et premières collaborations avec la technopole de Laval ont été initiés avec succès en 2009. Cela concerne le support des sociétés soutenues par la technopole (activités de R&D et envoi de stagiaires ingénieurs ou mastère ESIEA), création d'entreprises, soutien de la cellule Europe. ... Il est fondamental que cette action se développe. La vocation d'un centre de recherche est principalement de participer à la création de richesses économiques, via la R&D au profit des entreprises émergentes ou déjà établies. Dans ce dernier cas, la collaboration initiée avec la société Axis-Électronique de Changé-les-Laval est une action importante pour la DRDI.
- Création d'un comité scientifique. Véritable conseil des sages, il a pour rôle d'évaluer et de conseiller les activités de recherche au sein du groupe. Il est particulièrement sain d'avoir un regard extérieur critique venant de personnalités scientifiques de renom. À ce titre, la DRDI est particulièrement fière du conseil scientifique qu'elle est parvenue à réunir (voir plus loin).

Axes d'effort en 2010

L'année 2010 sera à la fois une année de consolidation et une année de montée en puissance. Outre la poursuite des actions 2009, les principaux axes d'efforts seront :

- le développement de l'international au travers de :
 - l'accueil de stagiaires, thésards étrangers, professeurs en période sabbatique... dans les laboratoires. Un étudiant japonais de l'université de Tama sera par exemple accueilli au sein du laboratoire RVSE de février à avril 2010 ;
 - la signature de convention de recherche avec des universités étrangères et développement d'activités de recherche et d'enseignement supérieur communes. Dans ce contexte, il est en particulier important qu'un certain nombre d'enseignements ESIEA, directement en liaison avec les activités de recherche des laboratoires se fassent en langue anglaise afin d'accueillir des professeurs et étudiants étrangers dans le cadre de ces accords.

Ce développement à l'international est vital et constitue un gage d'excellence. Aucun ingénieur ou chercheur ne peut rester dans un contexte purement francophone voire français. La DRDI

souhaite donc largement collaborer avec le département Relations Internationales et langues étrangères du groupe ESIEA.

- le renforcement des enseignements et compétences en électronique (vision bas-niveau). Les succès et l'expérience de l'équipe ATIS, les projets et contrats R&D des équipes RVSE et $(C + V)^O$ ainsi que les récentes évolutions dans le domaine de la sécurité de systèmes et des réseaux montrent clairement l'importance de l'électronique et l'impérieuse nécessité d'attirer un plus grand nombre d'étudiants vers cette discipline. Les années récentes ont principalement privilégié la vision haute, au niveau applicatif, négligeant la vision basse au niveau électronique. C'est pourtant là que les choses se situent aussi.
- de favoriser la préparation d'Habilitation à Diriger des Recherches (HDR). C'est une nécessité critique qui permet d'augmenter significativement le nombre de thèses préparées au sein des laboratoires. Pour 2010, trois inscriptions sont programmées.

Comité scientifique ESIEA

Ce comité est constitué des membres suivants (par ordre alphabétique) :

- Monsieur le professeur Philippe Fuchs, Centre robotique d'Armines, Mines PARISTECH.
- Monsieur l'Ingénieur Principal de l'Armement Guillaume Poupart, Ministère de la Défense.
- Monsieur le professeur Guy Pujolle, LIP6 - CNRS, Pierre et Marie Curie Université (Paris 6).
- Monsieur le professeur Michel Riguidel, Télécom ParisTech.
- Monsieur le professeur Jean-Paul RUDANT, Université de Marne-la-Vallée.
- Madame Samia Soultani-Vigneron, Directrice adjointe de l'IUT de Laval.
- Monsieur le professeur Jean-Marc Steyaert, Laboratoire d'Informatique (LIX), École Polytechnique.

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

Site web : <http://www.esiea-recherche.eu/>

- Pôle Art et Recherche NUMérique (ARNUM)

ESIEA - ARNUM, 9 rue Vésale, 75005 Paris

Claire Leroux.

Email : leroux@esiea.fr

Site web : <http://www.esiea-recherche.eu/arnum.html>

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

ESIEA - ATIS, 9 rue Vésale, 75005 Paris

Laurent Beaudoin

Email : beaudoin@esiea.fr

Site web : <http://www.esiea-recherche.eu/atis.html>

- 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

Site web : <http://www.esiea-recherche.eu/rvse.html>

- Pôle Virologie et Cryptologie Opérationnelles

ESIEA - $(C + V)^O$, 38 rue des Dr Calmette et Guérin, 53000 Laval

Eric Filiol

Email : filiol@esiea-ouest.fr

Site web : <http://www.esiea-recherche.eu/cvo.html>

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

ESIEA - SI & S, 9 rue Vésale, 75005 Paris

Robert Erra

Email : erra@esiea.fr

Site web : <http://www.esiea-recherche.eu/sis.html>

Pôle Art et Recherche NUMérique (ARNUM)

Présentation du laboratoire

On parle à juste titre d'« art de l'ingénieur » pour désigner à la fois son aptitude à concevoir et le champ de ses réalisations. Or ce champ s'élargit sans cesse : acteur-clé de la communication, du multimédia, de la protection des données, l'ingénieur répond aujourd'hui aux demandes exponentielles de secteurs tout à fait nouveaux, comme le monde culturel en particulier. Mais alors que le dialogue art-science connaît une actualité spectaculaire, il n'existe pratiquement pas de lieux d'interface entre ces univers. C'est ce qui a motivé la création du laboratoire ARNUM au sein de l'ESIEA.

Le laboratoire ARNUM[©] (*Art et Recherche Numérique*) offre d'abord aux étudiants de l'ESIEA un espace d'exercice théorique et pratique pour développer leurs qualités imaginatives et créatives. L'enseignement culturel qui y est dispensé les entraîne à mettre en perspective l'étude des mutations technologiques et des productions mobilisant l'informatique. Attaché à la formation humaine, ARNUM accompagne le développement personnel et l'ouverture d'esprit des étudiants par le biais de la créativité. Convaincu de l'intérêt d'une fertilisation croisée des apports, le laboratoire propose sa collaboration technique et son expertise à ses partenaires – institutions culturelles et artistes – et favorise le dialogue constructif entre « hommes de l'art » au sens le plus complet du terme.

Composition du laboratoire

- Directrice du laboratoire

Claire Leroux.

Email : leroux@esiea.fr

Tél : +33(0)1 43 90 21 43

Fax : +33(0)1 55 43 23 22

Site web : <http://professeurs.esiea.fr/leroux/>

Claire Leroux – créatrice et responsable du laboratoire ARNUM, enseignant-chercheur en formation humaine à l'ESIEA – 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 (Ecole Supérieure d'Informatique, Electronique, Automatique) en 2003. A cheval sur trois pôles – l'esthétique, la critique d'art et les rapports arts et sciences – elle crée le laboratoire ARNUM à l'ESIEA en 2007, 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 Contem-

porain du Val de Marne. Parallèlement, elle enseigne l'infographie en licence d'arts plastiques à l'Université Paris I, Panthéon-Sorbonne.

- Enseignant-chercheurs

- Pierre Schott : enseignant chercheur en physique à l'ESIEA.
Email : schott@esiea.fr

Après son diplôme d'ingénieur télécommunication aérospatiales (ESME Sudria, Paris, 1996), Pierre Schott s'est orienté vers l'enseignement et la recherche. Docteur en électromagnétisme – conformation d'antennes à base de la théorie des rayons plongée dans C3 et des faisceaux gaussiens – à l'université Paul Sabatier de Toulouse, il enseigna successivement à la marine nationale française et à l'école Polytechnique de l'Université de Nantes (EPUN) où il prolongea ses recherches sur la réflectivité de la mer grâce à un code de lancer de rayons électromagnétiques en suivant ses rayons lors de réflexions multiples. Depuis 2004, il enseigne la physique (mécanique et électronique) à l'ESIEA. Ses recherches actuelles portent sur la didactique des sciences dans le supérieur.

- Christophe Bruno : Net-artiste ; chercheur associé au laboratoire ARNUM de l'ESIEA.
Email : christophe.bruno@esiea.fr

Sites web :

- <http://www.christophebruno.com/>
- <http://www.iterature.com/>
- <http://www.cosmolalia.com/>
- <http://www.unbehagen.com/>
- http://en.wikipedia.org/wiki/Christophe_Bruno

Christophe Bruno vit et travaille à Paris. Il a démarré son activité artistique en septembre 2001. Son œuvre polymorphe (installations, performances, travaux conceptuels...) propose une réflexion critique sur les phénomènes de réseau et de globalisation dans les champs du langage et de l'image. Primé au Festival *Ars Electronica* en 2003 pour le *Google Adwords Happening*, une performance globale sur le « capitalisme sémantique », et au *Share Festival* à Turin pour *Human Browser*, il a aussi remporté le Prix ARCO Nouveaux Media 2007 de la Foire d'art contemporain de Madrid, avec son oeuvre *Fascinum*. Il est lauréat de deux aides du DICREAM (Ministère de la Culture et de la Communication - Centre National de la Cinématographie) en 2004 et 2006, pour ses projets *Dreamlogs* et *Logo Hallucination*.

Son travail a été présenté internationalement dans de nombreux festivals, musées, galeries et foires d'art contemporain : Jeu de Paume à Paris, Biennale de Sydney, ARCO Madrid, FIAC Paris, Palais de Tokyo à Paris, MOCA Taipei, Musée d'Art Moderne de la ville de Paris, New Museum of Contemporary Art à New-York, Musée National d'Art Contemporain d'Athènes, Biennale d'Art Contemporain de Tirana, HMKV Dortmund, Diva Art Fair à New-York, ArtCologne, Rencontres Internationales Paris-Berlin-Madrid, Share Festival à Turin, Transmediale à Berlin, Laboral Cyberspaces à Dijon, galerie Sollertis à Toulouse, Gallery West à La Haye, Vooruit Arts Center à Gent, ICC Tokyo, Nuit Blanche de Paris, File Festival à Sao Paulo, f.2004@shangai, ReJoyce Festival à Dublin, P0es1s.net à Berlin, Microwave Media Art Festival à Honk-Kong, Read_Me Festival à Dortmund et Aarhus, Vidarte à Mexico City...

Il a également été commissaire, en collaboration avec Daniele Balit, de l'exposition *Second Night* produite par la Mairie de Paris, qui se déroulait sur *Second Life* et à l'Hôtel d'Albret lors de la Nuit Blanche 2007. De formation scientifique (Ecole Centrale de Paris, thèse de doctorat en physique théorique et quelques années de recherche post-doctorale à l'Université d'Oxford et à l'Université de Berne), il partage aujourd'hui son temps entre son activité artistique, curatoriale, enseignement, conférences et publications.

Prix/Bourses :

- Lauréat du Prix ARCO nouveaux media 2007 de la Foire d'art contemporain de Madrid.
- Lauréat du Share Festival 2007, Torino.
- DICREAM (CNC-Ministère de la Culture et de la Communication), aide à la production, 2006.
- CNAP (Centre National des Arts Plastiques), aide à la première exposition, 2006.
- DICREAM (CNC-Ministère de la Culture et de la Communication), aide à la maquette, 2004.
- Honorary Mention au Prix Ars Electronica 2003, Linz.
- Anne Laforet : théoricienne du net-art ; chercheur associé au laboratoire ARNUM de l'ESIEA. Email : anne.laforet@esiea.fr

Sites web :

- <http://www.sakasama.net/>
- <http://www.sakasama.net/conservationnetart/DL-001052-04-01.01.00.pdf>
- <http://www.poptronics.fr/>
- <http://www.arte.tv/fr/70.html/>

Anne Laforet a fini récemment sa thèse en information et communication sur la conservation du net art à l'université d'Avignon. Elle sera prochainement publiée aux Editions Anwar. Elle est également l'auteur du rapport « *Net art et institutions artistiques et muséales : problématiques et pratiques de la conservation* » pour la Délégation aux Arts Plastiques/Ministère de la Culture en 2004. Elle a présenté sa recherche en Europe et au Canada. Anne écrit sur l'art numérique et les cultures électroniques pour le site web d'Arte ainsi que pour l'agenda des cultures électroniques Poptronics

- Site web du laboratoire : <http://www.esiea-recherche.eu/arnum.html>

Thèmes de recherche et compétences

L'image

Le premier thème de recherche, applicatif, porte sur l'image, qu'elle soit fixe, animée ou interactive, 2D ou 3D, sur sa codification, ses grilles de lectures et sa réalisation, ceci en étroite collaboration avec l'Association Bureau des Arts de l'ESIEA. C'est un espace privilégié de créativité, où les étudiants expérimentent l'importance de la forme de leur présentation. Les réalisations en 2009 ont été :

- Conception et réalisation du film d'animation 3D : « l'ovni » par les étudiants Cyril Agostini-Navet, Carole Bouchard, Michaël D'Hiver, Julien Elisabeth et Henintsoa Raderanirina (voir figure 1).

Complètement novices en matière de modélisation 3D, ce groupe d'étudiants, membres du BDA de l'ESIEA, a réussi à faire aboutir son projet en le gérant depuis l'écriture du scénario,

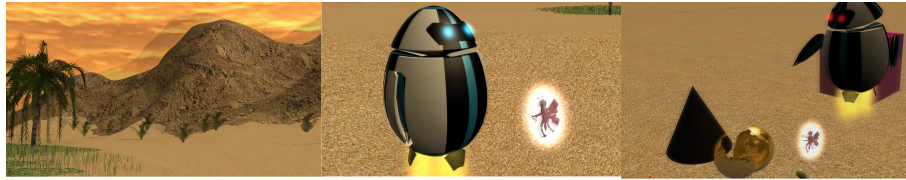


FIG. 1 – Réalisation du film d'animation 3D « l'ovni »

puis du storyboard jusqu'à l'animation des personnages, la réalisation des paysages en fractales, la gestion des particules et les effets de miroir.

- Positionnement 3D en temps réel « *Wii-Arts* », par le groupe d'étudiants composé de Xavier Hallade, Matthieu Desplantes et Florent Cavalier. « *Wii Arts* » est un programme de dessin en 3 dimensions qui utilise la télécommande de la Nintendo Wii comme caméra infrarouge pour suivre en 2D quatre paquets de diodes situées sur un objet suivi. Un programme en calcule alors leurs positions dans l'espace et les utilise pour dessiner en 3D (voir figure 2).

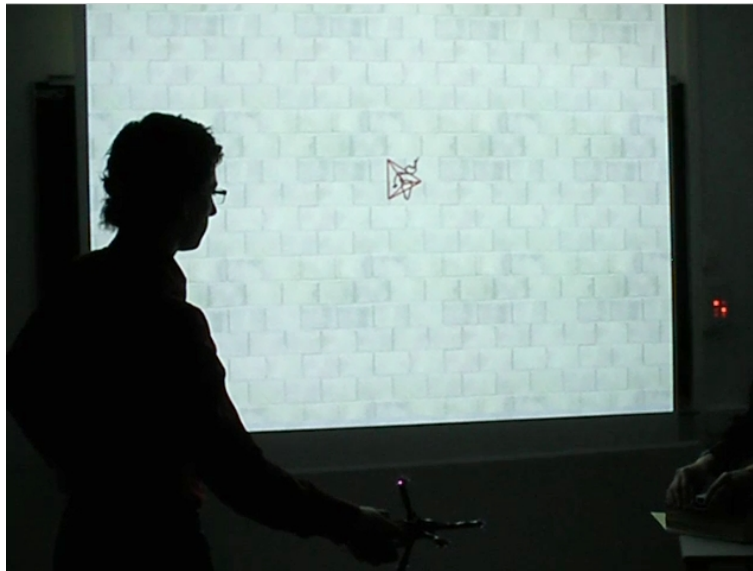


FIG. 2 – Xavier Hallade dessine avec le Wii-Arts

- Projecteurs à LEDs haute puissance et basse tension accompagné d'une interface de programmation et de réglage en synthèse additive par conçu par Damien Plainchault (étudiant ; voir figure 3). Projet primé au Salon de l'Excellence (juin 2009). Très récente, la technologie des LEDS dites de haute puissance vise à percer dans les domaines de l'architecture d'intérieur et d'extérieur. Dans ce projet, Damien Plainchault a créé trois projecteurs équipés chacun de trois leds aux couleurs primaires.

La gestion de la température s'est avérée indispensable pour préserver la longévité des leds d'une part, et surtout pour stabiliser la couleur d'autre part, car elle a tendance à virer au rouge lors de la hausse de la température. La synthèse additive est obtenue par clignotement de la led (signal *Pulse With Modulation*), ce qui a pour effet de doser chacune des trois couleurs primaires. La carte électronique peut gérer les trois projecteurs et intègre une

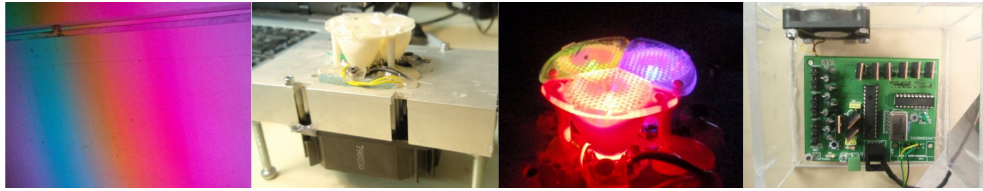


FIG. 3 – Projecteurs à LEDs haute puissance et basse tension

communication via le bus CAN pour interconnecter plusieurs cartes. L'interface homme-machine, réalisée sous QT, est portable. Elle combine une partie automatique pour lancer des programmes prédéfinis et une partie manuelle, prévue pour que l'utilisateur choisisse lui-même la couleur et l'intensité lumineuse des différents projecteurs.

Réalisation de prototypes

Les élèves-ingénieurs de l'ESIEA collaborent en direct avec des partenaires des arts, de la culture et de la communication. En collaboration avec l'artiste ou l'institution culturelle partenaire, ils élaborent des prototypes qui sont souvent des défis conceptuels et technologiques. Pour ce thème, les réalisations 2009 sont :

- Création et programmation de nouveaux effets spéciaux pour la publicité par Stéphane Hillaire (étudiant). Stage de fin d'étude dans l'agence de publicité *Contrapunto* (Espagne), au Département Recherche et Programmation de Cocoe (voir figures 4 et 5).



FIG. 4 – Prototype 2D : cet exemple part d'une image où tous les pixels sont mélangés. Le programme, réalisé avec *Processing*, reconstitue progressivement l'image en consignnant chacun des points colorés à sa place d'origine, vision informatisée mais néanmoins poétique du mouvement pointilliste

- Promotion et animation du concours de design automobile *Autostyle*, organisé par la société Berman (Italie). Conception et réalisation d'une sculpture virtuelle interactive par les étudiants Loïc Barher, Tarik-Reda Bidouj, Hervé Lehner et Michaël Serayet. La sculpture (voir figure 6), réalisée avec le logiciel Blender et programmée en python, laisse apparaître et disparaître de façon aléatoire les différents acteurs du film : des mots en 3D. Des snapshots et des séquences filmées peuvent être extraits manuellement ou automatiquement.



FIG. 5 – Prototype 3D : une sphère reçoit l’histogramme d’un son. Sa surface est perturbée et rythmée au gré des 256 canaux sonores (Processing, Python et vecteurs tangents)



FIG. 6 – Prototype *Autostyle* réalisée avec Blender et programmée en langage Python

Pérennité des données : application aux créations numériques

Depuis les années 80, l’art numérique se développe de façon exponentielle et gagne progressivement la création artistique contemporaine. Mais un problème fondamental surgit régulièrement, qui freine l’installation des pratiques artistiques du numérique dans l’art contemporain et dans son marché : l’obsolescence des créations. La conservation de l’art numérique sera le thème de recherche principal du laboratoire ARNUM en 2009-2010.

La conservation de l’art numérique et du net-art pose de nombreux problèmes, conceptuels, protocolaires et techniques voire juridiques. Le projet de recherche portera sur l’analyse de la problématique de pérennisation des œuvres – l’accent sera mis sur l’utilisation de standards ouverts – la mise en place de protocoles, la documentation et la restauration. Les œuvres étudiées font partie de collections publiques en France et à l’étranger ou de collections privées. Le projet se fera sous la supervision de spécialistes de la conservation et en interaction avec un réseau de partenaires internationaux. Les artistes dont les œuvres seront analysées feront l’objet de consultations tout au long du projet.

Un groupe de recherche a été mis en place à l’ESIEA Vésale en juin 2009 et se réunit environ deux fois par mois. Il est actuellement composé des chercheurs d’ARNUM – Anne Laforet, Christophe Bruno et Claire Leroux. Il a résulté de ce groupe de recherche deux nouveaux partenariats conclus cette année avec les collections publiques des Conseils Généraux du Val-de-Marne et du Territoire de Belfort.

Stages et thèses préparés au laboratoire ARNUM

Stages encadrés au laboratoire ARNUM

- Stéphane Hillaire. *Rencontre du Monde de l’art et de l’informatique*. Stage de fin d’études ESIEA débuté en février 2009. Diplôme décerné avec la mention très honorable et les félici-

tations du jury.

Résumé.- *Ce mémoire présente tout d'abord l'entreprise Contrapunto, agence de publicité pour laquelle j'ai travaillé durant ce stage ainsi que les différentes entreprises où j'ai été amené à travailler, en mission pour Contrapunto. Ensuite, il décrit le monde de la publicité, en expliquant tout d'abord les différentes étapes de la réalisation d'un spot publicitaire, depuis sa création, en passant par le tournage et enfin finissant par la partie qui nous intéresse le plus, les effets spéciaux. L'accent est également mis sur l'évolution des technologies et en quoi cette évolution influence le marché publicitaire. Enfin, ce rapport décrit les différentes techniques d'effets spéciaux que j'ai été amené à utiliser, et montre les différents travaux que j'ai réalisés au sein de ces différentes entreprises.*

Publications du laboratoire ARNUM

Livres et chapitres d'ouvrages

- Claire Leroux. *La critique mise à nu par ses célébrants mêmes*. Réflexions autour d'une table ronde sur le thème de « l'engagement du critique » qui a réuni Catherine Millet, Chantal Pontbriand, Philippe Dagen, André Rouillé, Stephen Wright et Claire Leroux lors du colloque international *Juger l'art ?*, Université Paris 1, novembre 2005. Publié dans l'ouvrage collectif *Juger l'art ?* dirigé par Christophe Génin, Claire Leroux et Agnès Lontrade. Publications de la Sorbonne, Paris. http://www.univ-paris1.fr/fileadmin/Publi_Sorbonne/616_Juger_l_art_.pdf

Revue nationales à comité de lecture

- Claire Leroux. *Du salon au cyberspace. La critique d'art face à la technologie*. Revue Communication et langage, volume numéro 161, automne 2009.

Résumé.- *La critique d'art, fondée des siècles durant sur le jugement de goût, rencontre dans les années cinquante l'art cybernétique, qui la laisse perplexe. Une partie de la critique, rassemblant artistes, commissaires et chercheurs, œuvre alors en circuit clos à la création d'un lexique critique original qui tend à décrire l'hybridation entre homme et machine. Ce nouveau référentiel, mêlant technologie et fascination thaumaturgique, façonne les grandes catégories qui servent en somme une description de la modernité : humanité accueillant la technologie dans son corps même, fugacité et incertitude des phénomènes, complexité des réalités augmentées. Claire Leroux s'interroge sur ces transformations : renouvellent-elles la critique ? Peut-être pas, mais elles préparent sans doute l'accueil d'un art en cours, celui d'une société qui côtoie l'immatériel, l'invisible et le nanomonde.*

- Anne Laforet. *La résistance au temps des œuvres numériques grâce aux formats ouverts et aux logiciels libres*. Revue DPI, volume 16, <http://dpi.studioxx.org/demo/?q=fr/no/16/resistance-%C5%93uvres-formats-ouverts-logiciels-libres-Par-Anne-Laforet+>

Résumé.- *Pour résister au temps, il faut que les œuvres puissent être accessibles et ainsi être vues, partagées, critiquées. ... Or, les œuvres sur support informatique sont particulièrement*

fragiles car leurs matériaux sont sans cesse au bord de l'obsolescence, et ce de manière structurale. L'utilisation de logiciels libres ainsi que le recours aux formats ouverts lors de la création par les artistes permet de rallonger l'accessibilité des œuvres, plutôt que d'attendre une solution a posteriori (migration, émulation, re-création...). Comment concilier expérimentations artistiques et pérennisation des œuvres ? Faut-il proposer des œuvres orientées sur le processus et durée de vie des œuvres ? Comment alors les artistes documentent leurs travaux ?

Conférences et articles invités (niveau national)

- Christophe Bruno. *Le Dadamètre*. Ecole des Beaux-Arts de Rennes, 17 septembre 2009. Invité par Reynald Drouhin.

Conférences et articles invités (niveau international)

- Christophe Bruno. Conférence sur son travail artistique au colloque « *Society of the query* », organisé par the *Institute of Network Cultures*, Amsterdam, Hollande, 13 septembre 2009. Invité par Geert Lovink & al.
- Christophe Bruno. Présentation de son activité artistique au colloque du LIGC (Logique et Interaction : vers une Géométrie de la Cognition) « Egalité, Identité, Isomorphisme », le 19 septembre 2009, Florence, Italie. Invité par Jean-Yves Girard.

Conférences internationales avec comité de sélection et actes

- Claire Leroux. *L'art numérique, un art pour ingénieurs ?* 30èmes JIES (Journées internationales sur la communication, l'éducation et la culture scientifiques, techniques et industrielles), Chamonix, 26 mai 2009.

Résumé.- *L'art technologique, qui a un demi-siècle d'existence en France, convient particulièrement à l'ingénieur en informatique. Maîtrisant les techniques mises en œuvre, l'ingénieur intègre l'évolution des concepts d'auteur et de reproductibilité propres aux créations d'art numérique. Le laboratoire ARNUM (Art et Recherche Numérique) permet aux étudiants de l'ESIEA de participer activement à cet art ultra-contemporain.*

- Pierre Schott. *The use of Magic in Mathematics : from Primary school to Higher Education*. In : Actes de ICERI'09 - International Conference of Education, Research and Innovation, Madrid, Espagne, novembre 2009. http://www.iated.org/iceri2009/Conference_Programme_web.pdf

Résumé.- *Magicians know that once the surprise has worn off the audience will seek to understand how the trick works. The aim of every teacher is to interest their students, to provoke their curiosity and a magic trick will bring them to ask how ? and why ? So, at any level, the teacher begins the lesson with a magic trick rousing interest of the students, then help them to discover how the trick works before the theory behind the trick is finally highlighted with/by the students themselves.*

Conférences internationales avec comité de sélection sans actes

- Anne Laforet. *Perspectives pour un musée archéologique du net art*. Colloque Histoire et Archives, mai 2009. Laboratoire NT2, UQAM. Montréal, Canada.
- Christophe Bruno. *15 years of artistic creation on the Internet*. Conférence à WJ-Spots dans le cadre de Futur en Seine, 27 mai 2009, Paris.

Conférences nationales avec comité de sélection et actes

- Anne Laforet. *Net artistes et stratégies de conservation de leurs œuvres*. In : Actes du colloque H2PTM'09. Editions Hermès, 2009.
- Anne Laforet. *Net artistes et stratégies de conservation de leurs œuvres*. Colloque H2PTM'09, 2 octobre 2009, Université Paris 8, Saint-Denis.

Conférences nationales avec comité de sélection sans actes

- Anne Laforet. *Howto à l'attention des artistes pour la conservation de leurs œuvres d'art numérique avec des logiciels/standards libres/ouverts*. Atelier, Hacker Space Fest, 30 juin 2009, Vitry sur Seine.
- Claire Leroux. *Histoire in progress - de l'art cybernétique au living-art*. Le Cube - Art 3000, 10 octobre 2009, Issy-les-Moulineaux.

Résumé.- Pendant son demi-siècle d'existence, ce que nous connaissons aujourd'hui sous le nom d'art numérique a pris plusieurs formes, associées à des noms différents. Souvent liées à la technique, les diverses appellations recouvrent aussi des problématiques esthétiques spécifiques. L'art cybernétique des années 50 mêlait plusieurs disciplines artistiques – spectacle vivant, architecture, arts plastiques, musique, scénographie – à des données et techniques scientifiques. Le mouvement propre était un de ses composants essentiels. Mais les pratiques étaient peu nombreuses, ce qui fait qu'elles sont restées dans l'ombre jusqu'au début des années 70, où l'art technologique a commencé à faire son apparition sous la plume des critiques. Cette appellation correspond au passage de la participation du public à son interaction avec l'œuvre. Elle culmine, en alternance avec art et nouvelles technologies, des années 80 jusqu'au milieu des années 90. Puis l'art numérique les supplante, en mettant l'accent sur l'ordinateur et sur son potentiel d'immersion. Le living art actuel va plus loin dans l'hybridation homme-machine : on n'est plus dans la simulation de comportements mais dans la relation avec des créatures autonomes.

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

Présentation du laboratoire

Description générale du pôle ATIS

Le pôle Acquisition et Traitement des Images et des Signaux (ATIS) a un domaine de compétences 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. A 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 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.
- La cartographie sémantique et symbolique.
- Nouvelles technologies et handicap.

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 (bac+2) 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 de l'École Nationale Supérieure des Télécom de Paris, Laurent a travaillé pour une des filiales spécialisée en R&D du groupe EADS. Il est enseignant chercheur à l'ESIEA depuis 2001. Il s'occupe en particulier des axes télédétection spatiales et aériennes haute résolution, des robots d'exploration, de la reconstruction 3D et de la géomatique thématique.

- Chef du laboratoire

Laurent Beaudoin.

Email : beaudoin@esiea.fr

Tél : +33(0)1 55 43 23 17

Fax : +33(0)1 55 43 23 33

Équipe permanente

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

- 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 dans le cadre d'une collaboration bipartite avec l'École Doctorale ICMS de l'Université de Marne-la-Vallée. 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
- Benoît Petitpas : ingénieur ESIEA et titulaire du master Systèmes d'Information Géographique, Benoît effectue sa thèse dans le cadre d'une collaboration tripartite avec l'École Doctorale ICMS de l'Université de Marne-la-Vallée et Télécom Paristech. Son sujet concerne l'extraction de paramètres bio-géophysiques à partir de données très haute résolution.
Email : petitpas@esnt.fr

Équipe non permanente

- Chercheurs associés :
 - Florent Mainfroy : ingénieur ESIEA et titulaire du master Systèmes d'Information Géographique.
Email : florent.mainfroy@esiea.fr

- Robert Terrisse : ingénieur ESTP (École Spéciale des Travaux Publics de Paris) à la retraite.
Email : `terrisseterrisse@esiea.fr`

- Ressources externes au laboratoire. Celles-ci peuvent être soit internes à l'ESIEA, soit être des experts externes à l'ESIEA.
- Les étudiants internes/externes. Les étudiants internes 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). Citons parmi les étudiants qui se sont illustrés Loïca Avanthey, Corentin Chéron, Vincent Germain et Sébastien Monat entre autres.

Principaux axes de 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 satellitaires, l'exploitation des données recueillies et l'éducation à la télédétection.

Développement de stations de réception d'images satellitaires

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 METEOROLOGICAL SATELLITES (EUMETSAT) de l'Agence Spatiale Européenne (ESA) et incluent la réception et l'archivage des images Météosat Seconde Génération (MSG) et METOP qui sont les derniers nés de l'ESA. Une description plus détaillée de l'architecture de telles stations a déjà été exposée dans le rapport d'activité 2008. À titre d'illustration, la figure 7 montre la tempête Klaus le 24 janvier 2009 sur la France.

Un des problèmes majeurs posé par l'exploitation opérationnelle des stations est le grand volume des données à traiter. À titre d'information, le volume de données reçues quotidiennement par les stations uniquement pour le satellite MSG est supérieur à 9 DVD par jour. Ce problème se pose :

- au moment de la gestion du flux de données en réception pour le décrypter et l'archiver de manière efficace ;
- lors de traitements lancés sur tout ou partie de la base de données images pour une exploitation des images brutes.

Pour être compatible avec les contraintes opérationnelles de rapidité de traitement tout en permettant une réelle évolutivité, nous avons entièrement repensé l'architecture logicielle de nos stations. Ainsi aujourd'hui, nous sommes passés aux technologies *Ruby On Rails* (RoR) et *PostgreSQL* munie de l'extension PostGIS pour la base de données. Outre une meilleure gestion de l'information géographique (qui pose problème lorsque l'on intègre dans une même base de données de l'information géostationnaire et polaire), le contrôle et la commande ainsi que le diagnostic temps réel de la chaîne de traitement est devenu beaucoup plus simple et fiable.

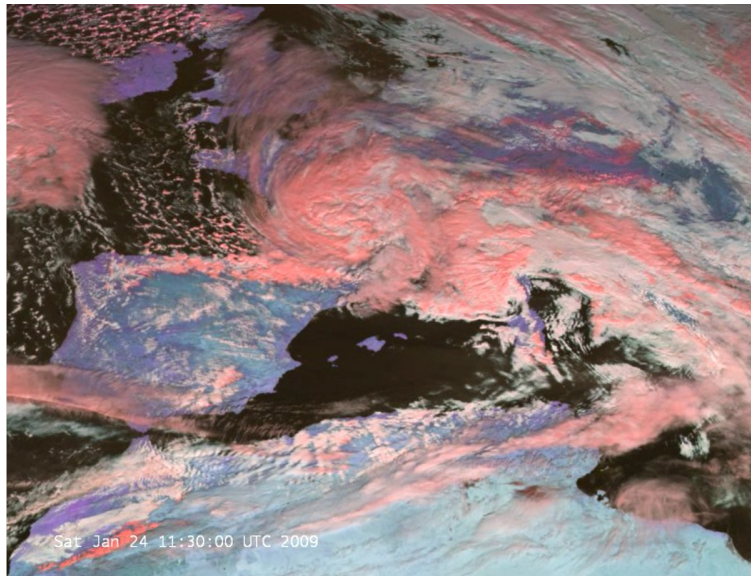


FIG. 7 – Tempête Klaus le 24 janvier 2009 sur la France.

Exploitation d'images spatiales

Dans un souci de cohérence, la suite logicielle Télésat qui avait été développée les années précédentes et qui est consacrée au post-traitement des images de la base de données a été portée en *Ruby On Rails*. Du point de vue de l'utilisateur, l'exécution d'algorithmes sur tout ou partie de la base de donnée en est grandement simplifié, au prix cependant d'un changement profond d'architecture. Cependant, toutes les routines développées ces précédentes années ont pu être portées sans problème majeur, ce qui nous rend confiants pour le développement de futurs algorithmes.

Dans le cadre de notre partenariat avec l'Université de Marne-la-Vallée, nous avons pu diversifier nos compétences en traitement des images satellitales en travaillant avec d'autres type de données que celles reçues à l'École à travers notamment deux projets étudiants, l'un dédié à la classification d'images radar à partir de réseaux neuronaux et l'autre sur le suivi de l'occupation des sols sur l'île Mohéli (Grande Comore) à l'aide de données satellitales.

Éducation à la télédétection

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'École qui ont lieu en moyenne trois fois par an.

Au niveau de la promotion (i.e. tous les étudiants en même année de formation), il y a eu de nombreuses conférences pour les étudiants de l'École (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.

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 2 à 6 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).



FIG. 8 – Le drone en vol (à gauche) à Las Végas ,USA, lors d’un vol de démonstration pendant la conférence Defcon 17 (à droite).

Robots d’exploration - Minidrone Faucon Noir

Pour accéder de manière autonome à l’information spatiale très haute résolution, ATIS s’est lancé dans la conception et la réalisation de robots d’exploration. L’essentiel des efforts de cette année a été consacré au minidrone Faucon Noir.

Du point de vue opérationnel, un des points critiques de l’imagerie aérienne très haute résolution (centimétrique) 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 semi-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...

Le premier drone développé par ATIS et baptisé Faucon Noir est un mini-drone de type quadrirotors (figure 8). Aujourd’hui, fort de l’expérience acquise, les efforts de R&D ne se focalisent plus que sur le porteur mais bien sur l’intégralité du système : porteur, charge utile spécifique, station sol déployable et exploitable facilement, aide à la préparation et à la mise en œuvre sur le terrain et exploitation des données post-mission. On est donc passé du développement d’un UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) à celui d’un UAS (*Unmanned Aircraft System*). L’actualité sur Faucon Noir peut être suivie sur :

- <http://fauconnoir.drone.free.fr/> ou
- <http://www.esiea-recherche.eu/atis.html>

Le quadrirotor

Un quadrirotor est pour simplifier une structure en forme de croix sur laquelle est placée à chaque extrémité une hélice motorisée. En introduisant une différence de vitesse de rotation sur chacun des moteurs de manière coordonnée, le quadrirotor est capable d’effectuer toutes les manœuvres (sauf en vol inversé car il faudrait alors avoir des hélices à pas variable comme sur les hélicoptères).



FIG. 9 – Test de stabilisation dans la soufflerie B20 de l’ONERA (Lille) et présentation finale dans la soufflerie historique de l’ONERA (Meudon).

L’architecture générale de fonctionnement du robot a déjà été présentée dans le rapport d’activité 2006-2008. Elle n’a globalement pas changée et est composée d’une couche bas niveau qui prend en charge en temps réel toutes les décisions critiques (comme le contrôle attitude par exemple) et d’une couche haut niveau qui est liée elle à la mission (comme le géoréférencement temps réel et direct des données par exemple).

L’essentiel de l’effort de cette année a porté sur la sécurisation en vol de l’existant (programmation embarquée et systèmes temps réel, mécanique, liaison aéromodélisme et sécurisation de la communication avec la station sol notamment) et sur l’intégration de nouveaux capteurs comme un télémètre ultrason par exemple. Le traitement de ces données et leur fusion avec d’autres capteurs a d’ailleurs été le sujet de stage d’un étudiant indien venant de l’*Indian Institutes of Technology*, Kharagpur, Inde. Des premiers tests ont aussi été faits avec un capteur LIDAR (*Light Detection and Ranging*) sur le site de France Miniature (Figure 12). Pour l’instant, le poids du lidar (un peu supérieur au kilogramme) est à la limite des capacités de Faucon Noir, mais reste tout à fait envisageable dans une prochaine version.

Ce travail de fond a permis au drone de se doter de nouvelles fonctionnalités testées pour la plupart en situation opérationnelle comme :

- la stabilisation automatique et temps réel du porteur. Cette fonctionnalité a été testée par l’emport d’une charge de 1kg à 80cm du drone (pour mémoire le drone fait 1,5kg sans charge utile) et dans la soufflerie B20 de l’ONERA dans le cadre du concours international Challenge Minidrones (voir la section dédiée aux prix et concours et la figure 9).
- le décollage et l’atterrissage en automatique ;
- la sécurisation de la communication avec la station sol, ce qui permet notamment de :
 - piloter en embarqué en utilisant un viseur tête haute (*Head Up Display*) dans lequel les principaux paramètres nécessaires à la mission (attitude du drone, orientation au nord, direction du prochain check point, qualité de la transmission, autonomie des batteries etc...) sont inscrites en temps réel sur le flux vidéo provenant de la caméra embarquée (voir figure 10).
 - le géoréférencement temps réel du porteur affiché sur la station sol et des données acquises.



FIG. 10 – Le pilote a un casque de réalité virtuelle pour le pilotage en immersion (à gauche) dans lequel s’affiche la vidéo embarquée et les informations nécessaires à la mission (à droite).

La charge utile spécifique à la mission

La maîtrise de la conception, du développement et de la réalisation nous a permis de dimensionner le drone pour emporter une charge utile relativement importante. La sécurisation du drone nous a permis de définir un protocole de communication et d’alimentation électrique entre le drone et sa charge utile, et donc de pouvoir moduler celle-ci en fonction de la mission.

Dans le cadre des missions de renseignement, une des difficultés majeure est de pouvoir géoréférencer les données dès l’acquisition. Cela pose deux problèmes. Le premier est la maîtrise du déclenchement de l’acquisition. Le deuxième est l’enregistrement de données hexogènes (angles de roulis, tangage, lacet, position GPS, altitude) synchronisé avec l’acquisition.

Notre première tentative a été d’utiliser des solutions classiques : déclenchement des appareils par Infra-Rouge (IR) et enregistrement à la suite des données hexogènes dans un fichier. Cette solution s’est révélée être inexploitable en pratique car il n’est pas possible d’imposer une cadence élevée au déclenchement IR (au maximum une prise chaque 3 secondes) et d’autre part, si l’acquisition n’a pas lieu alors que l’ordre en a été donné (ce qui arrive très régulièrement sur ce type de montage), il n’y a aucun moyen de détecter dans le fichier de données hexogènes lesquelles sont en trop. Toutes ces limitations opérationnelles nous ont amené à définir une méthodologie pour prendre le contrôle de manière électronique des appareils photographiques numériques (APN) bas coût que nous utilisons pour les doter de fonctionnalités non prévues à la base.

Cette méthodologie de hacking d’APN a donné lieu à une présentation à la grande conférence DEFCON 17 qui a eu lieu du 30 juillet au 2 août à Las Vegas, USA, devant un millier de personnes, présentation suivie d’une démonstration en vol du drone (voir figure 8). Le contrôle électronique des APN rend aussi possible la synchronisation de données hexogènes avec la prise d’image. Ce travail est une application directe de la thèse d’Antoine Gadamer portant sur conception d’un capteur multi-sources pour la cartographie rapide en situation de crise à partir d’informations issues d’un drone (voir figure 11).

La station Sol et la préparation de mission

Nos premières expériences sur le terrain nous ont montré qu’une réussite optimale impliquait une bonne préparation. Pour ce faire, nous avons développé un logiciel de préparation de mission.

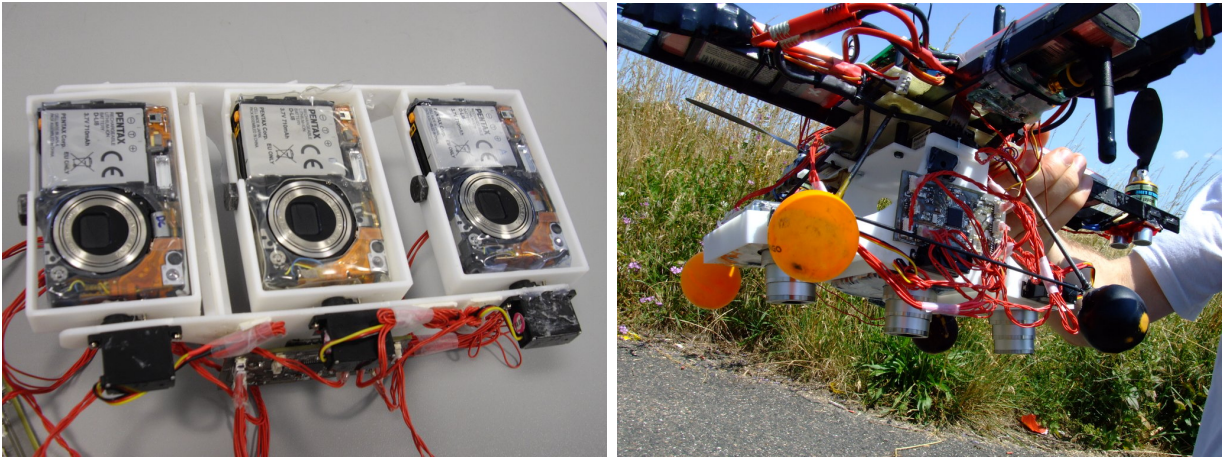


FIG. 11 – Détail de la charge utile photographique Haute Résolution composée de 3 APN modifiés et contrôlée par notre carte électronique (à gauche) et charge utile montée sous le drone lors d’une mission terrain (à droite).

Ce logiciel commence par télécharger sur le site de Virtual Earth le fond des images satellitales qui correspondent à la zone d’intérêt, puis, à l’aide d’une Interface Homme Machine (IHM) intuitive (figure 12), permet de définir des zones ou points d’intérêt ainsi que des points de passage (way-point). Ces informations seront disponibles et pourront être affichées dans le viseur tête haute si le pilote le souhaite.

Une fois tous les waypoints entrés, une trajectoire optimale est calculée pour passer par tous les waypoints en minimisant la distance parcourue grâce à une adaptation du problème du voyageur de commerce. Le calcul de la trajectoire optimale peut aussi être fait pendant la phase de vol. Par exemple, si pour diverses raisons le passage à un waypoint n’était plus d’actualité, le logiciel peut proposer directement au pilote le nouveau cap à suivre pour passer au waypoint optimal suivant.

Tous les paramètres de vol sont retransmis en temps réel à la station sol (comme par exemple le niveau réel des batteries, la qualité de la liaison, la géoposition temps réel du drone etc) et sont affichés sur un logiciel développé en interne.

Enfin, toute l’équipe tient à remercier l’ONERA et la DGA pour leur soutien financier sur les activités liées au drone Faucon Noir dans le cadre du challenge international minidrones.

Reconstruction 3D et géomatique thématique

Sécurisation de l’acquisition de données en opération

Dans le contexte général de production de données géomatiques Très Haute Résolution (THR), il est fondamental d’utiliser des jeux de données de bonne qualité et complets. Un problème auquel nous avons été confronté est de découvrir au retour d’une mission qu’un jeu d’images s’est révélé inexploitable suite à un mauvais paramétrage des Appareils Photo Numériques (APN) ou à de mauvaises conditions de vent lors de l’acquisition par exemple. Comme l’acquisition de données THR génère un flot très important de données, il est en pratique très compliqué de s’en rendre compte sur le terrain et donc de reprogrammer une acquisition sur zone. Inversement, de retour de mission, il est impossible de trier manuellement les images nettes des floues (pour fixer les idées, 1500 images sont prise chaque 20 minutes de vol). Pour pallier ce problème, nous avons donc créé

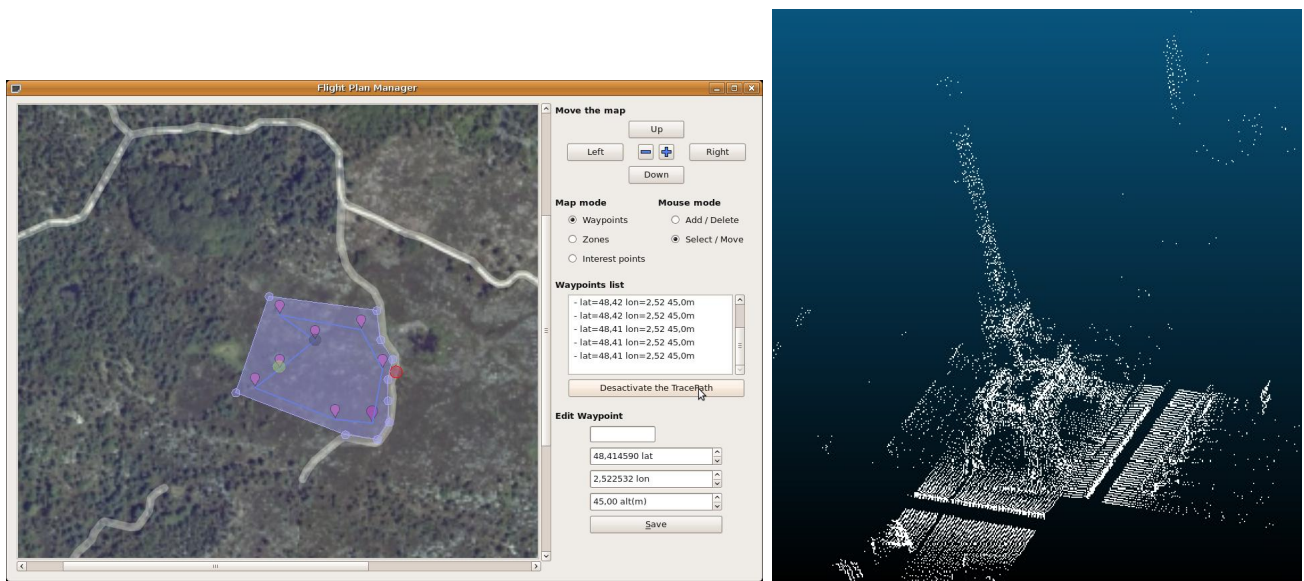


FIG. 12 – L’interface Homme Machine utilisée lors de la préparation de mission (à gauche) et acquisition 3D par LIDAR d’une maquette de la tour Eiffel (à droite).

un algorithme hybride de tri automatique d’images.

Un autre problème qui se pose lors de l’acquisition est la complétude des jeux de données, c’est-à-dire avoir une information probabiliste fiable que toute la zone d’intérêt a été survolée et qu’il n’y a pas de zones oubliées. Ce problème est d’autant plus crucial que la résolution est grande, donc que la fauchée est petite. On voit concrètement sur ce problème tout l’intérêt de pouvoir géolocaliser en temps réel le porteur, car, en modulant l’empreinte au sol de chaque photo par l’altitude et l’attitude de la prise de vue, on peut visualiser avec une bonne estimation la trace au sol effectivement réalisée par une fogmap (fond cartographique sombre dont seules les parties explorées deviennent claires), de manière comparable à ce qui se fait dans la plupart des jeux vidéo de stratégie.

Navigation dans la base de données THR - DroneEye

Dans le contexte de la gestion de crise, il est important de pouvoir efficacement trouver toutes les informations (i.e. les images dans notre cas) concernant un point d’intérêt. Les solutions classiques de requêtes dans une base de données par des champs textuels nous paraissent être particulièrement inadaptées à la recherche d’informations à forte connotation géographique. C’est la raison pour laquelle nous avons créé le logiciel *DroneEye*.

DroneEye permet de préparer les données géoréférencées acquises par le drone pour être manipulables directement dans le logiciel GoogleEarth[®]. DroneEye permet ainsi d’afficher les photographies prises en vol après leur projection au sol (figure 13). La navigation se fait grâce d’une manière contextuelle (i.e. par rapport à la position courante), naturelle et fluide. Il est également possible d’effectuer des rotations autour d’un point au sol, ce qui permet de visualiser la scène sous plusieurs points de vue.

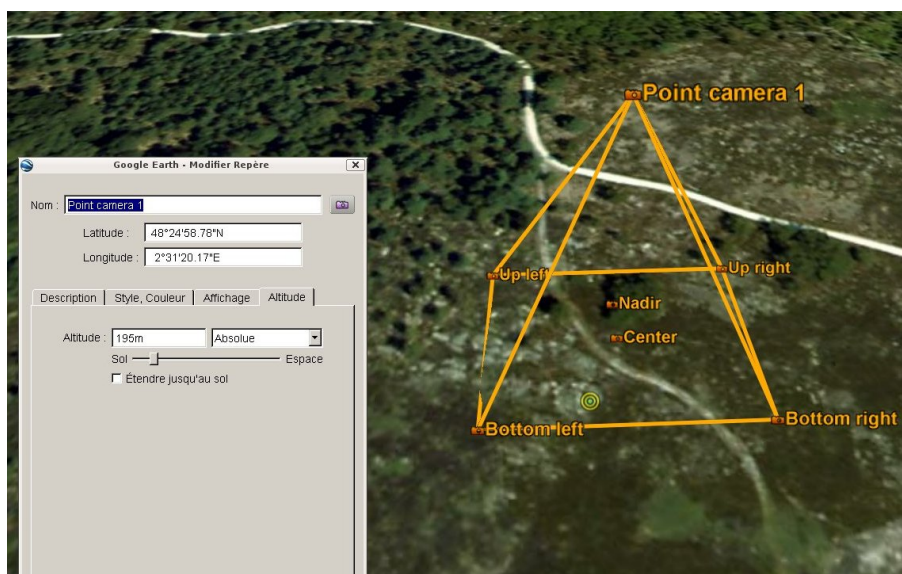


FIG. 13 – Visualisation post-mission des données images géoréférencées acquises par le drones grace au logiciel DroneEye développé en interne.

Création de mosaïque d'images - JIM

L'information à l'échelle d'une image est souvent insuffisante pour une vision globale de la scène. Ainsi se pose assez rapidement le problème de l'obtention de mosaïques d'images. Ce problème est complexe et est encore source de nombreux travaux scientifiques. La difficulté vient du fait que chaque image est une projection d'un environnement 3D sur un 2D. La conséquence est qu'on ne peut pas se contenter de juxtaposer les vues 2D de différents point de vue et s'attendre à ce qu'elles se superposent. Pour obtenir ce résultat, et donc une bonne mosaïque, il faut tout d'abord retrouver l'information 3D à partir des images 2D puis la déformer pour obtenir une vue virtuelle qui donne l'impression d'être simultanément à la verticale de tous les points de l'image (et qui n'a pas de réalité physique). Ce type d'image s'appelle une orthophotographie.

Notre contribution sur le domaine se concrétise par le logiciel libre Jim (JIM Is an image Mosaicker) que nous avons développé et qui est téléchargeable sur <http://sourceforge.net/projects/jimatis/>

Les principales étapes de l'algorithme sont :

- détection des points caractéristiques par le détecteur de Harris sur chaque image,
- appariement de ces points basé sur une différence radiométrique normalisée (algorithme *Zero-Mean Normalized Sum of Square Difference* (ZNSSD),
- filtrage des appariements par l'algorithme de RANSAC (*RANdom SAMple Consensus*)
- égalisation radiométrique par l'utilisation du logiciel libre *Emblend* (<http://enblend.sourceforge.net/>).

Nous avons été sollicités par le Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris (MNHN) pour effectuer une mosaïque sur une de leurs zones d'intérêt. La figure 14 montre une des mosaïques obtenue. La taille de celle-ci est de l'ordre de 5500 par 4000 pixels. D'après le MNHN, le potentiel de ces images pour la cartographie de la biodiversité est très prometteur comme le montre les premiers résultats à la figure 15.

Ce travail a été lauréat d'un Bonus Qualité Recherche (BQR) en collaboration avec l'équipe

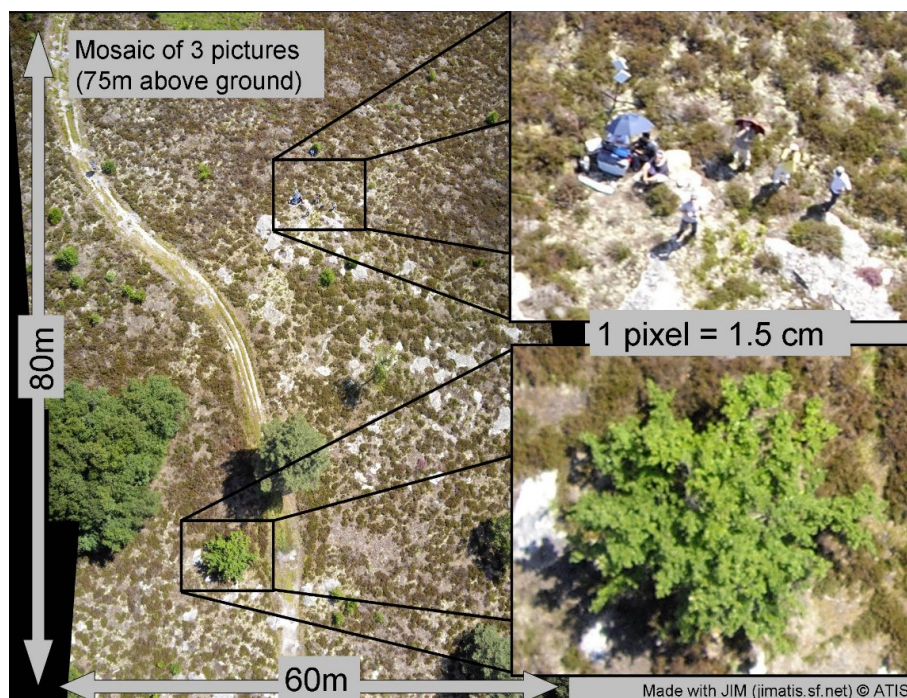


FIG. 14 – Mosaïque Très Haute Résolution (centimétrique) de trois images acquises lors de la mission Fontainebleau pour le Muséum National d’Histoire Naturelle de Paris.

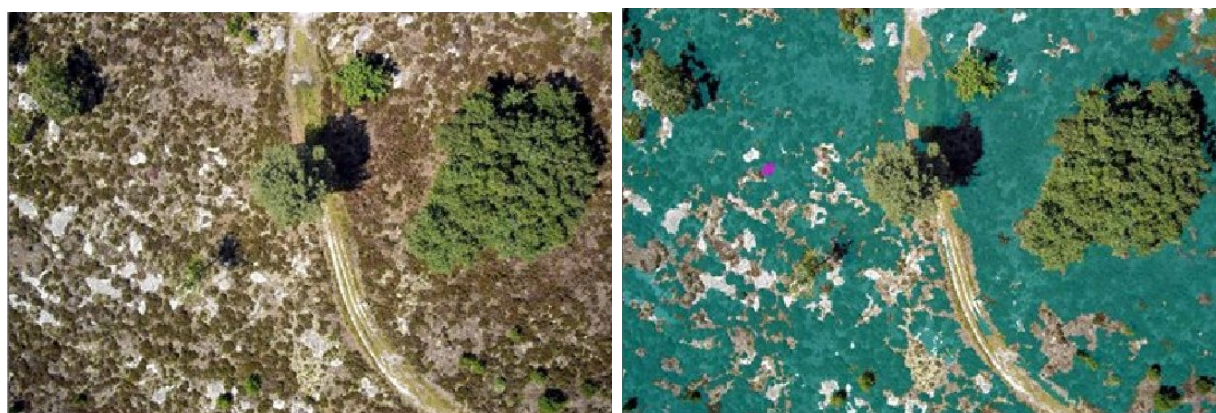


FIG. 15 – Extrait de la mosaïque originale (à gauche) et classification où l’on distingue la callune et la bruyère (à droite).

Nouvelles technologies et handicap

Projet VAO - Vision Assistée par Ordinateur

L'objectif de ce projet est de pouvoir mettre au service des malvoyants des nouvelles technologies pour leur simplifier la vie au quotidien.

Intéressons-nous au processus de la vision humaine. L'œil traduit l'information lumineuse de nature électromagnétique en une information électrique transmise par le nerf optique. Cette information est ensuite analysée et interprétée par le cerveau. Les personnes malvoyantes ont un déficit sur la partie acquisition de l'image, c'est-à-dire au niveau de l'œil, dans le processus décrit précédemment. Il existe une très grande variété de déficits plus ou moins importants. Certains peuvent être corrigés ou limités par des correcteurs classiques comme des lunettes par exemple. On s'intéresse dans le cadre de ce projet aux personnes pour lesquelles des solutions classiques sont inadaptées (pour cause d'un trop grand déficit par exemple) ou tout simplement inexistantes. Pour eux, on se propose de réaliser une chaîne de Vision Assistée par Ordinateur, portable et adaptable.

Le principe de fonctionnement de VAO est le suivant : le logiciel se trouve sur un mini-ordinateur. Il prend un flux vidéo de la scène observée en entrée, et il ressort un autre flux vidéo sur lequel ont été appliqués des algorithmes de traitement d'images adaptés au handicap. Ce projet est lauréat de la bourse Fondation Stéria - Institut de France 2009 (voir la section *Prix et Concours*).

Partenariats recherche et enseignement supérieur

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

- Équipe Géomatique Télédétection et Modélisation de Connaissances, 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, Télécom Paristech.
- Département Observation, Modélisation et Décision, ENSMP.

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.

Concours et prix

- **3ème place au challenge international minidrones.**- Afin de stimuler une nouvelle génération d'ingénieurs pour définir et construire des 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) a organisé une compétition internationale appelée challenge minidrones et subventionnée par la DGA (Délégation Générale pour l'Armement). Cette compétition, étalée sur les années universitaires 2007-2008 et 2008-2009, a permis à de grandes Écoles et Universités (parmi lesquelles figurent Centrale Paris, Mines Paris, l'Université Technologique de Compiègne, l'Université libre de Bruxelles ou le Moscow Aviation Institute) de confronter leurs savoir-faire opérationnel.
Site web officiel : <http://www.minidrones.fr/fr/>
- **2ème place au challenge national Humanitech.**- Organisé par la Fondation Casques Rouges, sous le haut patronage de Madame Valérie Pécresse, ministre de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, le challenge Humanitech a proposé aux étudiants des Universités et des grandes Écoles françaises de développer des outils technologiques innovants permettant de faciliter l'action humanitaire.
Dans cette compétition, nous avons présenté une version du drone Faucon Noir adaptée aux besoins cartographiques des humanitaires en situation de crise.
Site web officiel : <http://www.challenge-humanitech.com/>
- **1ère place au concours national de la Fondation Stéria-Institut de France.**- Afin de développer les projets innovants d'utilité sociale, la fondation Stéria-Institut de France a créé une bourse qui vise à soutenir les projets d'étudiants mettant les technologies de l'information au service des personnes en difficulté.
Le projet Vision Assistée par Ordinateur va pouvoir se concrétiser grâce à l'appui financier de cette bourse.
Site web officiel : <http://www.fondationsteria.org/>
- Lauréat d'un Bonus Qualité Recherche (BQR) en collaboration avec l'équipe OTIG de l'université de Marne-la-Vallée dans le cadre de la mission au profit du Museum d'Histoire Naturelle de Paris.

Publications et travaux du laboratoire

Conférences internationales avec comité de sélection et actes

- A. Gademer, F. Mainfroy, L. Beaudoin, L. Avanthey, V. Germain, C. Chéron, S. Monat, J.P. Rudant. *Faucon Noir UAV Project : development of a set of tools for managing, visualizing and mosaicking centimetric UAV images*. In : Actes de la conférence IGARSS, Capetown, 2009.

Résumé.- *Eager for greater flexibility, and lesser costs, we are often tempted by acquiring high-resolution data with home-made acquisition systems. However, this approach can not benefit from usual tools to tackle problems such as image navigation within a large flow of*

very high resolution pictures, data completion and image mosaicing of small patches of the overflown area. This article presents the tools suite our laboratory has developed. In our case, we have developed an home-made quad-rotor for low altitude imagery, equipped with up to three compact cameras on a stabilized platform. This configuration represents 1500 images at a ground resolution of 2 to 5 centimeters for each a 20 minutes fly. In order to take advantage of this flow of data, we needed relevant set of tools for an optimal acquisition and exploitation of the images.

- A. Gademer, F. Mainfroy, L. Beaudoin, L. Avanthey, V. Germain, C. Chéron, S. Monnat, J.P. Rudant. *Solutions for near real time cartography from a mini-quadrotor UAV*. In Actes de la conférence SPIE, Berlin, 2009.

Résumé.- *In this article, we present another way to acquire centimetric data using a quad-rotor UAV and the specific tools developed to perform near real time cartography. After setting the context of the UAVs, we will present the design and the realization of our quad-rotor Vertical Take Off and Landing solution and it's capacity for Very High Resolution imagery. Then we will describe the tools we developed to improve its ability for operational mapping : how to perform flight in immersion with a customizable HUD that takes the video broadcast from the UAV and adds vector information in real-time on virtual reality goggles, how to combine satellite and vector data with path optimization algorithm to design relevant flight plans and update them in real time to ensure data completeness, how to generate relevant geolocalization meta-data to be able to navigate in the produced image database few minutes after the landing and finally, how to employ home-made open-source mosaicer to take advantage of the three simultaneous on-board digital camera.*

Conférence internationale avec comité de sélection sans actes

- A. Gademer, C. Chéron, S. Monnat, F. Mainfroy, L. Beaudoin. *A low cost spying quadrotor for global security applications using hacked digital cameras*. In DEFCON 17, Las Vegas, 2009.

Résumé.- *Accessing centimetric georeferenced images is crucial for local military or civil intelligence, reconnaissance and surveillance applications. When classical satellite or aerial imagery is not available the Unmanned Aircraft Systems (UAS) are often a very interesting solution. But having an operational UAS for spying operations implies to solve the following practical problems :*

- *design and realize a reliable flying micro-UAS,*
- *develop efficient tools for real-time navigation to ensure that the UAS will cover all target points,*
- *hacking camera to be fully controlled by an electronic selfmade card,*
- *merging all trajectory data for real-time georeferencing of high resolution imagery,*
- *design appropriate software for optimal data exploitation.*

We present in this article our practical solutions to these different points.

Une présentation vidéo est disponible sur <http://www.defcon.org/html/links/dc-archives/dc-17-archive.html#Gademer>

Stages et thèses préparés au laboratoire

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 l'Université de Marne-la-Vallée). Débutée en septembre 2006. Soutenance prévue durant le premier semestre 2010.
- 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 l'Université de Marne-la-Vallée et Télécom Paristech). Débutée en septembre 2008.

Stages niveau Master M2 encadrés au laboratoire

- S. Monat. *Étude et réalisation d'un système drone automatisé*. Stage de fin d'études ESIEA, ESIEA ATIS, 2009.
- F. Mainfroy *Travaux préparatoires à la mise en place d'une chaîne de traitement d'images basse altitude*. Stage de Master 2 Sciences de l'Information Géographique, Université de Marne-la-Vallée (UMVL), 2009.

Encadrements de projets étudiants

- A. Benali. *Station ATIS - intégration METOP*, ESIEA ATIS, 2009, (5A).
- B. Larroque. *Interface de contrôle et de commande MSG*. ESIEA ATIS, 2009, (5A).
- C. Tessier. *Création d'une chaîne d'acquisition d'images satellites*. ESIEA ATIS, 2009, (5A).
- C. Cheneau, G. Le Bail-Collet, A. Mikkola, S. Mory. *Suivi de l'occupation des sols sur l'île de Mohéli (Grande Comore) à l'aide de données satellitales*. ESIEA ATIS-UMVL, 2009, (4A).
- J. Amilien, E. Dubray. *Classification des sols de Guyanne française par imagerie satellitale radar*. ESIEA ATIS-UMVL, 2009, (4A).
- L. Avanthey, V. Germain. *Rapport d'activité en Laboratoire de recherche*. ESIEA ATIS, 2009, (4A).
- T. K. Mandal. *Practical Implementation of Kalman Filter in Unmanned Aerial System*. IIT Kharagpur, 2009.
- A.-G. Nicoll, C. Boujaada, J. Germain, J. Mallin. *Etude de faisabilité et premiers développements d'un module lidar embarqué*. ESIEA-ATIS, 2009, (4A).

- G. Lepennec. *Reconstruction 3D*. ESIEA-ATIS, 2009, (5A).

ATIS dans la presse

Une très importante médiatisation a suivi les différents concours auxquels ont participé ATIS. Nous avons retenu ici quelques uns des articles les plus importants.

- *Des drones sous le souffle étudiant*. L'Usine Nouvelle, 2009, <http://www.usinenouvelle.com/article/des-drones-sous-le-souffle-etudiant.165312>
- *Avec le Challenge Minidrones, la DGA et l'Onera associent les étudiants à la création des minidrones de demain*. Armées.com, 2009, <http://www.armees.com/Avec-le-Challenge-Mini-drones-la.html>. Également disponible sur defense.gouv.fr
- *Des minidrones qui jouent dans la cour des grands*. NouvelObs.com, 2009, <http://tempsreel.nouvelobs.com/actualites/sciences/20090528.OBS8411/>
- *Un faucon noir follement mécatronique*. Thésame-innovation.com, 2009, <http://www.thesame-innovation.com/Jitec/Jitec.php?Id=708>
- *Boffins showcase do-it-yourself flying spy drone*. The Register, 2009, http://www.theregister.co.uk/2009/08/12/spy_quadrotor/
- *Les minidrones étudiants primés*. Air et Cosmos, 2175, 2009.

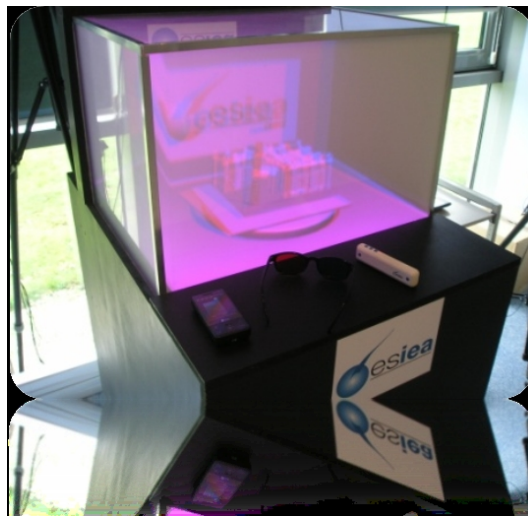
Activités scientifiques diverses

Activité d'évaluation scientifique

- Corentin Chéron. Activité de review au profit de la conférence ACC 2010 (*American Control Conference*).

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.

L'année 2009 a permis au laboratoire de pérenniser différents contrats de recherche partenariale avec deux grands groupes et une start-up que l'ESIEA a aidé à créer :

- La société ESSILOR.
- La société DIRICKX.
- La start-up GNRB.

Par ailleurs, notons que le projet européen INTREPID a représenté un effort de recherche important sur l'exercice et a permis d'aboutir à deux applicatifs en tests aujourd'hui sur des groupes de patients.

Enfin le projet ANR Part@ge a permis à l'ESIEA de concevoir un périphérique d'interaction

totalelement innovant qui a fait l'objet d'une présentation aux experts de l'ANR et a reçu un accueil enthousiaste.

Ces quelques remarques liminaires traduisent la qualité des travaux et des partenariats noués par le laboratoire RVSE de l'ESIEA. Notons enfin que de nombreuses études confiées aux étudiants ont permis d'étudier de nouveaux concepts d'interactions multi-sensorielles qui ont été testées par différents publics lors de salons et événementiels auxquels l'ESIEA a participé activement.

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

Projet INTREPID



Responsable : Marc Le Renard.

INTREPID est un projet Européen débuté en 2004. Il a pour but de créer un système de Réalité Virtuelle permettant de traiter efficacement le stress et l'anxiété. Le consortium en charge de ce projet est composé d'université et de partenaires cliniques de renom (*School of Psychology*, Manchester, Angleterre; *University of Ioanina*, Ioanina, Grèce; *Istituto Auxologico*, Milan, Italie) et de partenaires techniques (*Aurelia Electronica*, Viareggio, Italie, ESIEA, Laval, France).

Le projet vise à traiter les patients atteints de stress et d'anxiété en les exposant à des mondes virtuels contrôlés à distance par le psychothérapeute et « auto-contrôlé » par le patient en fonction de son niveau de stress évalué grâce à des capteurs physiologiques couplés à un système de fusion de données (c'est la notion de biofeedback). Les capteurs physiologiques permettent de connaître à tout moment le pouls, la saturation en oxygène dans le sang, la fréquence respiratoire et la sudation.

L'ESIEA (laboratoire RVSE) est en charge de la tâche inhérente à la Réalité Virtuelle ainsi que de l'interfaçage des divers composants avec le système (tracker, capteurs physiologiques, interface d'interaction...).

Le laboratoire RVSE a développé en jusqu'en 2008 des mondes virtuels sur la phobie (petits animaux, vertige...). L'ESIEA s'est attaché par exemple à modéliser fidèlement le comportement d'une araignée sur un mur pour donner la sensation à l'utilisateur d'être en présence d'un vrai spécimen. Les psychothérapeutes ont décidé de ne pas continuer dans la direction des phobies mais plutôt de se concentrer sur le stress et l'anxiété, ces pathologies étant les plus répandues et les plus en phase avec les patients qu'ils avaient à traiter.

Le laboratoire a donc développé de nouveaux mondes à partir de 2008 pour traiter le stress et l'anxiété.

- Pour le traitement de l'anxiété il a fallu créer un monde où le biofeedback est omniprésent et où le thérapeute n'intervient que très peu dans l'exposition au stress. C'est le patient en régulant son anxiété – et en modifiant donc son niveau de stress évalué par le composant de fusion de données – qui va pouvoir modifier son exposition dans le monde virtuel. Le travail du laboratoire a d'abord été de développer un module de fusion de données pour évaluer un stress et ensuite de l'interfacer (en créant des drivers spécifiques) aux capteurs physiologiques d'Aurelia pour modifier en temps réel l'environnement du monde virtuel en



fonction des résultats obtenus. Ce monde virtuel a été adapté sur deux systèmes différents comme décrit par la suite.

- Pour le traitement du stress, un sujet en particulier a été choisi par nos partenaires cliniques : le stress post traumatique dû à un accident de voiture. L'interaction du patient dans le monde virtuel se limite à bouger la tête et à regarder son environnement. Le patient est dans une voiture et le psychothérapeute peut à tout moment modifier sa vitesse, le nombre de voitures venant en contre-sens, la proportion de voitures et de camions dans le trafic... Il peut ainsi l'exposer à ses peurs et graduellement le traiter session après session. Ce monde virtuel est disponible sur le système de Réalité Virtuelle.

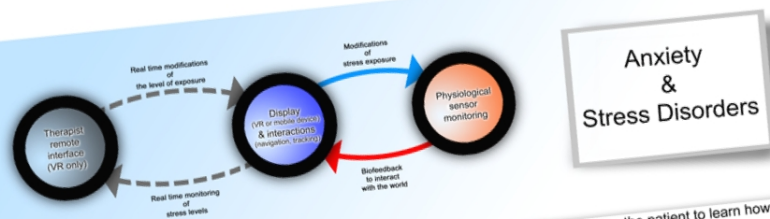
Comme écrit précédemment, deux systèmes ont été développés :

- Un système complet de Réalité Virtuelle comprenant un casque, un tracker de tête pour immerger le patient et des capteurs physiologiques bluetooth. Le laboratoire RVSE de l'ESIEA a été en charge de l'interfaçage de ces derniers pour permettre à l'application finale de faire l'acquisition en temps réel des paramètres physiologiques du patient et ainsi donner un retour, un « feedback » au psychothérapeute, celui-ci ayant ensuite la possibilité de contrôler l'application pour modifier l'exposition du patient. Le feedback peut aussi être utilisé directement sans validation du psychothérapeute pour modifier la scène (notion de biofeedback). L'évaluation automatique des données issues des capteurs est faite via le module de datafusion qui utilise une calibration propre au patient pour déterminer quelles sont les paramètres les plus importants à prendre en compte et quels sont ceux dont la pertinence est moindre dans cette évaluation. Cette calibration est à effectuer par le psychothérapeute lors de la première session avec le patient.
- Le deuxième système est un système utilisant un Smartphone interfacé avec des lunettes vidéo. Il reproduit le plu fidèlement possible – dans la limite des possibilités du Smartphone – le monde virtuel et ses interactions. Le module de data fusion est limité au capteur de rythme cardiaque et est utilisé pour modifier directement l'environnement.

Ces deux systèmes sont à ce jour opérationnels et permettent à nos partenaires thérapeutes de faire les tests cliniques pour valider la thérapie par la réalité virtuelle. Les tests cliniques étant en cours nous n'avons pour l'instant aucun retour sur les résultats de ces tests. Le travail du laboratoire RVSE doit continuer pour l'amélioration, la maintenance et le support de ces deux systèmes.



Virtual Reality Dedicated to The treatment of Anxiety and Stress Disorders



Anxiety
&
Stress Disorders



Using the physiological sensors to modify the stress exposure level enables the patient to learn how to better control his physiological parameters (heart rate, breathing, ...). The therapist can also induce modifications in real time to stimulate or calm the patient during the session.

Virtual Reality exposure

Bluetooth sensors

Real time anxiety level monitoring
Biofeedback interaction

Therapy sessions



Multi-sensor and virtual reality system developed to optimally monitor anxiety levels.
The system measures a series of key parameters (heart rate, galvanic skin response, breathing, ...)
through a set of miniaturised wearable sensors.

Smartphone application

Bluetooth sensors
Real time anxiety level monitoring
Biofeedback interaction

Lightweight & mobile system
for homecare treatment



Wearable homecare system enabling 'assistance' defined as a clinical and emotional link between the mobile multimedia scenario and the virtual reality scenario experienced by the patient during therapy.
The goal of this system is to anchor the learned protocol in a real life context.



Projets ESSILOR : simulateur de verres



Responsable : Marc Le Renard.

L'ESIEA a établi un partenariat avec le groupe ESSILOR dès 2005. L'équipe RVSE a d'abord travaillé avec ESSILOR sur des verres informatifs (stage étudiant suivi d'un contrat laboratoire RVSE) et développé un outil pour évaluer la pertinence des données affichées dans des lunettes informatives. Le travail effectué par le laboratoire a ensuite été exploité par le groupe ESSILOR pour faire des tests.

Le laboratoire RVSE a ensuite travaillé avec le service R&D optique d'ESSILOR, lequel nous a donné en 2007 la responsabilité du développement de leur simulateur de verres (verres de lunettes). Ce simulateur dont le logiciel a été développé entièrement à Laval par l'équipe RVSE permet de visualiser les effets d'un verre en réalité virtuelle. L'utilisateur immergé dans un monde virtuel a la possibilité d'interagir dans le monde (grâce au tracking ou à une interface) ou de se faire guider par un opérateur extérieur tout en portant des verres virtuels reproduisant les effets des verres réels. L'opérateur a la possibilité de changer les paramètres du verre et de la simulation à tout instant.

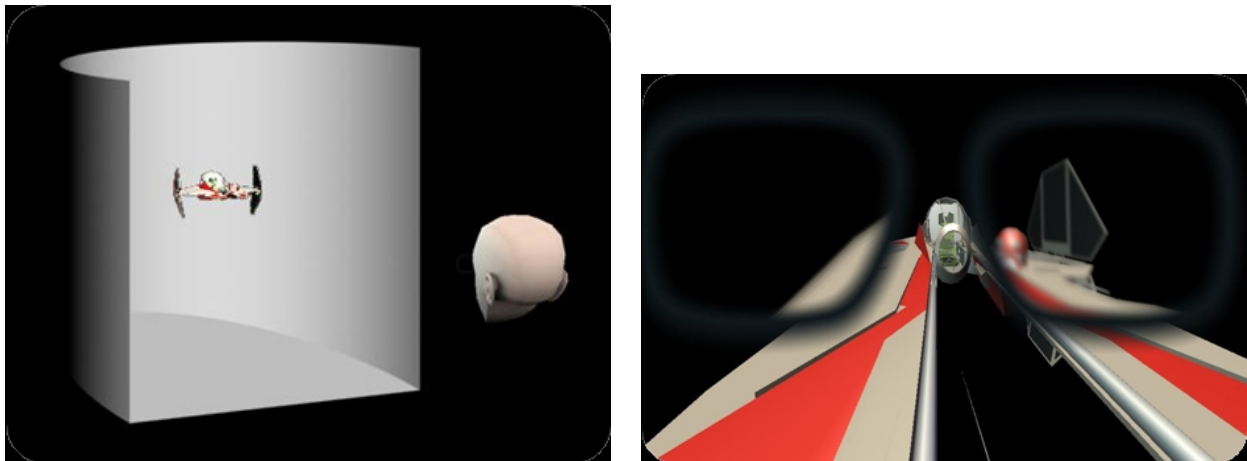


FIG. 16 – Illustration d'une personne devant le simulateur et visuel de son point de vue dans le simulateur

L'équipe a non seulement développé le simulateur mais a aussi été responsable de l'installation et de la maintenance du système chez ESSILOR. De plus le laboratoire a réalisé des missions de conseils pour les investissements Réalité Virtuelle au sein d'ESSILOR. Ces missions ont abouti en 2009 par l'acquisition chez ESSILOR d'un système de Réalité Virtuelle inédit en France. Le simulateur est un système basé sur un cluster de PC permettant d'afficher un monde virtuel sur un cylindre dans lequel est immergé l'utilisateur dont les mouvements sont « trackés » par un

système de caméras (tracking dit optique). Ce système est un simulateur très haut de gamme et très innovant de part sa géométrie et son utilisation. De nombreux verrous technologiques ont dû être levés depuis 2007 pour obtenir le résultat actuel.

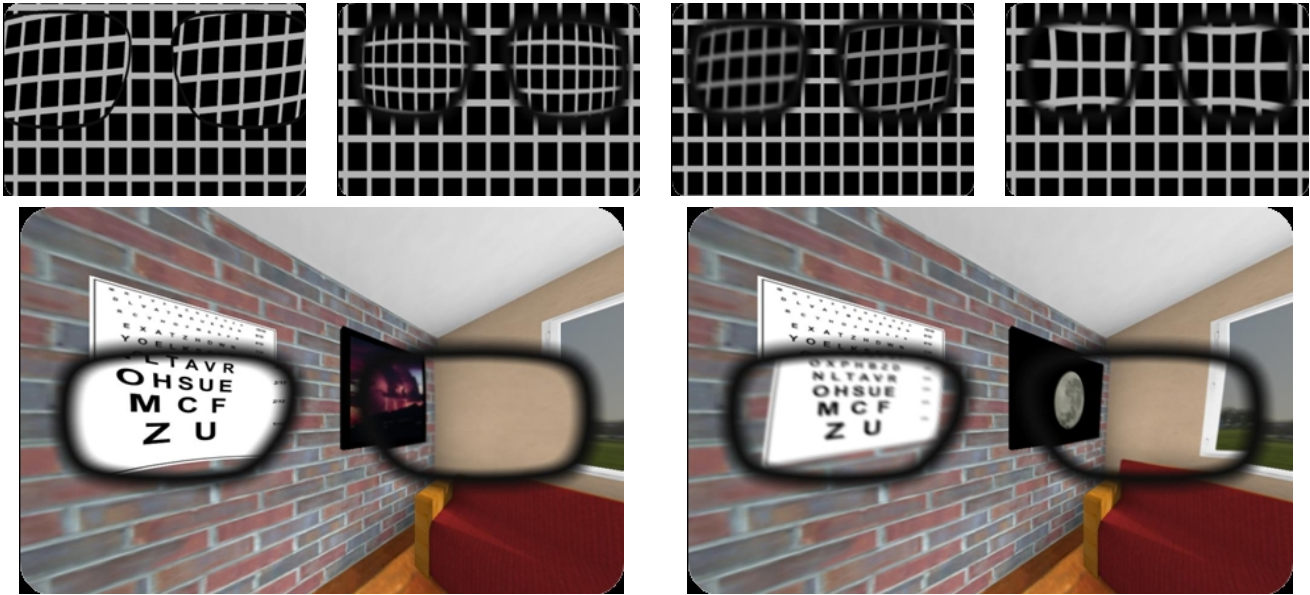


FIG. 17 – Exemples d'effets dans les verres

Le travail effectué en 2008-2009 par l'équipe du laboratoire a consisté à améliorer l'application du simulateur pour la faire correspondre au nouveau système d'ESSILOR et à y ajouter de nouvelles fonctionnalités pour donner de nouvelles possibilités à ESSILOR pendant leurs sessions de travail dans le système :

- La simulation de verres informatifs a été par exemple ajoutée en donnant le choix à l'utilisateur d'incruster ou non des vidéos sur chacun des verres. Cette fonctionnalité permet de simuler fidèlement le port d'une paire de lunettes vidéo.
- La simulation des effets dans les verres a aussi grandement été améliorée en programmant directement les cartes graphiques en ayant recourt aux shaders. La programmation des GPU nous a permis de simuler précisément des effets de flou perçu à travers un verre lors de son utilisation. Cette fonctionnalité a été réalisée en étroite collaboration avec ESSILOR et a abouti au dépôt d'un brevet.
- De nouvelles fonctionnalités permettant de loguer les sessions et de les rejouer permettent aux personnes d'ESSILOR de traiter finement les données enregistrées sur un porteur de lunettes afin d'identifier et d'adapter au mieux les verres par rapport à leur porteur.

Si nous faisons un bilan aujourd'hui le laboratoire RVSE de l'ESIEA a aujourd'hui réalisé plusieurs contrats pour ESSILOR et continue de travailler pour le centre R&D Optique dans la continuité de ce qui a déjà été entrepris auparavant.

Le résultat du travail effectué sur ce projet a été présenté devant l'*Association Française de Réalité Virtuelle* (AFRV) (<http://www.afrv.fr>) à Lyon par ESSILOR (décembre 2009).

Projet DIRICKX

Responsable : Franck Crison.

Le Groupe DIRICKX conçoit, fabrique et commercialise des clôtures, portails et des systèmes de contrôles d'accès et de sûreté, destinés à la protection périmétrique des entreprises et des particuliers (<http://www.dirickx.fr/>).

L'apport de l'ESIEA pour Dirickx :

« Dirickx a toujours considéré l'innovation comme un axe essentiel de son développement et investit régulièrement une part importante de son chiffre d'affaires dans la Recherche et Développement afin de proposer sans cesse des produits à haute valeur ajoutée. Ainsi le Groupe DIRICKX a mis en place des partenariats avec des écoles d'ingénieurs, des centres techniques, des laboratoires universitaires...C'est dans ce cadre que Dirickx et l'ESIEA (Ecole Supérieure d'Informatique, Electronique, Automatique) collaborent dans la recherche de nouveaux produits et services. »

(L.Feng Directeur Recherche et Developpement chez Dirickx)

Les différents travaux confiés par le Groupe Dirickx s'inscrivent dans une démarche d'innovation : imaginer et concevoir les futures solutions technologiques qui permettront d'accroître le service apporté aux clients.

Les travaux sont conduits en étroite collaboration avec la direction de recherche et développement du Groupe DIRICKX. Les projets, menés sous la forme d'un accompagnement, permettent à l'entreprise de bénéficier de l'expertise du laboratoire RVSE en partant du besoin naissant jusqu'au produit commercial en passant par différentes étapes telles des maquettes, des prototypes, des évaluations. Toutes ces étapes ont permis à Dirickx de valider les différentes solutions imaginées et mises en œuvre.

Un accord de confidentialité ne permet pas de diffuser une information plus détaillée sur les études conduites.

Projet Part@ge

Responsables : Jérôme Ardouin & Franck Crison.

Part@ge Part@ge est un projet de recherche national (2007-2010) sur une thématique large : l'homme en interaction collaborative avec un environnement 3D.

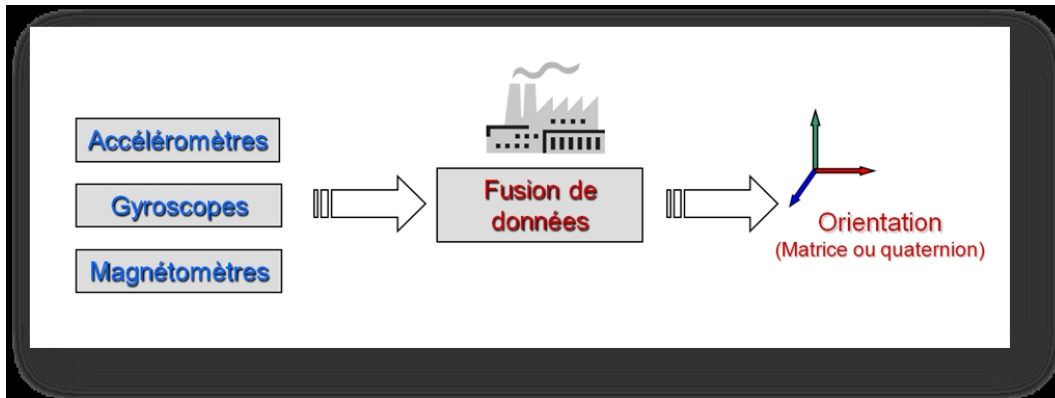
Le projet Part@ge est une plateforme RNTL, labellisée par le pôle de compétitivité Image & Réseaux et financé par l'ANR qui se propose de traiter le travail collaboratif sous l'angle de l'homme en interaction collaborative avec son environnement 3D.

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.

Une première version du stylet d'interaction a été présentée pour la première fois en 2008. Ce nouveau dispositif permet une prise en main intuitive d'un modèle 3D sans formation particulière de l'utilisateur final.

Développé autour d'une carte électronique intégrant une centrale inertielle complète sans fil et d'algorithmes de filtrage et de fusion de données, le périphérique permet d'interagir intuitivement avec un modèle 3D.



Intégré dans les applications collaboratives des partenaires, l'intérêt d'un dispositif de ce type a été démontré à un plus large public lors des salons Laval Virtual 2008 et 2009.



FIG. 18 – Nouvelle version du stylet (Modèle déposé)

L'année 2009 a donné naissance à une nouvelle version du stylet. Ce nouveau périphérique plus intégré et plus ergonomique va permettre de réaliser de nouvelles évaluations pour d'autres applications.

De nouvelles pistes de recherche, portant sur les problématiques d'interaction d'un modèle numérique en mobilité, ont conduit à imaginer de nouveaux concepts basés sur l'utilisation d'une plateforme mobile de type Smartphone.

Une première plateforme d'évaluation a été mise au point pendant cette année. En capitalisant les acquis de la fusion de données du stylet, un Smartphone commercial a été équipé du nouveau

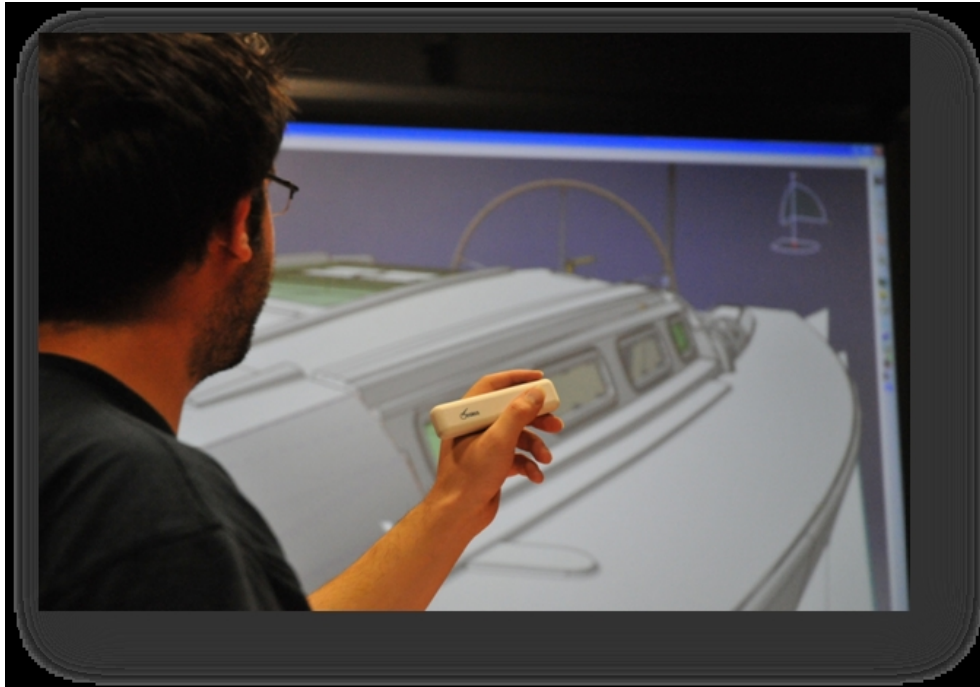


FIG. 19 – Manipulation d'une maquette numérique



FIG. 20 – Visualisation interactive d'un modèle numérique sur plateforme mobile

dispositif. Les différents verrous inhérents à ce type d'appareil ont été levés, et une première démonstration est maintenant disponible.

Les partenaires impliqués sur ce projet 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 (laboratoire RVSE).

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.

Publications autour de Part@ge

- Nguyen-Thong Dang, Jean-Marie Pergandi, Franck Crison, Jérôme Ardouin, Daniel Mestre. *Influence of Orientation Offset between Control and Display Space on User Performance during the Rotation of 3D Objects*. In : Actes de la conférence **Joint Virtual Reality Conference (JVRC'09)**, Lyon, France, décembre 2009.
- Dépôt de modèle du stylet auprès de l'INPI en 2009.

Projet GENOUROB



FIG. 21 – Site officiel : <http://www.genourob.com>

Responsable : Sébastien Gageot.

Cette année a permis de stabiliser le GNRB, d'y adjoindre différentes fonctionnalités et de participer activement avec les deux fondateurs de GENOUROB aux actions de communication tant scientifiques que commerciales.

Nous ne décrivons pas ici les caractéristiques technico-scientifiques du dispositif, cela ayant déjà été présenté dans le rapport d'activité 2008. Les actions entreprises et réalisées en 2009 sont :

- Développements techniques et homologations. En 2009, l'appareil a été certifié CE (label CE_{0459}) par le LNE-GMED.
- L'appareil GNRB[©] a obtenu la certification CEM et sécurité suivant la norme EN 60601-1-2 (2001)+A1. Cette certification est délivrée par le LNE (Laboratoire National de Métrologie et d'Essai).
- Présentation lors de congrès :
 - Allemagne : *ATOS live*, Heidelberg, 24-26 septembre 2009.
 - France : *Live surgery et TLS days*, Annecy, 18-19 septembre 2009.
 - Japon : Congrès *ISAKOS*, Osaka, 6 au 9 avril 2009.
 - France : Congrès *GECO*, Les arcs, 18 au 21 janvier 2009.

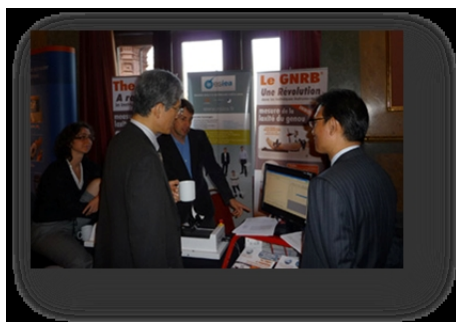


FIG. 22 – Congrès ATOS. Dr. T. Muneta (Tokyo)/Dr. N. Adachi (Hiroshima) photo de gauche ; Dr. Jenny JY (Strasbourg) photo de droite



FIG. 23 – Congrès *Live surgery et TLS days* à Annecy

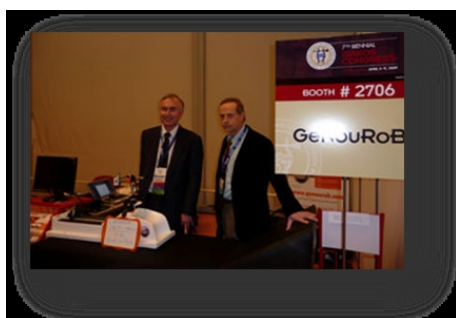


FIG. 24 – Congrès ISAKOS. Pr P. Neyret (Lyon) photo de gauche ; Pr R. Jakob (Fribourg, Suisse) photo de droite



FIG. 25 – Congrès GECO, Les arcs

Publications autour de GENOUROB

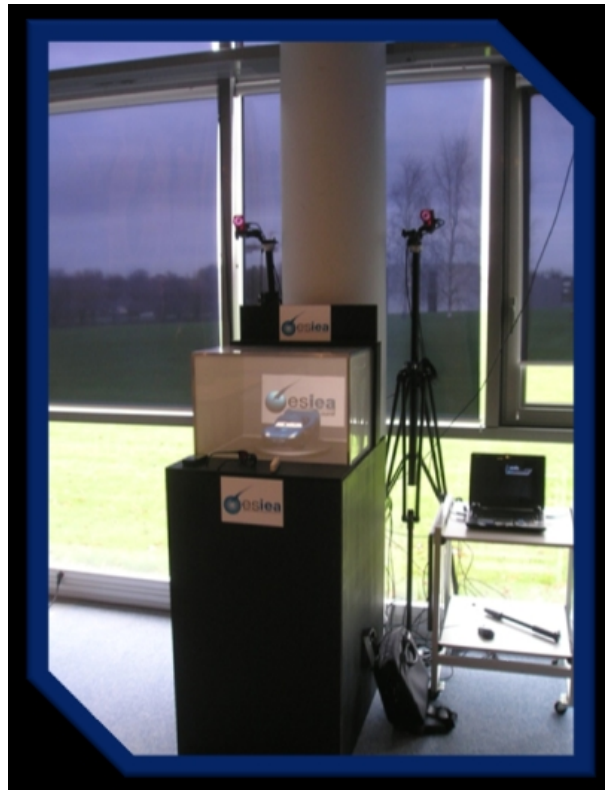
- H. Robert, S. Nouveau, S. Gageot et B. Gagnière. *Nouveau système de mesure des laxités sagittales du genou, le GNRB. Application aux ruptures complètes et incomplètes du ligament croisé antérieur.* Revue de Chirurgie Orthopédique et Traumatologique, volume 95, numéro 3, pages 207-213 (mai 2009).
- H. Robert, S. Nouveau, S. Gageot et B. Gagnière. *Can we detect partial ruptures of the Anterior Cruciate Ligament with the GNRB arthrometer ?.* Actes de la conférence ESSKA 2010 (*European Society of Sports Traumatology Knee Surgery and Arthroscopy*). Accepté pour présentation en 2009.
Résumé.- *The repair of ruptures of a single bundle (anteromedial or posterolateral bundle) of the ACL is possible in about 20% of patients. The diagnosis of this type of rupture is clinically difficult, an MRI is not always contributive, the decision often being made during the arthroscopy. We used the GNRB preoperatively to record the elasticity curve of the ACL of each knee. Is it possible to plan the type of repair, partial or complete, according to the collected data ?*
- H. Robert, S. Nouveau, S. Gageot et B. Gagnière. *A New Knee Arthrometer, the GNRB : Experience in ACL Complete and Partial Tears.* Orthopedics & Traumatology : Surgery & Research, volume 95, pp. 171–176, 2009.

Projets étudiants

Le laboratoire RVSE est à l'origine de plusieurs projets étudiants :

- Le présentoir virtuel.
- La télécommande réseau.
- Le projet *Bee Oh!*

Projet présentoir virtuel



Projet des étudiants de 4ème année : Etienne Gautier, Corentin Jézéquel, Antoine Quinton et Vincent Raoul.

Le présentoir virtuel est un exemple de projet primé au concours 3D3 au Cube à Issy les moulineaux. Ce projet vise à représenter de manière quasi « holographique » des objets dans un espace contraint. Ces objets sont affichés en fonction de la position/orientation de l'utilisateur sur plusieurs écrans délimitant le volume d'affichage 3D. Ce système est pour l'instant mono utilisateur mais de nouvelles versions seront étudiées cette année pour fiabiliser le système, changer la forme du volume d'affichage et faciliter la calibration du système. Un partenariat avec une entreprise spécialisée dans les écrans 3D autostéréoscopiques pourrait aussi être envisagé pour réaliser un système qui ne nécessiterait pas de lunettes et qui serait multi utilisateurs.

Les technologies utilisées dans ce projet sont :

- Le tracking pour récupérer la position et l'orientation de l'utilisateur.
- L'utilisation de process de rendu évolués pour permettre une projection sur une surface complexe non plane.

- L'implémentation de la stéréoscopie pour percevoir les volumes de façon encore plus convaincante (déjà implémentée mais seulement en anaglyphe, l'implémentation en stéréoscopie active sera faite cette année).

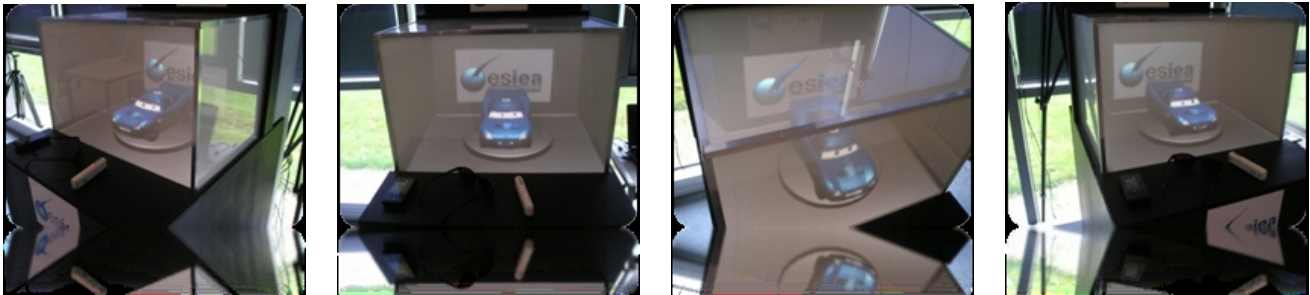


FIG. 26 – Différents points de vue du présentoir virtuel

L'aspect conception est aussi à noter pour réaliser un système robuste et facilement transportable et aisé à calibrer.

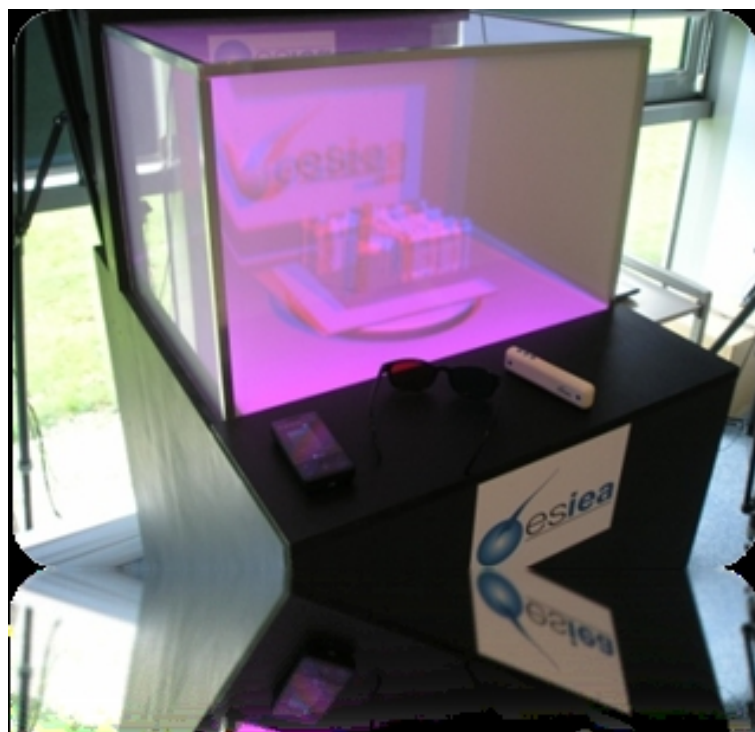


FIG. 27 – Rendu en anaglyphe

Liens divers :

- Site du concours 3D3 : <http://www.concours-3d3.com/english/concours3d3.php?page=2009&id=127&px=usage>
- Vidéo de présentation : <http://www.youtube.com/watch?v=Qh84HnBDSnc>

Projet de télécommande réseau



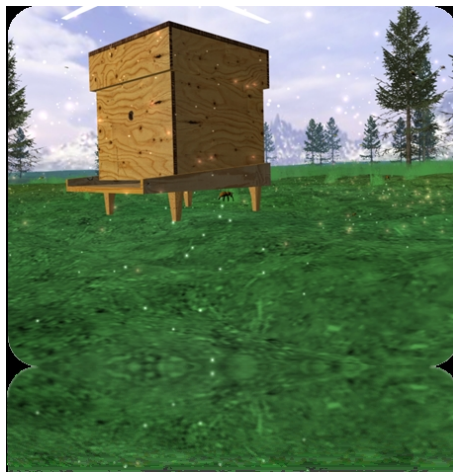
Projet des étudiants de 4ème année : Étienne Bonet, Olivier Ferrand, Laurent Hamel et Sébastien Pausé.

Le projet de télécommande réseau a aussi vu le jour grâce au laboratoire RVSE. Cette télécommande est en fait une application Windows mobile utilisant la communication IP pour dialoguer avec un PC. La télécommande est totalement configurable avec des widgets prédéfinis et permet à n'importe quel utilisateur de concevoir sa propre interface, celle-ci pouvant être répartie sur plusieurs pages (à la manière de l'iPhone). Toute la configuration se fait dans un fichier XML et il est possible à tout moment de switcher d'interface en allant chercher un nouveau fichier de configuration pour interagir avec l'application PC d'une autre manière.

Cette interface a été implémentée sur le présentoir virtuel pour valider son bon fonctionnement. Les interactions proposées sont pour l'instant très simples mais seront étendues cette année pour permettre de calibrer le système, interagir avec les éléments ergonomiquement.

Ce projet va aussi être reconduit cette année (2009-2010) en parallèle de celui du présentoir virtuel. A terme il est prévu que cette télécommande permette aussi d'augmenter le rendu virtuel, en affichant l'objet virtuel tel qu'il serait vu par l'utilisateur à travers le Smartphone Windows Mobile (ou Windows phone) mais en modifiant son rendu (rendu en fil de fer, rendu indiquant le nom et les propriétés des objets pointés par le Smartphone...). Cette option pourrait être appelée « Virtualité Augmentée » et est un bon sujet de recherche qui doit mener à un premier prototype fonctionnel cette année (2009-2010). C'est la combinaison de ces deux projets (télécommande réseau et présentoir virtuel) qui a permis de remporter le prix de l'usage innovant au Cube.

Projet *Bee Oh!*



Projet des étudiants de 4ème année : Naem Baron, Yoann Fausther et Aurélien Milliat.

Né d'une rencontre entre l'ESIEA et le réseau biodiversité pour les abeilles, *Bee Oh* est un outil de sensibilisation à la biodiversité. La surmortalité des abeilles, liée pour une part importante à la difficulté de trouver une alimentation diversifiée, peut à terme avoir un impact économique et écologique grave lié au manque de pollinisation des cultures.

Cet outil de sensibilisation à destination du grand public mais aussi du monde agricole, peut accélérer la prise de conscience et inverser l'impact des actions humaines sur l'environnement et particulièrement sur la biodiversité. Présenté pour la première fois au salon *Laval Virtual 2009*, l'accueil reçu de l'ensemble du public a permis de valider sur son impact sur les utilisateurs.

Cette étude a donné naissance à trois applications. Chaque application présentant un point de vue différent. L'utilisateur peut donc se mettre successivement dans la peau d'une abeille, d'un agriculteur ou d'un apiculteur.

- *L'application ABI*. L'utilisateur, équipé de deux ailes, devient une abeille et doit battre des ailes pour se déplacer dans un espace naturel virtuel comportant une colonie de 2000 abeilles. L'objectif est de récolter le nectar d'une fleur et de le rapporter à la ruche. A travers les efforts nécessaires pour réaliser cette tâche, l'utilisateur ressent physiquement l'impact de la biodiversité.
- *L'application APIMERSION*. L'APIMERSION apporte à *Bee-Oh* le point de vue de l'apiculteur à travers une application de réalité augmentée. L'APIMERSION prend la forme d'un mur, séparant le monde réel du virtuel. L'utilisateur glisse son bras dans une cavité et le visualise sur un écran situé face à lui. Le sens tactile est aussi stimulé par le biais d'un gant d'apiculture spécifique. 24 vibreurs contrôlés indépendamment, simulent la présence d'abeilles virtuelles lorsqu'elles frôlent la main ou le bras de l'utilisateur.
Un travail sur l'ambiance sonore a aussi été effectué. Chaque abeille virtuelle émet un son spatialisé pour retranscrire une ambiance sonore fidèle à la réalité. En fonction de la taille de l'essaim et la vigueur des abeilles, l'utilisateur peut jauger de l'état de santé de la population de sa ruche.

- *L'application AGRI*. L'AGRI apporte à *Bee-Oh* le point de vue de l'agriculteur. Avec cette

application orientée gestion, l'utilisateur se met à la place d'un agriculteur et doit faire des choix ayant des impacts tant au niveau financier qu'au point de vue de la biodiversité. Plusieurs zones de jachères sont représentées. Chaque type de semis (tournesol, colza, maïs, blé...) qui a une incidence propre sur la biodiversité est pris en compte. Par exemple, le tournesol est une plante intéressante pour les abeilles alors que le blé ne l'est pas. Ces différents paramètres permettent de déterminer dans l'application un indicateur nommé « bio score ».

Au-delà de la simple gestion de culture, l'utilisateur peut aussi modifier les champs afin d'ajouter des zones pérennes. Les zones pérennes sont des zones qui ne permettent pas à l'agriculteur d'obtenir des retours directs sur investissement. Mais elles permettent, de par leurs constitutions (fleurs, haies, arbustes...), d'être des vecteurs de biodiversité en attirant différentes espèces d'insectes et d'oiseaux et donc d'avoir un impact indirect sur la pollinisation des cultures.



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

Présentation du laboratoire

Le pôle « Sécurité de l'Information & des Systèmes » (SI&S) a été créé en 2004, conjointement au Mastère Spécialisé SI&S. Le pôle SI&S a un domaine de compétences qui s'étend à toutes les thématiques qui concernent la sécurité de l'information du point de vue technique. 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 (http://www.esiea-recherche.eui/master_nis.html).

La vocation du pôle SI&S, outre la recherche, est de participer activement au transfert de technologies en direction des entreprises et des organisations publiques (administrations, défense...) 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 SI&S concerne aussi bien les aspects théoriques que pratiques et opérationnels de la sécurité de l'information.

Les principaux axes de compétences sont :

- La cryptographie asymétrique et la cryptanalyse des primitives de cryptographie asymétrique.
- L'analyse de malwares et la virologie en liaison avec le laboratoire de cryptologie et de virologie opérationnelles.
- Les technologies RFID et cartes à puce.

L'Ecole, depuis sa création, a toujours complété sa formation technique de haut niveau par une formation humaine dédiée à la fertilisation des qualités positives de ses étudiants comme la solidarité, la curiosité ou la créativité par exemple.

Enfin, comme les autres laboratoires de l'ESIEA, le Pôle SI&S ouvre très tôt dans la formation les portes du laboratoire aux étudiants curieux et volontaires. Le pôle SI&S met en avant la formation par la recherche. En effet, les formations de l'ESIEA (Diplôme d'Ingénieur et Mastères Spécialisés) se veulent opérationnelles 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 SI&S, l'émulation générée par les enjeux permet d'envisager de nombreuses innovations pédagogiques.

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. Problématique de validation des clefs RSA (*RSA Public Key Validation*).
- Les fonctions de hachage de type géométrique (nouveau thème).
- Complexité algorithmique.
- Algorithmique de la sécurité et programmation sécurisée.

Composition du laboratoire

- Directeur du laboratoire

Robert Erra (Ph D).
Email : erra@esiea.fr
Tél : +33(0)1 55 43 23 02
Fax : +33(0)1 55 43 23 22

- 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 (Ing. - Doctorant)
Email : caillat@esiea.fr
Virologie, sécurité réseau et systèmes.

Anthony Desnos (Ing. - Doctorant)
Email : desnos@esiea.fr
Virologie, sécurité des systèmes.

Stages et thèses préparés au laboratoire

Thèses préparées au laboratoire

- Thèse de Benjamin Caillat. *Formalisation et étude exploratoire des mécanismes de backdoor logicielles*. Débutée en septembre 2007. Interrompue en 2009. Reprise en 2010. Co-encadrée par Robert Erra et Eric Filiol.
- Thèse d'Anthony Desnos. *Etude et formalisation des techniques rootkit en mode noyau et applications à la virologie informatique*. Cette thèse a débutée en décembre 2009. Co-encadrée par Robert Erra et Eric Filiol.

Thèses co-encadrées

- Robert Erra est co-directeur de la thèse de doctorat de Mickaël François (directeur de thèse : Thomas Grosge, université de technologie de Troyes). Titre de la thèse : *Générateur de clés de chiffrement sur des systèmes exotiques : étude et optimisation de l'entropie des clés*.

Stages encadrés au laboratoire en 2009

- Christophe Grenier. *Sur quelques aspects de la cryptanalyse de RSA*. Stage de Master 2, Université de Rennes 1.

Résumé.- *Variante de l'attaque de Wiener, reformulation de la méthode de factorisation de Fermat via les méthodes de Coppersmith.*

- Khalifa TOUMI. Vincent Guyot a co-encadré le stagiaire Khalifa TOUMI du LIP6 (stage Master 2, durée 6 mois). Sujet : *Gestion identitaire à l'aide de carte à puce sans contact/RFID*.
- Yvan LeFou. Sujet confidentiel. Stage scolarité ingénieur ENSEIRB, 2ème année, durée 4 mois. Encadré par Anthony Desnos.

Publications du laboratoire

Revue internationale à comité de lecture

- Anthony Desnos, Eric Filiol, Ivan LeFou. *Detection of a HVM Rootkit (aka Blue Pill-like)*. Journal in Computer Virology, accepté pour publication. DOI 10.1007/11416-009-130-8. Disponible sur le site SpringerLink, Online First.

Revue nationale à comité de lecture

- Anthony Desnos. *Détection (et création) opérationnelle des rootkits HVM (aka BluePill-like)*. Journal de la sécurité MISC, publié en deux parties dans les numéros 42 (mars 2009 ; pp. 40–49) et 43 (mai 2009 ; pp. 54–60).

Résumé.- *Détection (et la création pas à pas) d'un rookit HVM, nouveau type de rootkit utilisant la virtualisation matérielle pour avoir un contrôle total sur le système d'exploitation.*

- Anthony Desnos. *Implémentation de virus K-aires en Python*. Journal de la sécurité MISC, numéro 46, pp. 62–70, novembre 2009.

Résumé.- *Première implémentation publique d'un virus K-aires (POC), utilisant des techniques de tout en mémoire, ainsi que les schémas de secrets partagés pour la gestion des clés.*

Conférences et articles invités (niveau international)

- Benjamin Caillat. *WiShMaster - WIndows SHellcode MASTERy (technical tutorial)*. In Actes de la conférence iAWACS 2009, http://www.esiea-recherche.eu/iawacs_2009.html
- Anthony Desnos. *Memory Live Forensics (technical tutorial)*. Conférence EICAR 2009, Berlin, Allemagne.

Résumé.- *État de l'art des outils de forensic (système) sous Linux, puis la présentation de nouvelles techniques forensics permettant de retrouver la liste des processus via un périphérique mémoire (ou un dump), puis la récupération du code des exécutables.*

- Vincent Guyot. *Introduction to Smart Card Technology* (tutorial). Conférence IEEE WOCN 2009, Caire, Egypte, avril 2009.
- Vincent Guyot. *Security of Smart Cards* (tutorial). Conférence IEEE AH-ICI, Kathmandou, Népal, novembre 2009, <http://www.ah-ici.org/ah-ici2009/ah09-tuto.html>

Conférences internationales avec comité de sélection et actes

- Anthony Desnos, Eric Filiol, Ivan Lefou. *Detection of a HVM rootkit (aka BluePill-like)*. In Actes de la conférence EICAR 2009, Berlin, pp. 105–133.

Résumé.- *Détection (et la création pas à pas) d'un rookit HVM, nouveau type de rootkit utilisant la virtualisation matérielle pour avoir un contrôle total sur le système d'exploitation.*

- Anthony Desnos, Robert Erra et Eric Filiol. *Processor-dependent malwares*. In Actes de la conférence iAWACS 2009, Laval, octobre 2009, http://www.esiea-recherche.eu/iawacs_2009.html
- Robert Erra et Christophe Grenier. *How to compute RSA keys : the past, present and future of the Art of RSA*. In Actes de la conférence iAWACS 2009, Laval, octobre 2009, http://www.esiea-recherche.eu/iawacs_2009.html

Résumé.- *Comment calcule-t-on une clé RSA, comment peut-on valider une telle clé, problèmes et algorithmes.*

Conférences internationales avec comité de sélection sans actes

- Anthony Desnos. *K-ary Viruses in Python*. Conférence Hack.lu 2009, Luxembourg, octobre 2009, <http://2009.hack.lu>
- Anthony Desnos et Eric Filiol. *IAWACS2009 AV Content Technical Debrief*, Hack.lu 2009, lightning talk, Luxembourg, octobre 2009, <http://2009.hack.lu>
- Benjamin Caillat. *WiShMaster - WIndows SHellcode MASTERy*, Conférence Black Hat Europe 2009, Amsterdam, mars 2009.

Résumé.- *WiShMaster is a tool that converts a set of C source files written « normally » (the compilation of those source files produce an exécutable) and generates a shellcode, that is a block of code without any hardcoded or external reference and that can run in any process at any address. If execution is redirected to its first byte, the shellcode will accomplish exactly the same operation than the executable generated through normal sources compilation.*

Disponible sur [http ://www.blackhat.com/presentations/bh-europe-09/Caillat/Black-Hat-Europe-09-Caillat-Wishmaster-slides.pdf](http://www.blackhat.com/presentations/bh-europe-09/Caillat/Black-Hat-Europe-09-Caillat-Wishmaster-slides.pdf)

Rapports de recherche et preprints

- Robert Erra et Christophe Grenier. *The Fermat Factorization Method revisited*. Serveur preprint iACR, <http://eprint.iacr.org/2009/318>.

Résumé.- *Reformulation de la méthode de factorisation de Fermat comme une équation polynomiale bivariable que l'on résout à l'aide des techniques de Coppersmith.*

Prix et distinctions

- Vincent Guyot. Prix « *Best smart card software* » (projet ANR T2TIT) lors du salon *Cartes & Identification 2009*, Paris, France, novembre 2009. Site web pour le best-software : http://www.cartes.com/ExposiumCms/do/exhibition/CARTES+ID+UK/The+Sesames/The+2009+winners/siteId_311304/pageId_937259#m2

Activités scientifiques diverses

Organisation de conférences

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

- Anthony Desnos. Organisateur du premier challenge public portant sur le test de répression d'antivirus (challenge pwn2rm), et plus particulièrement sur le test d'exécutable inconnu dans le cas d'une session administrateur, lors de la conférence *iAWACS 2009* à Laval, http://www.esiea-recherche.eu/iawacs_2009.html
- Robert Erra (co-Chairman), Vincent Guyot et Anthony Desnos (organisateurs). Conférence *iAWACS 2009* à Laval, http://www.esiea-recherche.eu/iawacs_2009.html.
- Vincent Guyot. Comité de programme de la conférence SARSSI 2009, Luchon, France,
- Vincent Guyot. Co-organisateur de la conférence IFIP N2S 2009, Paris, France, juin 2009, <http://www.n2s-conf.org/>
- Vincent Guyot. Comité d'organisation du congrès DNAC 2009, Paris, France, novembre 2009, <http://www.dnac.org/Dnac09/>
- Vincent Guyot. Co-organisateur du colloque « *USA : Comment profiter dès aujourd'hui de la prochaine reprise Economique ?* », Paris, France, décembre 2009.
- Vincent Guyot. Journée de réunions du projet ANR T2TIT traitant de la sécurité RFID à l'ESIEA Paris, novembre 2009.

Participation à des jurys de thèses

- Robert Erra (examinateur). Jury de Thèse de Sébastien Josse, avril 2009, ESIEA Laval, <http://www.esiea-recherche.eu/josse.html>.
- Robert Erra (examinateur). Jury de Thèse de Grégoire Jacob, décembre 2009, ESIEA LAVAL, <http://www.esiea-recherche.eu/jacob.html>.

Productions logicielles

- Benjamin Caillat. WiShMaster 2.0. 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). Binaires de la version 1.0 disponibles sur <http://benjamin.caillat.free.fr/wishmaster.php>
- Anthony Desnos. *Draugr* : analyse forensic sous Linux, permettant par divers moyens de récupérer la liste des processus (et l'exécutable) sous un système Linux, avec seulement un dump mémoire. Sous licence GPL. Disponible sur <http://www.esiea-recherche.eu/~desnos/draugr/draugr.tar.gz>
- Anthony Desnos. *ISTARI* : POC Python security module, divers modules de sécurité permettant de faire du chargement tout en mémoire d'objet Python, du tracage de syscall, du syscall proxy et un rootkit userland. Remote exec/Syscall proxy en python et visualisation 3D. Sous licence GPL. Disponible sur http://www.esiea-recherche.eu/~desnos/tools/istari_public.tar.gz
- Vincent Guyot. *Implémentation et intégration du protocole HAT dans la carte à puce*. Démonstrateur du projet ANR T2TIT, juillet 2009.

Contrats et transferts technologiques 2009

- Participation au contrat DCNS RMS-0658 sur la protection des logiciels (confidentiel) piloté par le laboratoire de virologie et de cryptologie opérationnelles, ESIEA, Laval.
- Participation au contrat DCNS RMS-0476 sur l'analyse de sécurité du logiciel antivirus Clamav piloté par le laboratoire de virologie et de cryptologie opérationnelles, ESIEA, Laval.

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 continuité 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. Si les concepts « théoriques » de la guerre informatique commencent à émerger – essentiellement chez les historiens, les sociologues et spécialistes en relations internationales – il n'existe pratiquement aucune recherche, du moins à ce jour, sur les concepts opérationnels touchant à la préparation, la planification et la conduite de « cyberattaques ». Le laboratoire étudie sur une base technique et opérationnelle les différents scénarii qui peuvent être « joués » par les attaquants. Cette connaissance peut être en particulier très utile aux entreprises qui sont des cibles privilégiées de ce type d'attaques.

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), jusqu'en octobre 2009

Email : barbier@esiea-ouest.fr

Stéganographie - Analyse du train binaire

Sébastien Josse (Ph D), depuis janvier 2010

Email : josse@esiea-ouest.fr

Cryptographie, virologie, analyse de malware.

- Ingénieurs de recherche

- Frédéric Jennequin

Email : jennequin@esiea-ouest.fr

Sécurité réseau, virologie.

- Jean-Paul Fizaine

Email : fizaine@esiea-ouest.fr

Virologie.

- Mickaël Salaün

Email : salaun@esiea-ouest.fr

Sécurité système et réseau.

- Chercheurs

- Abir Awad (Ph D)

Email : awad@esiea-ouest.fr

Cryptographie chaotique.

- Grégoire Jacob (Ph D)

Email : jacob@esiea-ouest.fr

Virologie, informatique formelle, analyse de malware.

- Doctorants

- Jean-Marie Borello

Email : borello@esiea-ouest.fr

Virologie.

- Adrien Derock
Email : derock@esiea-ouest.fr
Virologie.
- Nicolas Bodin
Email : bodin@esiea-ouest.fr
Stéganographie.
- Christophe Grenier
Email : grenier@esiea.fr
Cryptographie, protection logicielle.
- Michel Dubois
Email : dubois@esiea-ouest.fr
Cryptographie symétrique.

Stages et thèses préparés au laboratoire

Thèses soutenues au laboratoire en 2009

- 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*. Soutenue le 10 avril 2009, à l'Esiea, Laval. Informations disponibles sur <http://www.esiea-recherche.eu/josse.html>
- Thèse de Grégoire Jacob. Thèse Ciffre France Télécom. Ecole doctorale de l'Université de Rennes. *Malware Behavioural Models : Bridging Abstract and Operational Virology*. Soutenue le 14 décembre 2009 à l'Esiea, Laval. Informations disponibles sur <http://www.esiea-recherche.eu/jacob.html>. Grégoire Jacob reste chercheur au laboratoire mais part un an en post-doc à l'Université de Santa Barbara, Californie, USA.

Thèses préparées au laboratoire

- 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 débuté en septembre 2005. La soutenance est prévue pour fin 2010.
- Thèse d'Adrien Derock. Thèse Ciffre DCNS, (en co-direction avec Pascal Véron, Université 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 est définitive.

vement arrêtée à la demande de l'intéressé.

- Thèse de Nicolas Bodin. Ecole doctorale Ecole Polytechnique, Palaiseau. *Formalisation et conception d'un moteur de stéganographie sous environnements PC et Mobiles*. Cette thèse a débuté en octobre 2009.
- Thèse de Christophe Grenier. Thèse Ciffre DCNS, Ecole doctorale Ecole Polytechnique, Palaiseau. *Formalisation et implémentation de techniques de protection logicielles au niveau algorithme (code source)*. Cette thèse a débuté en décembre 2009.
- Thèse de Michel Dubois. *Etude combinatoire de la mise en équations sur $GF(2)$ des algorithmes de chiffrements par bloc*. Cette thèse a débuté en décembre 2009.

Stages encadrés au laboratoire en 2008

- Eddy Deligne. *Implémentation d'un module Firefox à des fins de protection de flux HTTP*. Stage Master 2P Spécialité Cryptologie et Sécurité Informatique, UFR Mathématiques et Informatique de l'université Bordeaux I. Stage de 6 mois.
- Nicolas Bodin. *Analyse et implémentation de la technique de Patchwork Steganography*. Stage Master 2P Spécialité Cryptologie et Sécurité Informatique, UFR Mathématiques et Informatique de l'université Bordeaux I. Stage de 6 mois. Co-encadré par Johann Barbier.
- S. Bertoletto, A. Charvet, F. Lebeau et J. Naucelle. *Implémentation d'une grappe de calcul dédiée au calcul parallèle*. Stage de Projet Application Industrielle et de Recherche (PAIR4; cursus ingénieur ESIEA). Durée 4 mois.
- Olivier Ferrand. *Implémentation et analyse statistique des équations du DES sur $GF(2)$* . Stage technique de 4ème année (cursus ingénieur ESIEA). Stage de 3 mois.

Publications du laboratoire

Ouvrages et chapitres d'ouvrages

- Eric Filiol. *Les virus informatiques : théorie, pratique et applications*, seconde édition (ISBN 978-2-287-98199-9), collection Iris, Springer Verlag France, 2009. Cette seconde édition a été augmentée de trois chapitres (200 pages).

Revue internationale à comité de lecture

- Adrien Derock (avec P. Veron). *Another Formal Proposal for Stealth*. International Journal of Computer Science (ISSN 2070-3856), volume 4, issue 1, pp. 1–7, 2009.
- Eric Filiol (avec D. Bilar). Traduction de l'allemand et édition de la thèse de J. Kraus *On self-reproducing Computer Programs*, Journal in Computer Virology (ISSN 1772-9890), 5(1), pp. 9–87, 2009.

- Grégoire Jacob, Eric Filiol, Hervé Debar. *Functional Polymorphic Engines : Formalization, Implementation and Use Cases*, Journal in Computer Virology (ISSN 1772-9890), 5(3), pp. 247 – 262, 2009.
- Sébastien Josse. *White-box Attack Context Cryptovirology*, Journal in Computer Virology (ISSN 1772-9890), 5(4), pp. 321–334, 2009.

Revue nationale à comité de lecture

- Adrien derock. *Vulgarisation des modèles formels de la furtivité*. Journal de la sécurité MISC, numéro 44, juillet 2009, pp. 64–74.
- Adrien Derock, Charles Costet et Eric Filiol. *CLAMAV, un antivirus plus que crédible*. Linux Magazine, numéro 119, pp. 26–43, août 2009.
- Adrien Derock (avec L. Dubeaux et N. Ben Alaoui). *Sécurité des clefs USB*. Journal de la sécurité MISC, publié en deux parties dans les numéros 41 (janvier 2009 ; pp. 72–76) et 42 (mars 2009 ; pp. 61–67).
- Eric Filiol (avec F. Raynal). *Cyberguerre : de l'attaque du bunker à l'attaque dans la profondeur*. Revue de Défense Nationale et Sécurité Collective, volume 2009-3, pp. 74–86, mars 2009.
- Eric Filiol et Anthony Desnos. *Détection (et création) opérationnelle des rootkits HVM (aka BluePill-like)*. Journal de la sécurité MISC, publié en deux parties dans les numéros 42 (mars 2009 ; pp. 40–49) et 43 (mai 2009 ; pp. 54–60).
- Eric Filiol. *Organiser la fuite d'information d'un poste isolé : méthodes logicielles*. Journal de la sécurité informatique MISC 44, pp. 28-37, juillet 2009.

Conférences et articles invités (niveau national)

- Eric Filiol. *Tutorial on computer viruses I & II*. Tutoriel donné les 5 et 12 janvier 2009 dans le cadre du séminaire Diwall, Rennes, <http://www.diwall.fr/FR/manifestations/>
- Eric Filiol. *Les virus du futur : vers des menaces imparables ?* Journées Microsoft TechDays 2009, 11 février 2009. La vidéo et les slides sont disponibles sur <http://www.microsoft.com/France/vision/mstechdays09/>
- Eric Filiol. *Etat de l'art en virologie informatique (tutoriel)*. Journées Microsoft TechDays 2009, 11 février 2009. La vidéo et les slides sont disponibles sur <http://www.microsoft.com/France/vision/mstechdays09/>
- Eric Filiol. *Etat de l'art de la virologie informatique*. Séminaire SSI de la DCNS, Toulon, 9 juin 2009.

- Eric Filiol. Participation à la 2^{de} Table Ronde *Les menaces numériques futures*, dans le cadre du Colloque « Souveraineté Numérique, organisée le 17 juin 2009, à l'Assemblée Nationale, salle Victor Hugo, sous le haut-patronage de M. Bernard Acoyer.
- Eric Filiol. *Comment déclencher et conduire une cyberattaque*. Ecole Nationale de la Magistrature, Séminaire Cybercriminalité en Europe - 26 juin 2009, Paris.
- Eric Filiol. *Sécurité informatique et intelligence économique - Comment cibler une entreprise*. Conférence dîner débat organisé par le Rotary Club de Laval, 21 octobre 2009.

Conférences et articles invités (niveau international)

- Eric Filiol. *Introduction to Steganography et State-of-the-art of Cybercriminality and Cyberwarfare on the Internet*. 19 février 2009, Hanoï, Vietnam. Ces deux conférences ont été données dans le cadre du « *Second Seminar on Cyber Crime* au profit d'une cinquantaine de juges et procureurs vietnamiens (SPP - Supreme Popular Prosecution), dans le cadre de l'*Institutional Support Project to Vietnam* (EuropeAid/120860/C/SV/VN).
- Eric Filiol. *Comment déclencher et conduire une cyberattaque*, 3^{ème} Forum International de la Cybercriminalité FIC 2009, Lille, France, 24 mars 2009.
- Eric Filiol. *How to Plan, Launch and Conduct Cybertattacks*. NATO Eletronic Warfare Workshop 2009, ESAT, Rennes, 19 juin 2009.
- Eric Filiol. *Analyzing Word and Excel Encryption - An Operational Solution*. Conférence d'ouverture de la conférence Hack.lu 2009. Luxembourg, octobre 2009, <http://2009.hack.lu>
- Grégoire Jacob. *Javascript and VBScript Threats : Different Scripting Languages for Different Malicious Purposes*. Tutorial technique, EICAR 2009, Berlin, mai 2009. Slides disponibles sur <http://www.esiea-recherche.eu>

Conférences internationales avec comité de sélection et actes

- Jean-Marie Borello, Eric Filiol et Ludovic Mé. *Are Antivirus Programs Able to Detect Complex Metamorphic Malware ?* In Actes de la conférence EICAR 2009, Berlin, mai 2009, pp. 45–66.
- Adrien Derock (avec L. Cessieux). *Security Risk Analysis Based on the Policy Formalization and the Modeling of Large Systems*. In Actes de la conférence ICCISE'09 (International Conference on Cognitive Information System Engineering), ISSN 2070-3724, Paris, juin 2009. L'article est disponible sur <http://www.waset.org/journals/waset/v54/v54-30.pdf>
- Anthony Desnos, Robert Erra et Eric Filiol. *Processor-dependant malwares*. Conférence iAWACS 2009, Laval, octobre 2009, http://www.esiea-recherche.eu/iawacs_2009.html

- Eric Filiol (avec D. Reynaud-Plantey, P. Beaucamp et J.-Y. Marion). *On the Use of Internet Voting Machine on Compromised Computers*. In Proceedings of the 4th International Conference on Information Warfare and Security 2009, Cape Town, South Africa, 26-27 mars 2009, pp. 1–9.
- Eric Filiol et Jean-Paul Fizaine. *OpenOffice Security Design Weaknesses*, Black Hat Europe 2009, Amsterdam, 17 avril 2009. L'article et les slides sont disponibles sur <http://www.blackhat.com/html/bh-europe-09/bh-eu-09-archives.html>
- Anthony Desnos, Eric Filiol, Ivan Lefou. *Detection of a HVM rootkit (aka BluePill-like)*. In Actes de la conférence EICAR 2009, Berlin, pp. 105–133.
- Eric Filiol. *Operational Aspects of cyberwarfare of cyber-terrorist attacks : what a truly devastating attack could do*. In Proceedings of the 8th European Conference on Information Warfare and Security 2009, Lisbon, Portugal, 6-7 juillet 2009, pp. 71–79.
- Mickaël Salaün. *Practical Overview of a Xen Covert Channel*. In Actes de la conférence EICAR 2009, Berlin, mai 2009, pp. 67–86.
- Grégoire Jacob. *Functional Polymorphic Engines : Formalization, Implementation and Use Cases*. Conférence iAWACS 2009, Laval, octobre 2009, http://www.esiea-recherche.eu/iawacs_2009.html
- Grégoire Jacob (avec H. debar et E. Filiol). *Malware Behavioural Detection by Attribute-Automata Using Abstraction from Platform and Language*. In Proceedings of the 12th International Symposium on Recent Advances in Intrusion Detection (RAID'09), Lecture Notes in Computer Science 5758, pp. 81–100, Springer Verlag, 2009.

Conférences internationales avec comité de sélection sans actes

- Adrien Derock. *HVM Virtual Machine Monitor, a Powerful Concept for Forensics and Antiforensics*. Conférence Hack.lu 2009, Luxembourg, octobre 2009, <http://2009.hack.lu>
- Anthony Desnos et Eric Filiol. *iAWACS2009 AV Content Technical Debrief*, Hack.lu 2009, lightning talk, Luxembourg, octobre 2009, <http://2009.hack.lu>
- Eric Filiol (avec D. Reynaud-Plantey, P. Beaucamp et J.-Y. Marion). *On the Impact of Malware on Internet Voting*. 1st Luxembourg Day on Security and Reliability, 10 février 2009, Luxembourg, <http://p1day09.uni.lu/program.html>
- Eric Filiol. *How to plan, launch and conduct cyberattacks*. Brucon Security Conference 2009, Bruxelles, Belgique, 18 septembre 2009, slides disponibles sur <http://www.brucon.org>
- Eric Filiol et Eddy Deligne. *Perseus : a Coding Theory-based Firefox Plug-in to Counter Bot-net Activity*. Conférence Hack.lu 2009, Luxembourg, octobre 2009, <http://2009.hack.lu>

- Eric Filiol. *Analyzing Word and Excel Encryption - An Operational Solution*. PacSec 2009 Hacking Conference, Tokyo, Japon, 3–5 novembre 2009, <http://pacsec.jp>.

Rapports de recherche et preprints

- Grégoire Jacob, Eric Filiol et Hervé Debar. *Formalization of Malware Through Process Calculi*. Preprint déposé sur le site *arXiv.org*, numéro arXiv : 0902.0469. Accepté pour publication lors de la conférence WAIS 2010 en Pologne.
- Grégoire Jacob, Hervé Debar et Eric Filiol. *Malware Detection Using Attribute-automata to Parse Abstract Behavioural Description*. Preprint déposé sur le site *arXiv.org*, numéro arXiv : 0902.0322. Accepté pour publication lors de la conférence RAID'09.

Le laboratoire $(C + V)^O$ dans la presse

L'année 2009 a été très riche du point de vue des média tant de la presse écrite, qu'audio-visuelle, en France et à l'étranger. Plus d'une centaine d'articles, émissions, podcast...ont été répertoriés. Les principaux sont :

- Article Journal le Monde du 01/01/2009, Catherine Vincent, *Internet : l'impossible sécurité du réseau mondial*.
- Reportage FR3 National, samedi 16 mai 2009 (deux diffusions lors du 12/13 et du 19/20).
- Article 01net.Pro, 09/06/2009, Gilbert Kallenborn, *Simuler les virus pour mieux les combattre*.
- Article Ouest France du 23/10/2009, Alan Nagard, *Leur ennemi : les virus informatiques*.
- Article Ouest France du 26/10/2009, Noëlle Cousinié, *Des experts plus forts que les pirates du Net*.
- Interview France Inter du 27/10/2009 (journal de 8h de Fabrice Drouelle).
- Article Courrier de la Mayenne du 29/10/2009, *La sécurité informatique remise en questions*.
- Interview Radio Suisse Romande du 30/10/2009 (journal de 7h).
- Reportage FR3 National, lundi 23 novembre 2009 (diffusion à 19h49).
- Emission Radio France International, 200 décembre 2009, *Comment lutter contre la cybercriminalité ?*, émission Microméga, animée par Patrick Chompret et Dominique Desauay.

Merci également à Aujourd'hui en France, Le Parisien, Le Figaro, Micro Hebdo, 01 Informatique, L'Est Républicain, GlobalSecurityMag, Programmez.com, solutions-logiciels.com, channelbp.com,

mar-securs.com, ITRNews.com, ITChannel.info, lavienumerique.com, animasoft.net, fr.news.yahoo.com, lepoint.fr, informaticien.be, generation-nt.com, echosdunet.net, journaldunet.com, lemagit.fr, lelectronique.com, silicon.fr, IT Espresso.fr, 20minutes.ch, 20minutes.fr, express.be, zdnet.fr, lexpansion.com, futura-sciences.com. . . et à tous ceux qui involontairement auraient été oubliés.

Productions logicielles

Deux outils ont été développés par le laboratoire en 2009.

- Module Firefox *Perseus* dédié à la protection des communications (protocole HTTP). Ce module disponible sur le site de Mozilla. Toutes les informations utiles (description, code source, binaires d'installation Linux, Windows et Mac) sont disponibles ici <http://www.esiea-recherche.eu/perseus.html>. Cet outil a été présenté lors de la conférence Hack.lu 2009 (<http://2009.hack.lu>).
- Librairie *ParaCry* permettant une cryptanalyse des systèmes de chiffrement de type flot (flot ou bloc émulant du flot) lorsqu'ils sont mal utilisés ou implémentés. Cette librairie (non publique à ce jour) a été présentée lors de la conférence PacSec 2009 au Japon. Elle devrait être rendue publique en 2010.

Activités scientifiques diverses

Participation à des jurys de thèses

- Thèse de Vlasti Broucek, « *Forensic Computing : Exploring Paradoxes. An Investigation into Challenges of Digital Evidence and Implications for Emerging Responses to Criminal, Illegal and Inappropriate on-line Behaviours* ». University of Tasmania, Australie (Eric Filiol, rapporteur), novembre 2009.
- Thèse d'Aurélien Francillon, « *Attacking and Protecting Constrained Embedded Systems from Control Flow Attacks* ». Institut Polytechnique de Grenoble/INRIA Rhône-Alpes, 7 octobre 2009 (Eric Filiol, examinateur).
- HDR de Vincent Nicomette, « *La protection des systèmes informatiques vis-à-vis des malveillances* ». Institut National Polytechnique de Toulouse, 19 novembre 2009 (Eric Filiol, examinateur).
- HDR de Radu State, « *Advanced Security Monitoring and Assessment* ». Université de Nancy/Loria, 7 décembre 2009 (Eric Filiol, examinateur).

Participation à des projets

- Participation au projet ANR-PRD-080124-03-01 intitulé *ARA SSIA Virus*, piloté par le Loria. Le rapport final a été remis en avril 2009.

Organisation de conférences internationales

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

- EICAR 2009 (Berlin, Allemagne) : présidence du comité de programme (*Program chair*).
- iAWACS 2009 (Laval, France) : présidence du comité de programme (*Program chair*).
- N2S'09 (France) : participation au comité de programme.
- IEEE-WIFS'09 : participation au comité de programme.
- MALWARE'09 (USA) : participation au comité de programme.
- IEEE ISIT 2009 : participation au comité de programme.
- Organisateur du challenge de cryptanalyse lors de la conférence Hack.lu 2009. Site officiel : <http://2009.hack.lu/index.php/CryptoChallenge>.

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. La revue est indexée par les plus grandes bases scientifiques.
- Eric Filiol est le Directeur scientifique du *European Institute of Computer Antivirus Research*, Munich, Allemagne.
- Eric Filiol est membre du conseil scientifique du CCSTI Laval (musée des sciences de Laval).

Contrats et transferts technologiques 2009

- Contrat DCNS RMS-0476 sur l'analyse complète de sécurité du logiciel antivirus Clamav.
- Contrat DCNS RMS-0658 sur la protection des logiciels. Projet Confidentiel. Une partie de ce contrat concernait l'étude de faisabilité, la création d'un prototype et le transfert technologique d'une solution physique modulable de sécurisation des clefs USB (lutte contre les infections venant de l'extérieur et lutte contre la fuite de données sensibles internes). Un prototype a été réalisé avec l'aide de Pierre Lefat de l'ESIEA Laval et quelques



FIG. 28 – Prototype SECUSB fabriqué par la société AXIS

exemplaires ont été fabriqués par la société AXIS Electronique de Changé-les-Laval (<http://axis-electronique.com>) qui assurera la production de futures unités en fonction des demandes.

La seconde partie du contrat (confidentielles) fait également l'objet d'une demande de dépôt de brevet DCNS/ESIEA.

Ces prototypes vont être testés et déployés à titre expérimental sur la base militaire d'Abu Dhabi. En 2010, une solution logicielle complémentaire (chiffrement et firewall usb) sera développée par le laboratoire en liaison avec DCNS.