

SOMMAIRE

Vision et perspectives..... p. 3
 Édito..... p. 4

ORGANISATION

Digiteo, fer de lance du Campus de Saclay..... p. 6
 Chiffres clés 2009..... p. 7
 Les acteurs du réseau..... p. 8
 De nouveaux bâtiments pour la recherche en STIC..... p. 9
 Comités et conseils..... p. 10

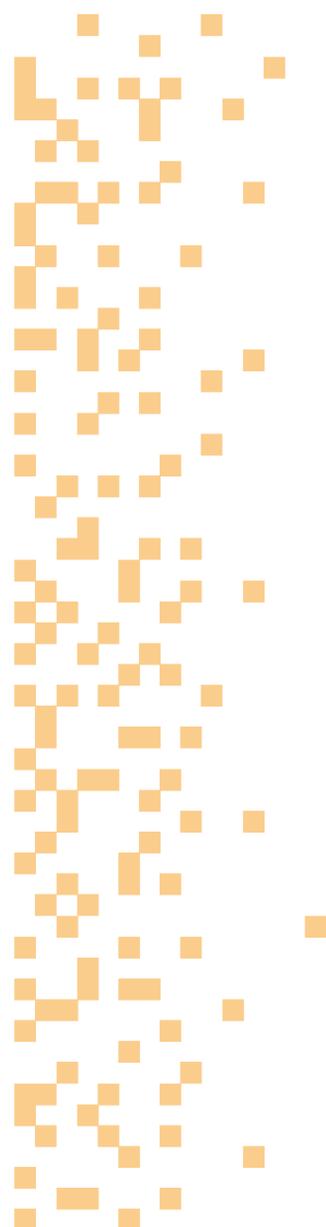
VUE D'ENSEMBLE

Panorama des activités..... p. 12
 Une ouverture consolidée..... p. 14
 L'essentiel de l'année 2009..... p. 16

ACTIVITÉS

Thèmes principaux..... p.18
 Logiciel..... p. 18
 Modélisation et simulation..... p. 22
 Architectures de calcul..... p. 24
 Systèmes de détection, capteurs..... p. 26
 Contrôle, commande et aide à la décision..... p. 28
 Interaction, visualisation et réalité virtuelle..... p. 30
Thèmes transversaux..... p.32
Thèmes exploratoires..... p.36

Composition des comités et conseils..... p. 38
 Le plateau de Saclay, territoire du réseau Digiteo..... p. 39



Digiteo : Les Algorithmes – Bâtiment Euripide – Route de l'Orme des Merisiers – 91190 Saint-Aubin – Coordination : Sophie Palès. Iconographie : Aurélie Bourrat. Digiteo remercie toutes les personnes ayant contribué à l'élaboration de ce document. Crédits photo : couverture : Jim Wallace/INRIA ; Digiteo/JL Ginolin ; Behnisch Architekten ; OIN ; Caroline Appert / In Situ ; CEA LIST ; p. 3 / Caroline Appert / In Situ ; p. 6 / OIN ; p. 9 / Behnisch Architekten – Portrait : Sarah Cohen ; p. 13 / Eric Walter ; p. 14 / Susanne Jehle ; p. 15 / Scilab – Portrait : Scilab ; p. 16 / Digiteo/JL Ginolin ; p. 18 / Carsten Sinz (université de Karlsruhe, Allemagne) – Portrait : Benjamin Smith ; p. 20 / Jean-Michel Morel – Portrait : Chantal Reynaud ; p. 22 / Portrait : Pierre Bourdet ; p. 23 / Yann Fraigneau (LIMS-CNRS UPR-3251) ; p. 24 / CEA LIST ; p. 25 / Lionel Lacassagne ; p. 27 / CEA, THALES ; p. 28 / Alstom ; p. 29 / Portrait : EDF ; Philippe Laviolle / EP ; p. 31 / Caroline Appert / In Situ, LIMS-CNRS 2010 ; Digiteo/JL Ginolin ; p. 33 / Patrick Gripe/CEA – Portrait : Mireille Régner ; p. 35 / EADS Astrium ; p. 36 / Philippe Laviolle / EP – Portrait : André Chailloux. Conception-réalisation : meanings (rédaction : Elisabeth Benoualid) – Juin 2010.

VISION & PERSPECTIVES

DE NOUVELLES ÉQUIPES POUR RENFORCER LES COMPÉTENCES DU RÉSEAU

Digiteo est le premier réseau de recherche en France dédié aux sciences et technologies de l'information et de la communication (STIC). Composé d'acteurs majeurs de l'enseignement et de la recherche, il poursuit son essor en 2009, avec l'arrivée d'autres entités à forte notoriété. C'est le cas de l'Institut Télécom, dont l'adhésion a été approuvée lors du conseil d'administration de novembre 2009. La conception et le développement de systèmes à forte composante logicielle constituent le cœur de l'activité de recherche scientifique et technologique de Digiteo. Facteur de compétitivité à l'échelle mondiale, le réseau développe des technologies génératrices de progrès en santé, développement durable, sécurité ainsi que dans de nombreux autres domaines. Digiteo se distingue également par la pluridisciplinarité de ses membres et par les synergies créées entre ses établissements, grâce à la réunion, en un même lieu, de la recherche fondamentale et technologique et du tissu industriel de haute technologie. Le réseau est ainsi apte à lancer des projets transverses, comme ce fut le cas pour Roboteo en 2009 (voir pages 32-33). Enfin, Digiteo s'attache à favoriser les innovations et à faciliter le transfert de technologie vers l'industrie.

UN RÉSEAU AUX BASES SOLIDES

En 2009, le réseau compte 2 200 scientifiques répartis dans 9 établissements, soit 400 de plus qu'en 2008. La Fondation de Coopération Scientifique Digiteo – Triangle de la Physique constitue la structure juridique du réseau. C'est aussi elle qui a été désignée pour porter le projet du Campus de Saclay.

DES ALLIANCES FONDATRICES

Dès les premiers pas de Digiteo, les collectivités territoriales (Région Île-de-France, conseil général de l'Essonne, communauté d'agglomération du plateau de Saclay) ont marqué leur intérêt pour ce réseau, en lui apportant un important soutien, notamment dans le projet de construction de nouveaux bâtiments. De même, la Région Île-de-France encourage les programmes de recherche de Digiteo dans le cadre du domaine d'intérêt majeur « logiciels et systèmes complexes » (DIM LSC). Enfin, le réseau assume un rôle de premier plan au sein du pôle de compétitivité mondial SYSTEM@TIC PARIS-REGION, spécialisé dans la maîtrise des systèmes complexes. La convention de partenariat privilégié, signée au mois de juin entre les deux entités lors de la convention SYSTEM@TIC, représente un tremplin pour une coopération plus intense entre recherche et industrie.

UN DÉVELOPPEMENT CONSTANT Tourné vers l'excellence

Digiteo entend bien prendre part à la compétition mondiale, de plus en plus intense, dans les domaines de la formation supérieure, de la recherche et de l'innovation. Pour réussir à rejoindre les premiers rangs, le réseau peut compter sur ses atouts discriminants : l'implication de ses membres, et leur capacité à mobiliser leurs chercheurs sur des projets à haute valeur technologique, la puissance des collaborations internes et la présence, en Île-de-France, d'industriels leaders mondiaux désireux de s'emparer des innovations pour leur donner vie sur leurs marchés. À cette fin, Digiteo s'est fixé comme objectif d'inscrire sur le long terme une vision scientifique partagée, en utilisant plusieurs leviers : poursuivre la dynamique des partenariats internes entre les établissements du réseau et externes avec le monde de l'industrie, mettre l'accent sur la valorisation et le transfert technologique et, enfin, attirer les meilleurs chercheurs internationaux d'aujourd'hui, ainsi que les scientifiques de demain, grâce à la présence de formations de haut niveau.

Le réseau assume un rôle de premier plan au sein du pôle de compétitivité mondial SYSTEM@TIC.



La plate-forme WILD, composée de 32 écrans LCD, est le plus grand mur d'images interactif au monde.

UNE DIMENSION INTERNATIONALE AFFIRMÉE

Véritable concentrateur de talents sur un même site géographique, Digiteo multiplie les initiatives pour accroître son rayonnement au niveau mondial. Ainsi, le réseau est membre de la communauté de la connaissance et de l'innovation EIT ICT Labs⁽¹⁾, sélectionnée en décembre 2009 par l'Institut européen de technologie et d'innovation (EIT)⁽²⁾. Digiteo est également partie prenante du projet FITT⁽³⁾, le premier projet européen sur le transfert de technologie spécifique aux STIC. Enfin, en 2009, le réseau a mis en place trois séminaires. Ces conférences scientifiques d'actualité, sur des sujets tels que la vérification

et la certification de logiciels ou encore l'interaction humain-machine ont été animées par des scientifiques de renom. ■

(1) Information and communication technology.
 (2) European Institute of Innovation and Technology.
 (3) Fostering Interregional exchange in ICT Technology Transfer.



// Digiteo peut revendiquer son statut de centre d'excellence."

3 QUESTIONS À... MAURICE ROBIN, directeur de Digiteo

Comment qualifiez-vous l'année 2009 pour Digiteo ?

Elle est marquée par l'énergie et le dynamisme d'un projet collectif qui a gagné en ampleur et en notoriété. Pour sa troisième année en tant que réseau formalisé, Digiteo peut revendiquer son statut de centre d'excellence, dont la reconnaissance européenne et internationale ne cesse de s'amplifier. Nous avons augmenté le nombre de nos projets de recherche, nos chaires, nos journées scientifiques, nos séminaires et nous avons marqué des avancées notables dans des projets à visée européenne impliquant des partenaires externes.

Quels sont les événements marquants de cette dernière année ?

Nous avons été rejoints par l'Institut Télécom, juste avant la fin de 2009. C'est une nouvelle de taille, car cet important établissement d'enseignement supérieur et de recherche œuvre dans nos domaines scientifiques et il renforce considérablement le « poids » du réseau en communication. Les chercheurs du réseau ont remporté de nombreux prix et récompenses, ce qui conforte notre positionnement et nous encourage à poursuivre nos efforts. Notre premier grand projet transversal, Roboteo, basé sur la création d'une plate-forme qui servira de support aux travaux de recherche dans le domaine de la robotique, est lancé. Nous accentuons notre partenariat avec le pôle de compétitivité SYSTEM@TIC PARIS-REGION, notamment pour affiner le projet de création du Campus de Saclay et sommes toujours responsables du DIM (domaine d'intérêt majeur) « logiciels et systèmes complexes » de la Région Île-de-France, avec une nouvelle organisation ouverte sur de nouveaux partenariats. Enfin, Digiteo est membre de la proposition EIT ICT Labs (www.eitclabs.eu) sélectionnée par l'EIT (European institute of innovation and technology), au terme d'une rude compétition. C'est un projet passionnant, car tout reste à inventer.

Quelle est votre ambition pour 2010 ?

En 2009, l'État a affirmé son soutien à la proposition de créer le Campus Paris-Saclay. C'est d'ailleurs dans ce cadre que l'Institut Télécom a intégré le réseau. D'autres établissements devraient suivre son exemple. Nous comptons sur cette notion de campus d'excellence pour disposer de ressources supplémentaires, au titre du « grand emprunt ». Cela nous permettra de donner un coup d'accélérateur à nos opérations de valorisation mutualisée, qui préfigurent des actions envisagées sur le Campus. Par ailleurs, nous voulons continuer à initier et à porter des projets transverses plus importants. Enfin, cette année verra le démarrage des travaux pour nos futurs bâtiments, que tous les chercheurs sont impatients d'utiliser. —

Organisation

Digiteo, fer de lance du Campus de Saclay

Le « projet de développement scientifique du plateau de Saclay » a été sélectionné par l'État en 2009 dans le cadre de l'opération Campus du plateau de Saclay. Digiteo, qui est chronologiquement le premier projet collectif du plateau, compte sur cette opportunité pour densifier ses interactions avec des domaines disciplinaires complémentaires.

Une mobilisation exemplaire

Il aura fallu seulement huit mois aux 23 signataires, dont deux PRES (Pôles de recherche et d'enseignement supérieur), pour construire ce projet d'envergure. La Fondation Digiteo-Triangle de la Physique a modifié ses statuts en 2009 pour y intégrer les nouvelles activités dédiées au Campus et porter le projet. Paul Vialle préside le conseil d'administration de la Fondation et le consortium qui regroupe l'ensemble des signataires.

L'État a labellisé ce projet et a décidé de lui attribuer 850 millions d'euros au titre du plan Campus. Par ailleurs, en 2010, un milliard d'euros supplémentaire a été attribué au Campus, dans le cadre de l'emprunt national, pour créer un pôle scientifique, économique et technologique. Enfin, la Région Île-de-France et les collectivités locales ont annoncé leur soutien au projet et participent à son financement.

Un projet prometteur

L'objectif est de faire du Campus de Saclay l'un des dix meilleurs du monde et de valoriser les résultats de ses recherches pour des applications dans l'industrie. En 2015, le Campus accueillera

près de 20 000 chercheurs ou enseignants chercheurs, autour de douze domaines. Le Campus s'attachera à privilégier une approche pluridisciplinaire et, tel que le souhaite le directeur de Digiteo Maurice Robin : « dans l'état actuel des réflexions, le modèle de Digiteo a toutes les chances d'inspirer d'autres domaines pour structurer l'ensemble du plateau. »

Digiteo, porteur du projet STIC sur le Campus Paris-Saclay

L'effectif des scientifiques de Digiteo devrait passer de 1 300 à 2 200. Ils seront regroupés sur trois sites. Les synergies, déjà à l'œuvre dans les projets de recherche

Une nouvelle collaboration

Entre les STIC et le domaine de l'Énergie, il existe de nombreux sujets communs. C'est pourquoi Digiteo et le PCEE (Pôle climat-énergie-environnement), nouvellement créé sur le plateau de Saclay, ont organisé le 26 novembre 2009 une journée scientifique sur les réseaux électriques intelligents et les sources décentralisées. Issu de cette collaboration, le groupe de travail Electreo a ainsi été constitué pour proposer des actions de recherche mixtes STIC-Énergie.

de Digiteo, devraient ainsi largement s'étoffer et permettre au réseau d'acquiescer une nouvelle dimension sur les thématiques des réseaux de communication, de l'Internet du futur, de la mobilité, et renforceront l'expertise des membres du

réseau dans les domaines du logiciel et de l'intégration des systèmes. Enfin, grâce au partenariat avec SYSTEM@TIC PARIS-RÉGION, le futur cluster améliorera encore la fluidité entre formation, recherche et innovation. ■



▲ Entre 2012 et 2018, le Campus Paris-Saclay rapprochera progressivement 20 000 chercheurs, 30 000 étudiants et de nombreuses entreprises.

CHIFFRES CLÉS 2009

175 projets

acceptés dans des appels d'offres nationaux ou internationaux

2 200

scientifiques,

dont plus de 700 doctorants

250
post-docs

77 brevets

et logiciels déposés (dont un inventeur ou auteur est membre de Digiteo)

55 licences

de brevets et logiciels concédés

2 600 publications

Prix et distinctions

Quelques scientifiques distingués en 2009 pour des avancées remarquables ou pour l'ensemble de leur carrière :

- ▶ **Gérard Huet**, chercheur à l'INRIA, a reçu le *EATCS Award* de l'*European association of theoretical computer science*.
- ▶ **Elena-Véronica Belmega**, doctorante au LSS (Université Paris-Sud 11 / Supélec), a reçu la bourse L'Oréal « Pour les femmes et la science » pour ses travaux sur la théorie des jeux appliquée aux réseaux sans fil.
- ▶ **Francis Bach**, de l'INRIA, est lauréat d'une bourse (*Starting Grant*) de l'*European Research Council*.
- ▶ **Gilles Adda**, ingénieur de recherche au CNRS-LIMSI, a reçu le Cristal du CNRS pour ses travaux qui concernent principalement la mise au point de modèles de langage pour le traitement de la parole et du langage naturel.
- ▶ **Olivier Bouissou** a reçu le prix de thèse Gilles Kahn, décerné par Specif et patronné par l'Académie des Sciences, pour sa thèse « Analyse statique par interprétation abstraite de systèmes hybrides », effectuée à l'École Polytechnique sous la direction d'Éric Goubault et de Matthieu Martel.
- ▶ **Alexis Saurin**, doctorant, a reçu le prix de thèse ASTI 2009 et le prix de thèse de l'École Polytechnique pour sa thèse intitulée « Une étude logique du contrôle (appliquée à la programmation fonctionnelle et logique) », menée au LIX (équipe Parsifal) sous la direction de Dale Miller.

6 entreprises créées ou en cours de création

- ▶ **Structure Computation** (exploitation du logiciel MULTI pour des applications multidomaines, multiéchelles et multirésolutions de la méthode LATIN).
- ▶ **EXTENDE** (évaluation non destructive) – www.extende.com⁽¹⁾
- ▶ **DIOTA SOFT** (bureau d'étude et de développement)⁽¹⁾ – www.diotasoft.com.
- ▶ **ARcure** (système de réalité augmentée pour le support aux opérations industrielles complexes) – www.arcure.net
- ▶ **Safia**, créée suite à l'OMTE FLUCTUAT (cf. p. 12).
- ▶ **AVISENS** (services multimédia à domicile pour les personnes âgées), issue de l'OMTE ICI – TV.

NB : les activités de valorisation ne visent pas seulement la création d'entreprise. Les collaborations avec des industriels peuvent prendre d'autres formes, comme la création d'un laboratoire commun avec la société Esterel Technologies (CEA/LRI – UPS-CNRS), qui est la suite de l'OMTE GATEL.

(1) Ces deux entreprises ont été primées dans la catégorie « Émergence » à l'occasion du Concours national de création d'entreprises 2009.

LES ACTEURS DU RÉSEAU

Les laboratoires de recherche sont le cœur du projet Digiteo. Ils participent à la formation des jeunes chercheurs au travers de six écoles doctorales.

Laboratoires des établissements fondateurs

- **Centre de mathématiques appliquées (CMAP)**
École Polytechnique – CNRS www.cmap.polytechnique.fr
- **Direction de l'énergie nucléaire CEA DEN** www.cea.fr/energie
- **Institut d'électronique fondamentale (IEF)** Département AXIS – Université Paris-Sud 11 – CNRS www.ief.u-psud.fr
- **INRIA Paris-Rocquencourt** www.inria.fr/rocquencourt
- **INRIA Saclay – Île-de-France** www.inria.fr/saclay
- **Laboratoire de génie électrique de Paris (LGEP)** Université Paris-Sud 11 – CNRS – Supélec www.lgep.supelec.fr
- **Laboratoire d'informatique de l'École Polytechnique (LIX)**
École Polytechnique – CNRS www.lix.polytechnique.fr
- **Laboratoire d'informatique pour la mécanique et les sciences de l'ingénieur (LIMSI)** Unité propre CNRS sous convention avec l'Université Paris-Sud 11 www.limsi.fr
- **Laboratoire d'intégration des systèmes et des technologies (LIST)** CEA DRT www.list.cea.fr
- **Laboratoire de mécanique des solides (LMS)**
École Polytechnique – CNRS www.lms.polytechnique.fr
- **Laboratoire de physique des interfaces et des couches minces (LPICM)** École Polytechnique – CNRS www.lpicm.polytechnique.fr
- **Laboratoire de recherche en informatique (LRI)**
Université Paris-Sud 11 – CNRS www.lri.fr
- **Laboratoire des signaux et systèmes (L2S)**
Supélec – CNRS – Université Paris-Sud 11 www.lss.supelec.fr
- **Supélec** (quatre départements : automatique, signaux et systèmes électroniques, informatique, télécommunications) www.supelec.fr

Laboratoires des établissements associés

- **Institut Farman** (cinq laboratoires : CMLA, LMT, LSV, LURPA, SATIE) École Normale Supérieure de Cachan (ENS Cachan) www.farman.ens-cachan.fr
- **Laboratoire énergétique moléculaire et macroscopique (EM2C)**
École Centrale Paris – CNRS www.em2c.ecp.fr
- **Laboratoire de génie industriel (LGI)**
École Centrale Paris www.lgi.ecp.fr
- **Laboratoire d'ingénierie des systèmes de Versailles (LISV)**
Université de Versailles Saint-Quentin (UVSQ) www.lisv.uvsq.fr
- **Laboratoire de mathématiques appliquées aux systèmes (MAS)**
École Centrale Paris www.mas.ecp.fr
- **Laboratoire mécanique des sols, structures et matériaux (MSSMat)** École Centrale Paris – CNRS www.mssmat.ecp.fr
- **Laboratoire de recherche en informatique de l'UVSQ (PRISM)**
UVSQ – CNRS www.prism.uvsq.fr
- **Laboratoire traitement et communication de l'information (LTCI)**⁽¹⁾ Télécom ParisTech – CNRS www.ltci.telecom-paristech.fr
- **Services répartis, architectures, modélisation, validation, administration des réseaux (SAMOVAR)**⁽¹⁾
Télécom Sudparis – CNRS www.samovar.it-sudparis.eu

Écoles doctorales

- **École doctorale « Sciences pour l'ingénieur » de l'École Centrale Paris** www.ecp.fr
- **École doctorale d'informatique de Paris-Sud 11** www.u-psud.fr
- **École doctorale « Sciences et technologies de l'information des télécommunications et des systèmes » de l'Université Paris-Sud 11 et Supélec** www.u-psud.fr/stits
- **École doctorale « Sciences pratiques » de l'École Normale Supérieure de Cachan** www.ens-cachan.fr/edsp
- **École doctorale de l'École Polytechnique** www.ecoledoctorale.polytechnique.fr
- **École doctorale « Société du futur » de l'Université de Versailles Saint-Quentin** www2.uvsq.fr

(1) Ces laboratoires ont rejoint Digiteo fin 2009. Leurs activités ne sont pas présentées ici.

De nouveaux bâtiments pour la recherche en STIC

La pose de la première pierre du PCRI, en octobre 2009, annonce le regroupement des équipes de Digiteo. Celui-ci représente la première étape du projet de construction de nouveaux bâtiments destinés à accueillir une grande partie des chercheurs du réseau.

Inauguration du PCRI

Le bâtiment PCRI résulte du Pôle commun de recherche en informatique, précurseur de Digiteo, qui avait été créé en 2002 par le CNRS, l'École Polytechnique, l'INRIA, et l'Université Paris-Sud 11. Les équipes de recherche concernées, principalement du LRI, devaient intégrer leur nouveau site, sur le plateau de Moulon, à la rentrée 2010.

Une proximité propice aux échanges entre chercheurs

En complément du PCRI, les équipes de Digiteo vont disposer de trois nouveaux bâtiments, à Saclay (en zone ouverte du CEA), à Moulon (à côté de Supélec, sur le site de l'université) et à Palaiseau. Né en 2005, ce projet vise à offrir près de 22000 m² d'infrastructures aux chercheurs et à les rapprocher des étudiants. Il a été lancé par les six membres fondateurs du réseau, et financé en grande partie par les collectivités (conseil régional d'Île-de-France, conseil général de l'Essonne et communauté d'agglomération du plateau de Saclay). Dessinés par le groupement d'architectes Behnisch (Stuttgart) et BRS (Paris), les bâtiments se caractérisent par une conception bioclimatique. Le projet de construction de chaque site est piloté par un

maître d'ouvrage (le CNRS pour le bâtiment de Moulon, le CEA pour le bâtiment de Saclay et l'INRIA pour le bâtiment de Palaiseau). Ces maîtres d'ouvrage coopèrent pour garantir l'homogénéité et la cohérence fonctionnelle et architecturale de l'ensemble. Comme le précise Jean-Louis Pierrey, maître d'ouvrage pour le CEA, « dans cette opération, tous les intervenants collaborent, à savoir les services techni-



▲ Un atrium central lumineux, moteur d'une circulation d'air naturelle, évite la mise en place d'une climatisation.

ques, commerciaux et financiers. C'est donc une occasion, pour ces services qui n'avaient pas de raison de se connaître, de travailler ensemble. Finalement, ce projet représente un tissage du Campus et des synergies à tous les niveaux ». En raison d'une réponse infructueuse, l'appel d'offres, lancé début 2009, a été reconduit en fin d'année et permettra de disposer des bâtiments fin 2011. ■

Interview



Sarah COHEN-BOULAKIA, maître de conférence au LRI dans l'équipe bio-informatique, et membre de l'équipe AMIB⁽¹⁾.

“Nous attendons avec impatience notre installation au PCRI.”

Comment appréhendez-vous votre futur emménagement au PCRI ?

Notre équipe regroupe des personnes du LRI, de l'INRIA et du LIX. Une proximité physique plus importante représente un atout indéniable.

Comment cette installation se prépare-t-elle ?

La commission locale du LRI, pilotée par Frédéric Magniez, se charge de l'organisation. Les responsables locaux de chaque équipe ont été consultés pour faire part de leurs attentes. Certaines équipes, dont la nôtre, vont intégrer

le bâtiment PCRI, d'autres nous rejoindront dès que le bâtiment Digiteo sera construit.

Quels seront les plus grands changements ?

Se croiser par hasard ou lors de rendez-vous formalisés, comme dans des séminaires communs, représente une opportunité pour générer de nouveaux projets collaboratifs. Nous disposerons de plus d'espace, de salles de travail modulaires et de salles de discussion. Nous serons plus près de certains de nos étudiants.

(1) Algorithmes et modèles pour la biologie intégrative.

COMITÉS ET CONSEILS

La gouvernance de Digiteo est confiée à un conseil d'administration, un conseil scientifique et à trois comités qui réunissent des représentants de ses établissements fondateurs. Ce fonctionnement illustre l'esprit collaboratif à l'œuvre dans le réseau, depuis déjà trois ans.

Le comité de pilotage

Présidé par Maurice Robin, il est l'organe exécutif de Digiteo et rassemble des représentants mandatés par les différents établissements. Au cours de réunions mensuelles, il élabore la stratégie de développement et met en œuvre les orientations générales approuvées par le **conseil d'administration**. Il décide des opérations communes, notamment celles financées sur ses fonds propres, sur proposition du **comité des programmes** et du **comité de valorisation**. Il examine l'état d'avancement des projets scientifiques.

Le comité de valorisation

Il regroupe, sous la présidence de Françoise Fabre, les représentants des structures de valorisation des établissements de Digiteo. Ce comité a pour mission la promotion du transfert de technologie entre le réseau et les entreprises. Il se réunit une à deux fois par mois pour échanger sur les opérations de valorisation des laboratoires, les bonnes pratiques à partager et les possibilités de promotion de l'offre technologique. Les décisions sont prises sur la base d'un consensus. Elles concernent les actions communes, telles que les bases de données pour les études technico-économiques, la valorisation du portefeuille de brevets de Digiteo, le projet européen FITT et surtout les OMTE.

Le comité des programmes

Placé sous la responsabilité de Marie-Claude Gaudel, il se réunit au moins huit fois par an. Il pilote, guide et évalue les activités scientifiques communes de Digiteo, pour donner un avis scientifique au **comité de pilotage**. À son actif également, l'organisation de journées de concertation entre équipes sur des sujets scientifiques précis, au nombre de neuf en 2009. Conformément à la demande du **conseil scientifique**, le comité des programmes favorise la mise en place de projets transversaux ambitieux, réalisés par les établissements fondateurs ou en partenariat avec des acteurs extérieurs, en organisant des groupes de travail, notamment en robotique, en systèmes hybrides, en bio-informatique et en réseaux. Enfin, le comité des programmes actualise régulièrement le programme scientifique de Digiteo. Assistent également au comité la présidente du comité de valorisation, le président du comité du DIM (www.dimlsc.fr) et le secrétaire général de la Fondation.

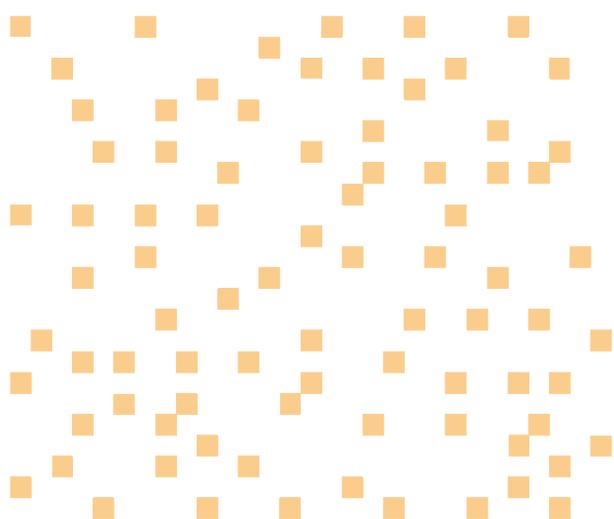


Le conseil scientifique

Ses membres sont des personnalités à la notoriété reconnue au sein de la communauté scientifique internationale en STIC; ils se réunissent une fois par an pour examiner les orientations générales pluriannuelles et le programme d'actions annuelles. Il émet un avis sur les orientations scientifiques et les activités de Digiteo.

Le conseil d'administration

Sous la présidence de Paul Vialle, le conseil d'administration approuve la stratégie de développement du réseau. Il délibère sur les actions administratives, budgétaires et financières de la Fondation Digiteo-Triangle de la Physique, la structure juridique du réseau. ■



Panorama des activités

La synergie des compétences et des ressources au service de l'efficacité

L'un des moyens d'actions de Digiteo pour atteindre ses objectifs scientifiques consiste à susciter puis à financer des actions communes : projets de recherche, chaires, programme « invités » et opérations de valorisation. En mutualisant les ressources et les compétences de ses membres, Digiteo utilise l'effet réseau pour gagner en efficacité. L'année 2009 atteste de nouveaux modes de sélection et de valorisation des projets ainsi que d'une augmentation des coopérations internationales.

Pour réaliser son ambition de devenir l'un des premiers centres mondiaux de recherche du secteur des STIC, Digiteo s'appuie sur des ressources financières diversifiées : un budget annuel de 7 millions d'euros, financé par les fondateurs et associés, l'État, la Région Île-de-France, les contrats de l'Agence nationale de la recherche (ANR), les fonds européens et certains partenaires. Ces crédits sont essentiellement consacrés aux actions communes, de plus en plus nombreuses en 2009.

L'appel à projets : un rendez-vous annuel devenu incontournable

La Région Île-de-France encourage financièrement le développement de programmes de recherches, sous le label domaine d'intérêt majeur (DIM). La mise en œuvre de l'un de ces DIM, « logiciels et systèmes

complexes » (LSC), a été confiée à Digiteo, dans le cadre d'une convention qui donne lieu à un appel à projets (AAP) annuel.

En 2009, le comité de sélection du DIM LSC, initialement formé par le comité des programmes de Digiteo, s'est élargi aux autres

établissements de recherche et d'enseignement supérieur de l'Île-de-France. Il fait appel à des experts en France (hors Île-de-France), ou à l'étranger, pour valider la pertinence des sujets choisis, en toute impartialité, sur des critères de qualité scientifique.

Ce comité de sélection est chargé d'attribuer les crédits de la Région. Digiteo est responsable de la gestion des projets : envoi des dossiers aux experts, vérification *a posteriori* et contrôle de l'utilisation des fonds. En 2009, 23 projets sur 64 soumis et 6 manifestations scientifiques ont été distingués.

Depuis l'an dernier, cet AAP sert également de base à la sélection des projets de recherche de Digiteo.

En effet, parmi les dossiers sélectionnés, ceux qui sont en adéquation avec les critères de Digiteo, et qui font intervenir plusieurs de ses établissements, sont éligibles au financement par le réseau.

FLUCTUAT ou l'envol d'une OMTE

Il s'agit d'un outil d'analyse statique axé sur la précision de calcul numérique des programmes embarqués. Sa finalité : corriger les erreurs d'arrondis. En effet, les calculs effectués par les ordinateurs ne sont pas exacts à 100%. La représentation des nombres réels implique qu'une erreur d'arrondi, même infime, peut être commise à chaque calcul. Or, ces approximations engendrent des bogues aux conséquences parfois graves, par exemple dans les secteurs de l'aérospatiale, de l'automobile, de l'aéronautique ou du nucléaire. FLUCTUAT détecte ces éventuelles erreurs de précision pendant les développements et la certification d'une application informatique. L'ingénieur-développeur de ce projet, Karim Tekkal, fait partie des lauréats du concours national d'aide à la création d'entreprises de technologies innovantes du ministère de la Recherche, Emergence, dans la catégorie informatique, logiciel et TIC. Il a donc reçu une subvention destinée à financer la phase de maturation de son projet. En voie d'être accepté dans l'incubateur public du plateau de Saclay, Incuballiance, FLUCTUAT est soutenu par une équipe spécialisée avec pour objectif la création d'une start-up.

Un pôle d'attraction pour les chercheurs étrangers

Autre domaine dans lequel Digiteo est fortement impliqué : les chaires d'excellence. Pour la deuxième année, le réseau poursuit et accentue une démarche centrée sur l'opportunité offerte à des chercheurs internationaux, juniors prometteurs et seniors reconnus, de monter leur équipe en France, en coopération avec leurs collègues de Digiteo.

28
CHERCHEURS
invités en 2009,
soit deux fois plus
qu'en 2008.
Chaque invité est
accueilli entre
1 et 5 mois.

Les chercheurs peuvent, selon les cas, occuper un poste à plein temps ou à temps partiel pendant 4 années maximum.

En parallèle, pour accroître sa notoriété internationale, Digiteo a augmenté le nombre de chercheurs invités. Les laboratoires de recherche disposent pour cela d'une enveloppe budgétaire destinée à attirer des scientifiques étrangers de haut niveau, pour de courtes durées. Ces mêmes laboratoires décident eux-mêmes du choix du chercheur, et doivent remettre un compte-rendu à la fin du programme.

C'est une autre façon d'étoffer les coopérations scientifiques entre les chercheurs de Digiteo et d'autres grands noms de la recherche mondiale.

Témoignage



Éric WALTER, directeur de recherche au CNRS et président du comité du DIM-LSC

“La Région Île-de-France a souhaité la création du DIM logiciels et systèmes complexes.”

À partir de 2005, l'Île-de-France a accru notablement son soutien à la recherche académique, qu'elle a structurée en définissant quatorze DIM, dont le DIM-LSC. L'effort financier représente près de deux millions d'euros annuels pour le DIM-LSC, dont la coordination administrative et financière est assurée par Digiteo. En 2009, la Région a souhaité la création d'un comité du DIM-LSC distinct du comité des programmes de Digiteo. Ce comité compte deux tiers de membres de Digiteo et un tiers de chercheurs et professeurs d'autres entités.

Il est en charge de la diffusion de l'appel à projets et de la gestion de ses résultats. Pour l'appel à projets 2010, nous avons reçu une soixantaine de propositions de projets de recherche scientifique et une dizaine de projets de conférences et colloques. Pour les évaluer, nous faisons appel à des experts hors Région Île-de-France. Le classement des projets et le choix des aspects financés se fondent sur une analyse et une discussion de leurs recommandations. Enfin, le financement est soumis au vote des élus de la Région.

Une maturation préalable à la valorisation

Le dispositif OMTE (opérations de maturation technico-économique), qui commence à faire ses preuves, continue sur sa lancée, avec de légères inflexions. Les OMTE sont des opérations originales de valorisation qui concernent des projets issus de laboratoires de Digiteo : ils bénéficient d'une dotation de 100 000 euros, pour un accompagnement complet de douze à dix-huit mois, en vue d'un transfert d'une technologie innovante, d'une collaboration avec un industriel, du dépôt d'un brevet, de la négociation d'une licence, ou encore de la création d'une start-up.

Un ingénieur-développeur participe, pendant un an, à la mise au point d'un démonstrateur pour établir la valeur du concept technologique. Un ingénieur marketing réalise une étude de marché pour évaluer le besoin et la concurrence, et analyser le potentiel économique des pro-

jets. Si nécessaire, des partenaires extérieurs sont sollicités. Un cabinet spécialisé réalise, si besoin est, une étude en propriété intellectuelle pour vérifier notamment la liberté d'exploitation.

EN BREF

2009 : 4 nouvelles chaires Digiteo

➤ **Vin de Silva** (Pomona College, États-Unis) – topologie computationnelle – soutien de l'INRIA-Saclay Île-de-France, du LIX et du CEA LIST.

➤ **Burkhard Wolff** (professeur à l'université de Paris-Sud 11) – les démonstrateurs de théorèmes et les outils de test de logiciels – avec des équipes du LRI et de l'INRIA-Saclay Île-de-France.

➤ **Hermann Ney** (professeur à RWTH Aachen) spécialiste du traitement du langage naturel par des méthodes-statistiques et de la reconnaissance de motifs – CNRS-LIMSI.

➤ **Pierre Hansen** (professeur à HEC Montréal) – méthodes de reformulation de problèmes – CEA LIST.

Véritable accélérateur de valorisation, le dispositif OMTE de Digiteo permet de passer de l'idée à sa réalisation dans le monde économique, avec une ligne directrice : le pragmatisme.

En 2009, le jury de sélection s'est ouvert à des participants extérieurs. Outre les membres du pôle SYSTEM@TIC PARIS-RÉGION et d'OSEO, il comprend aussi des industriels. Notons que l'évolution des OMTE n'est pas terminée, puisqu'en 2010, les projets issus d'un seul laboratoire pourront être candidats. Jusqu'à présent, sur neuf OMTE menées à terme, on compte quatre brevets déposés, trois dépôts APP⁽¹⁾ (droits d'auteurs pour les logiciels), trois projets de start-up, dont deux en incubation, trois partenariats avec des industriels, quatre autres en projet, et une centaine d'industriels rencontrés dans le cadre des études marketing.

(1) APP : Agence pour la protection des programmes.

Une ouverture consolidée

S'inscrire dans une ambition internationale

Le réseau multiplie les initiatives de partenariat à la hauteur de son ambition européenne et internationale. Il montre ainsi sa volonté d'étendre son action au-delà de ses propres projets. Illustration avec trois importantes opérations qui ont connu, en 2009, des avancées majeures : FITT, EIT ICT Labs et Scilab.



◀ Disponible sur GNU/Linux, Windows et Mac OS X, Scilab est la plate-forme libre et gratuite de calcul numérique qui fournit un puissant environnement de développement pour les applications scientifiques et l'ingénierie. Outil de coopération scientifique sans contraintes, la disponibilité du code source offre également un grand intérêt pour la recherche ou dans le cadre d'applications stratégiques.

FITT, des outils pertinents pour la valorisation

FITT (*Fostering Interregional exchange in ICT Technology Transfer*) est le premier projet européen sur le transfert de technologies de la recherche publique dédié aux STIC. Les partenaires travaillent sur la mise au point d'une boîte à outils des bonnes pratiques et des processus destinés à mieux structurer la valorisation dont l'un des premiers résultats est le soutien à la charte de propriété intellectuelle de Digiteo et des instituts Carnot. Pour Jean-Michel Le Roux, adjoint au directeur de la recherche et des relations industrielles de Supé-



lec et représentant de Digiteo au sein du projet FITT, « le résultat de cette confrontation des cultures est très intéressant et permet de bénéficier de différentes approches émanant de nos partenaires étrangers ». Par exemple, un processus conçu par les partenaires belges sert à identifier de manière claire des opportunités de marché pour les projets les plus prometteurs. En 2009, le projet FITT a gagné en visibilité et à présent, pour Bruno Cornette, responsable de la valorisation au Centre de Recherche Public Henri Tudor et coordinateur du projet, « il est

▲ Le projet européen aboutira en 2011 par la mise à disposition d'outils librement disponibles destinés à aider les acteurs du transfert technologique dans la valorisation des innovations issues de la recherche.

temps de passer à l'étape de validation pour expérimenter la robustesse de la boîte à outils, voire l'améliorer. Ensuite, il faudra disséminer les résultats pour attirer un maximum de personnes concernées par la valorisation ».

🌐 <http://www.fitt-for-innovation.eu/>

EIT ICT Labs : un projet gagnant pour le leadership de l'Europe en STIC

Le 17 décembre 2009, le projet EIT ICT Labs gagne la compétition de l'EIT, l'Institut européen d'innovation et de technologie. Il s'agit d'une communauté de la connaissance et de l'innovation (CCI), dont la principale mission consiste à encourager le rapprochement entre enseignement supérieur, recherche et innovation. Il bénéficie du soutien actif

de Digiteo, et des pôles de compétitivité SYSTEM@TIC PARIS RÉGION, Cap Digital, Images et Réseaux et Solutions Communicantes Sécurisées (SCS). Cette sélection représente un pas décisif pour accélérer le rythme de transformation des idées et technologies en produits, services et activités économiques. L'objectif est clair : développer une économie numérique apte à garantir la compétitivité de l'Europe, et lui permettre d'accéder au premier rang mondial. La feuille de route pour les années à venir et la structure opérationnelle d'EIT ICT labs seront définies au cours du premier semestre 2010.

EN BREF

EIT ICT Labs : quelle organisation ?

➤ EIT ICT Labs est organisé autour de cinq grands « nœuds » : Berlin, Eindhoven, Helsinki, Paris-Saclay et Stockholm. Le nœud français regroupe 7 partenaires principaux réunis sur le site de Paris-Saclay : Alcatel-Lucent, France Télécom-Orange, Thomson, INRIA, Université Pierre et Marie Curie Paris 6, Université Paris-Sud 11, Institut Télécom, et 7 partenaires affiliés, dont Digiteo et SYSTEM@TIC PARIS-REGION.

🌐 <http://www.eitictlabs.eu/>

🗣️ Témoignage



Claude GOMEZ,
directeur du consortium Scilab

“Scilab fait partie des logiciels recommandés par le ministère de l'Éducation.”

L'année 2009 a été riche en nouveautés pour le consortium Scilab : l'arrivée de nouveaux membres, comme le LRBA⁽¹⁾, la première conférence des utilisateurs, le Scilab Tec 09, la sélection pour être « organisation mentor » du Google Summer of Code et le lancement de la version 5.2.0.

Cette version intègre notre propre éditeur, notre système de management ATOMS pour télécharger des modules externes via Internet, et surtout la première version du module Xcos de Scilab avec une interface humain-machine conviviale qui permet un usage industriel.

Désormais, Scilab fait partie des logiciels recommandés par le ministère de l'Éducation pour un usage dans les lycées. Nous avons dépassé les 70 000 téléchargements par mois pour 80 pays.

🌐 <http://www.scilab.org/>

(1) LRBA : laboratoire de recherches balistiques et aérodynamiques (Direction générale de l'armement).

EN BREF

Les sept partenaires de FITT

➤ FITT réunit sept cellules spécialisées en valorisation, au sein des institutions suivantes : le Centre de Recherche Public Henri Tudor (Luxembourg), le MFG Baden-Württemberg Innovation Agency for ICT and Media (Allemagne), l'INRIA et Digiteo (France), IBBT (Belgique, région flamande), le réseau LIEU (Belgique, région wallonne) et l'Imperial College Business School (Grande-Bretagne).

L'ESSENTIEL DE L'ANNÉE 2009

Février

Adoption de la charte de propriété intellectuelle par les membres de Digiteo.

Mars

► Ben Shneiderman, professeur à l'Université du Maryland à College Park et chercheur invité par Digiteo à l'INRIA et au LRI, présente une conférence intitulée « *Information visualization for knowledge discovery* ».

► L'INRIA Saclay – Île-de-France et le LSV (CNRS et ENS CACHAN) créent l'équipe commune MEXCo, spécialisée dans le domaine de l'algorithmique, de la programmation et des logiciels et architectures. Elle mène ses travaux dans le but de mieux comprendre les systèmes distribués asynchrones et d'en améliorer la fiabilité.

Juin

► Dans le cadre de leurs recherches avec le CNES visant à établir des méthodes numériques rapides pour la résolution des équations d'Hamilton-Jacobi-Bellman, les chercheurs de l'INRIA développent un code numérique efficace pour optimiser la trajectoire du lanceur européen Ariane 5, avec une charge maximale et une contrainte structurelle sur la pression dynamique.

► Pour la 100^e édition du Salon international de l'aéronautique et de l'espace, l'INRIA présente des travaux contribuant au développement des positions mondiales de l'Aquitaine et de l'Île-de-France dans les domaines de l'aéronautique et de l'espace.

► Création d'un laboratoire commun de recherche en calcul intensif INRIA/Université de l'Illinois à Urbana Champaign.

Septembre

Lancement d'une nouvelle chaire en informatique INRIA/ENS Cachan. Stefan Schwoon, titulaire de cette chaire pour 5 ans, dirige les travaux qui portent sur la vérification automatique pour les systèmes concurrents (en particulier les réseaux de Petri) et les systèmes récursifs (à pile) et plus spécifiquement sur la conception d'algorithmes efficaces et le développement d'outils pour la vérification automatique.



▲ Forum Digiteo : au cours de la journée du 21 octobre 2009, les participants ont eu l'occasion de découvrir un panorama des activités du réseau pendant les séances plénières et les ateliers thématiques. L'espace d'exposition, avec 50 posters, reflète la diversité des thèmes de recherches abordés au sein du réseau.

Octobre

Digiteo organise son deuxième forum, une nouvelle occasion de présenter à la communauté scientifique et aux industriels des STIC les activités du réseau. L'édition 2009, dans le grand hall de l'École Polytechnique, rassemble 350 participants.

Novembre

C'est dans le cadre du Congrès international de l'électronique automobile (IAEC) qu'a été officiellement lancé le consortium « PharOS », dédié à la performance et à la sécurité de l'électronique automobile. Fondé par l'équipementier Delphi, le CEA LIST et la PME Geensys, le consortium vise à promouvoir le déploiement de la solution PharOS, afin de répondre au défi de la robustesse de l'électronique de sécurité, tout en maîtrisant l'intégration de fonctions et de compatibilités multiples avec les exigences d'Autosar, à un coût considérablement réduit.

Décembre

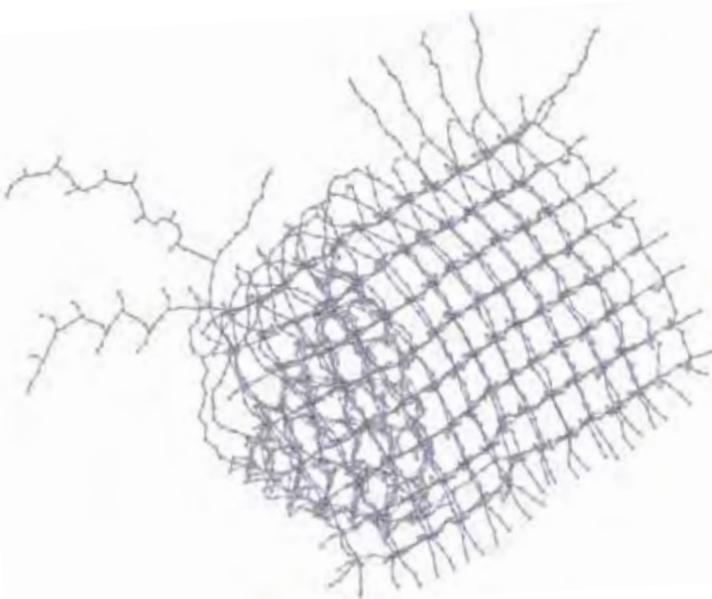
Sélection du projet de communauté de l'innovation et de la connaissance ICT Labs dans lequel Digiteo est partie prenante. ■ <http://www.eitictlabs.eu/>

Activités

Logiciel

Des outils indispensables pour analyser les systèmes complexes

En 2009, Digiteo a lancé et renforcé de nombreux projets de recherche dans le domaine du logiciel. Les travaux liés au calcul flottant et à la cryptologie ont connu de nombreuses avancées. Des chercheurs ont été distingués dans les domaines du traitement d'images, des problèmes SAT⁽¹⁾ ou encore des techniques de l'intelligence artificielle pour affiner les résultats de requêtes sur le Web.



▲ Mise en évidence des contraintes liant les variables propositionnelles d'un problème de factorisation de nombres entiers. Chaque famille de problèmes offre une représentation différente.

Les ordinateurs sont loin d'être infail- libles. En effet, les calculs numériques qu'ils effectuent peuvent comporter des erreurs : ils calculent en base 2, avec 53 chiffres de précision en général, ce qui n'est pas exhaustif et les conduit à « arrondir ». Ce résultat est un nombre en « notation scientifique », aussi appelé « virgule flottante ».

Au bout de plusieurs calculs, l'accumulation de petites approximations peut produire un résultat totalement ou partiellement faux. La plupart du temps, les résultats se compensent, mais il arrive qu'ils soient source de dangers. Ce fut par exemple le cas d'un antimissile américain, dont l'horloge interne ajoutait 0,1 seconde (valeur imprécise en base 2). Au bout de quelques jours, l'accumulation d'erreurs a conduit à un problème de fonctionnement, causant plusieurs décès.

Hiseo, vers une maîtrise des approximations du calcul flottant

Mené depuis 2008 par l'INRIA Saclay – Île-de-France, l'INRIA Paris-Rocquencourt et le CEA LIST, le projet Hiseo se penche sur « l'analyse statique et dynamique de programmes avec calculs en virgule flottante ». Pour mieux cerner la problématique, Sylvie Boldo, la responsable du projet Hiseo au sein de l'équipe Proval, donne un autre exemple : « les processeurs internes les plus répandus calculent en donnant un résultat sur 64 bits ou sur 80 bits. Ce n'est pas l'utilisateur qui décide, mais le compilateur. Or, selon l'option choisie par le compilateur, le résultat diffère. À ce moment, il est possible soit de vérifier quelle est cette option, soit de tenir simplement compte de l'existence des deux options, pour répondre à la question : le résultat obtenu est-il à peu près

juste ou pas du tout ? ». Autrement dit, Hiseo cherche à tenir compte des problématiques d'erreurs causées par la compilation et par le processeur, qui ne sont pas maîtrisables pour contrôler la qualité de ces approximations. Le rôle du compilateur est de traduire un code source, écrit dans un langage de programmation, en langage machine. Ces problématiques font l'objet de la thèse soutenue en 2009 par Thi Minh Tuyen Nguyen, sous la direction de Sylvie Boldo et Claude Marché, intitulée : *Éviter les quet-apens des compilateurs : preuves formelles de programmes avec nombres flottants*. Une partie de ce travail, qui consiste à borner l'erreur de calcul, quel que soit le choix du compilateur, fera l'objet en avril 2010 de la parution d'un article au *Second NASA Formal Methods Symposium* (Washington).

Le projet Hiseo concerne également un autre axe de recherche : l'analyse statique et dynamique de l'assembleur (le langage de l'ordinateur) généré par la compilation. Cet aspect intéresse d'ailleurs fortement les industriels, mais est loin d'être finalisé.

Sylvie Boldo entrevoit déjà les conséquences des résultats de recherche d'Hiseo pour les industriels : « Nous allons prouver des choses qui seront moins précises mais correctes dans

EN BREF

La norme IEEE 754

► Cette norme est un standard de représentation des nombres à virgule flottante en langage binaire. La sémantique précise définie par cette norme n'est pas respectée en détail par les compilateurs. Il est donc difficile de se fier complètement aux analyses au niveau du code source.

absolument tous les cas. Une fois que nous aurons également prouvé l'assembleur, nous pourrions, à la manière de ce qui se passe en statistique, donner des résultats avec des marges d'er-

reur justes ». Les applications visées par Hiseo s'adressent particulièrement aux programmes embarqués, dans l'avionique, le nucléaire ou l'automobile, par exemple.

Interview



Benjamin SMITH, chercheur dans l'équipe TANC⁽¹⁾

« Notre travail sur le cassage des cryptosystèmes permet d'analyser la confidentialité et la sécurité des communications sur Internet. »

À quoi sert un cryptosystème ?

Il sert à garantir l'intégrité, la confidentialité, et authentifie les messages transitant par les canaux de communication, par exemple sur Internet. Il faut des mécanismes pour vérifier l'identité d'un interlocuteur et pour établir des transactions fiables, notamment pour le commerce électronique. Grâce aux mathématiques, nous pouvons établir cette confiance.

Quel est votre sujet de recherche ?

Notre travail porte sur la cryptanalyse, ou étude des faiblesses potentielles de cryptosystèmes basés sur des courbes en genre 3. Théoriquement, les cryptosystèmes peuvent tous être cassés mais ce n'est pas faisable avec les moyens de calcul actuels. Toutefois, certains présentent des faiblesses que nous cherchons à identifier.

Que signifient les courbes en genre 3 ?

Au cours des 25 dernières années, les chercheurs ont tenté de travailler sur des courbes. À la place d'une équation, on cherche une relation entre des points sur une courbe. Les courbes sont classées par genre : celles de genre 1 sont des courbes elliptiques, le standard en cryptologie. Nous avons essayé d'étudier des courbes de genre plus élevé, mais les courbes de genre trop élevé se sont révélées plus simples à casser. Les courbes de genre 3 apparaissent donc comme une bonne solution. Il y a deux sous-classes : les hyperelliptiques et les non hyperelliptiques, ces dernières n'étant pas assez sûres. Depuis deux ans, j'essaie d'attaquer les systèmes basés sur les courbes de genre 3 hyperelliptiques, en utilisant des méthodes mathématiques pour les déformer, transformant un cryptosystème difficile en un problème sur des courbes plus faciles.

(1) TANC est une équipe projet commune entre l'INRIA Saclay – Île-de-France, l'École Polytechnique et le CNRS.

Logiciel



▲ Une image analysée en ligne par l'algorithme LSD (Line segment detector) de Rafael Grompone. Cet algorithme extrait automatiquement les segments présents dans l'image.

... **FLUCTUAT et PASO : des impacts prometteurs pour deux outils sur les nombres flottants**
FLUCTUAT, un outil d'analyse statique, axé sur l'analyse de

programmes numériques, et en particulier sur leurs précisions de calcul, permet de comprendre les différences entre le calcul idéalisé (avec toutes les décimales) et un calcul implémenté avec les nombres flottants.

Comme le souligne Éric Goubault, responsable de l'équipe Modélisation et analyse de systèmes en interaction (MEASI), « nous avons essayé de caractériser, le plus précisément possible, cette perte de précision de calcul ».

Développé par le CEA LIST, FLUCTUAT a été soutenu par une OMTE Digiteo, ce qui a permis une maturation de l'outil et une amélioration de son utilisation pour l'analyse de programmes issus de systèmes critiques, dans les domaines de l'aéronautique, de l'espace et du nucléaire.

En 2009, Airbus, déjà utilisateur de FLUCTUAT, a annoncé dans une publication conjointe avec le CEA LIST son intention de l'utiliser de manière autonome pour la vérification des commandes de vol de ses avions. La même année, plusieurs publications autour de FLUCTUAT ont d'ailleurs été acceptées et présentées dans des enceintes internationales renommées.

Le deuxième projet sur le thème de l'analyse de programmes numériques, et du calcul flottant, PASO (Preuve analyse sta-

tique et optimisation) a pour partenaires le LIX, l'INRIA Saclay – Île-de-France, le CMAP, le L2S et le CEA LIST.

Il a pour objet la mise en commun de techniques venant de la preuve, de la sémantique et de l'optimisation, afin d'améliorer des outils tels que FLUCTUAT.

L'équipe de Jean-Michel Morel lauréate de l'ERC

L'ERC (European Research Council) a distingué les travaux de recherche de l'équipe de Jean-Michel Morel (CMLA, ENS Cachan/CNRS) sur les algorithmes mathématiques de traitement d'images en leur attribuant une dotation de 1,8 million d'euros.

« Les images envahissent tous les domaines de la vie scientifique, qu'elles soient produites par simulation numérique ou acquises par divers dispositifs. Toute activité scientifique est demandeuse de méthodes pour tirer le meilleur profit de ces images et les traiter automatiquement, car leur nombre explose », rappelle Jean-Michel Morel.

À titre d'exemple, un satellite observant la Terre produit des images immenses, au rythme de plusieurs par minute. Il est impossible pour les chercheurs de les regarder une par une. C'est aussi le cas dans d'autres domaines (astronomie, biologie, médecine...). La solution repose donc sur la mise au point de méthodes automatiques, destinées à améliorer la qualité des images et à en tirer toutes les informations possibles.

Les travaux de l'équipe de Jean-Michel Morel ont donné lieu à la création d'un nouveau journal de traitement d'images en ligne (IPOL, Image processing on line) qui diffuse des algorithmes de traitement ou d'analyse d'images mis à la disposition des chercheurs, pour être téléchargés, utilisés, mais aussi vérifiés directement. Il fonctionne comme un site de vérification en ligne : les images téléchargées par les chercheurs sont traitées automatiquement, et en direct, sur le site www.ipol.im.

La dotation de l'ERC permettra à Jean-Michel Morel d'engager quatre à cinq ingénieurs ou chercheurs.

EN BREF

Quelques publications sur FLUCTUAT en 2009

► Towards an Industrial Use of FLUCTUAT on Safety-Critical Avionics Software, Proceedings of 14th International Workshop on Formal Methods for Industrial Critical Systems FMICS'09. David Delmas, Éric Goubault, Sylvie Putot, Jean Souyris, Karim Tekkal and Franck Védrine, LNCS volume 5825, pp. 53-69.

► The Zonotope Abstract Domain Taylor1+, Proceedings of Computer Aided Verification CAV'09. Khalil Ghorbal, Éric Goubault and Sylvie Putot, Grenoble, France, LNCS volume 5649, pp. 627-633.

Interview

Chantal REYNAUD, équipe IASI (LRI)

“Nous proposons des méthodes de partitionnement spécifiques pour la tâche d'alignement d'ontologies”



Quel est le sujet de l'article pour lequel vous avez obtenu un prix en 2009 ?

L'équipe IASI, associée au projet Léo de l'INRIA Saclay Île-de-France, a gagné, en janvier 2009, le prix des journées francophones EGC (extraction et gestion des connaissances)

du meilleur article applicatif pour « Partitionnement d'ontologies pour le passage à l'échelle des techniques d'alignement ». Le travail décrit se situe dans le domaine de l'intelligence artificielle et des applications du Web sémantique. Ce dernier a pour objectif de permettre à des machines d'accéder aux informations du Web qui doivent pour cela être interprétables. Les ontologies (représentations de concepts de domaines d'applications) sont un des éléments pour y parvenir.

Quelle était la problématique à l'origine de votre recherche ?

Lorsque l'on veut interroger des sources qui ont chacune leur propre description de contenu, il faut établir des liens, des mises en correspondance entre ces descriptions, représentées à l'aide d'ontologies. Ce problème est connu sous le nom d'alignement d'ontologies; les chercheurs essaient de proposer des techniques pour générer des mises en correspondance automatiques. En cas d'ontologies de très grande taille comportant des dizaines de milliers de concepts, comme en médecine ou en agronomie, l'efficacité des techniques d'alignement existantes décroît en termes de temps d'exécution et de précision des résultats obtenus.

Quelle approche avez-vous choisi d'explorer ?

Nous découpons les ontologies en blocs afin de n'avoir à aligner que des blocs de taille raisonnable. Ce partitionnement consiste à trouver des sous-ensembles disjoints d'éléments sémantiques proches. Sans partitionnement, nous arrivions à aligner des ontologies de 3000 concepts en 5 heures. À présent, en couplant nos outils d'alignement et de partitionnement, nous arrivons à traiter plus de 30000 concepts.

Glucose, le démonstrateur SAT, récompensé par un prix prestigieux

Sacré meilleur SAT-Solveur au monde dans la catégorie « Instances industrielles, UNSAT » lors de la compétition internationale SAT en juillet 2009, le démonstrateur Glucose a été développé par le LRI et le CRIL (Lens). C'est la première fois qu'une équipe française remporte le premier prix dans cette catégorie. Laurent Simon, maître de conférences au LRI et membre du projet Léo, définit le problème SAT (pour satisfaisabilité) ainsi : « à partir d'une formule logique, composée de "ou", de "et" et de variables qui ne peuvent prendre qu'une valeur entre "vrai" et "faux", il faut déterminer si la formule peut être évaluée à "vrai" grâce à une affectation de ses variables ». On utilise généralement la « règle de résolution » dérivée du syllogisme bien connu : si A implique B et B implique C, alors on peut en déduire que A implique C. Ce raisonnement d'apparence

simple, associé à l'expressivité de cette logique, capture cependant toute la complexité d'un grand nombre de problèmes cruciaux, comme le cassage de codes de cryptographie, ou la vérification de circuits électroniques. Comme tous les démonstrateurs modernes, Glucose est orienté vers l'apprentissage à base de conflits : lorsqu'une solution partielle au problème fait apparaître un conflit entre les variables avant que l'ensemble des valeurs n'aient été trouvées, le démonstrateur essaie d'en comprendre la raison. La grande nouveauté de Glucose, c'est qu'il sait prédire quelles informations, nées de l'explication des conflits, sont pertinentes pour la suite des calculs. Glucose est soutenu par le projet ANR BLANC « UNLOC », dont l'un des buts est justement d'améliorer les performances des démonstrateurs actuels lorsque le problème initial n'a pas de solution (UNSAT).

Modélisation et simulation

Un enjeu majeur dans la conception de systèmes plus fiables

La modélisation et la simulation numérique permettent de diminuer le recours à l'expérimentation. C'est aussi un moyen d'accélérer l'optimisation de phénomènes physiques complexes. Digiteo a participé au développement de ce domaine, grâce à la nouvelle version du logiciel Monolix avec des applications en pharmacologie, au dépôt de quatre brevets dans le domaine de l'assemblage flexible et aux nouveautés du code CHORUS.

La nouvelle version 3.1 de Monolix (Modèles non linéaires à effets mixtes), logiciel de modélisation en pharmacologie de population, a été présentée au cours du « Monolix Day », le 16 novembre 2009.

Monolix, un projet fortement soutenu par l'industrie

Monolix permet de comprendre la variété des réponses face à un même traitement médical au sein d'une population. Marc Lavielle, directeur de recherche à l'INRIA Saclay – Île-de-France, en explique les atouts : « il comprend des algorithmes puissants d'estimation de paramètres, en rupture avec les logiciels existants. Ces algorithmes sont notamment utilisés pour modéliser la dynamique de l'hépatite C ou du VIH : Monolix apporte ici une vraie solution. Son interface graphique et sa convivialité sont aussi très appréciées par les utilisateurs ».

Interview



Pierre BOURDET, chercheur au LURPA⁽¹⁾

“Dans le cadre d'Innocampus-GRC, nous avons déposé quatre brevets dans le domaine de l'assemblage flexible.”

Que représente Innocampus-GRC ?

C'est une activité réalisée au sein d'un laboratoire commun, regroupant EADS-IW (*Innovation Works*) et le LURPA (ENS Cachan), baptisé « GRC (Groupe de recherche concerté) assemblage flexible ». Il porte sur les technologies d'assemblage et d'intégration de produits complexes.

Quels sont les sujets de vos travaux ?

La simulation numérique pour le réglage et l'assemblage de pièces flexibles sous contraintes (efforts et déplacements) pour des structures aéronautiques. Étant donné que ces structures sont souples et fabriquées avec des défauts géométriques, elles se déforment et sont soumises à des efforts. Notre objectif est d'aider à limiter les défauts, à faire les bons réglages et à placer les mesures au bon endroit

pour que les assemblages soient conformes à nos attentes. En amont, nous utilisons la simulation pour anticiper les éventuelles difficultés, et nous continuons au moment de la production, lors de l'assemblage.

Quels brevets avez-vous déposés ?

Les quatre brevets qui ont été déposés entre décembre 2008 et juin 2009 sont le résultat de la concrétisation de travaux de thèses : *Procédé d'optimisation de réglages d'un assemblage de pièces sous contraintes ; Procédé d'optimisation pour routage de tubes sur une structure supportant de petites déformations ; Procédé de mesurage et de fabrication d'un tube ; Procédé et dispositif de préassemblage d'équipements pour fuselage d'aéronef.*

(1) Laboratoire universitaire de recherche en production automatisée.

Initié comme un projet académique, Monolix a bénéficié en 2009 du soutien financier de partenaires industriels. « Cela nous a incités à franchir un cap en impliquant davantage les industriels » précise Marc Lavielle. L'équipe, agrandie de nouveaux ingénieurs, a mis au point la nouvelle version, dévoilée lors du « Monolix Day ». Outre les membres du projet, cette journée a accueilli un représentant de la FDA (*Food and drug administration*), l'agence américaine qui délivre les autorisations de mise sur le marché. Pour Marc Lavielle, cette présence était très importante : « Notre objectif, c'est que des dossiers de demande de mise sur le marché de médicaments soient déposés à la suite d'études réalisées avec Monolix. »

Les nouveautés de la version 3.1

Les possibilités de traitement des modèles de pharmacocinétique complexe ont été améliorées. Cela concerne les patients qui reçoivent différents types de traitements, par voie orale, intraveineuse ou autre, de manière répétée, selon un protocole assez complexe. Par ailleurs, des algorithmes ont été développés pour de nouveaux types de données, comme le nombre quotidien de crises d'épilepsie. « Nous avons collaboré avec Pfizer sur la modélisation de l'activité épileptique de patients sous traitement, en faisant intervenir des modèles de

Markov cachés. Un patient épileptique peut passer d'une activité intense de crise à une activité ralentie. Il fallait prendre en compte cette succession d'états cachés. Nous avons trouvé une solution à un problème auquel de nombreux chercheurs se sont attaqués sans succès. »

De nouveaux champs d'application et de recherche

Le logiciel fait l'objet d'une OMTE⁽¹⁾ (MLX), afin de passer à une phase de transfert technologique par la création d'une entreprise. De nouvelles fonctionnalités sont implémentées, notamment pour répondre aux demandes de l'industrie en matière de traçabilité et de reproductibilité des résultats. Ainsi, il est prévu d'installer le logiciel sur un cluster, pour qu'il tourne sur plusieurs ordinateurs en parallèle. Monolix prendra place également dans le projet européen IMI sur le thème de la modélisation du médicament et de la maladie. Dans ce cadre, les industriels ont exprimé le souhait de disposer d'une plateforme logicielle qui intègre Monolix. À plus long terme, Marc Lavielle voudrait s'atteler à la pharmacogénétique pour essayer d'expliquer la variabilité de réponses à un traitement à l'aide de l'information génétique du patient. Cela signifie qu'il devra prendre en compte un nombre gigantesque de données. ■

(1) OMTE : opération de maturation technico-économique.

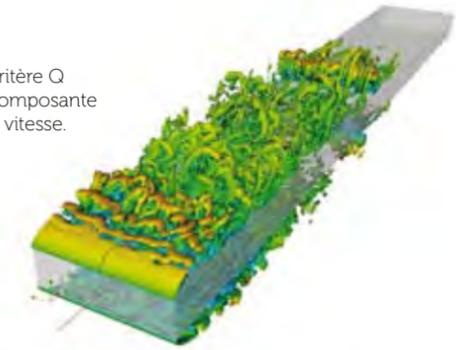
EN BREF

Des partenariats étoffés en 2009

Le projet Monolix fait l'objet de deux types de partenariats : l'Université Paris Diderot, l'Université Paris-Sud 11, et l'INRIA sont les partenaires académiques du projet.

Créé l'an dernier, le club des partenaires industriels du logiciel est composé de Johnson & Johnson Pharmaceutical Research and Development, une division de Janssen Pharmaceutica NV, Novartis, Hoffmann-La Roche, Sanofi-aventis et Exprimio.

Iso-surface du critère Q colorisée par la composante longitudinale de vitesse.



CHORUS, un code de recherche original pour l'aérodynamique

Le contexte

La turbulence continue d'être, à ce jour, un sujet de recherche majeur en mécanique des fluides, compte tenu de son extrême complexité et de son importance dans de nombreux domaines applicatifs. Elle est présente dans la majorité des écoulements qui nous entourent, qu'ils soient naturels, comme l'atmosphère, ou d'origine humaine. Par conséquent, de nombreux secteurs industriels, comme l'automobile et l'aéronautique, y portent un grand intérêt afin d'optimiser leurs produits, notamment en matière d'économie d'énergie.

Les atouts du code CHORUS

Le code CHORUS est un logiciel de simulation des écoulements turbulents compressibles. Il a été développé par Y. Fraigneau, ingénieur de recherche au LIMSI⁽¹⁾, dans le but de servir la recherche dans les domaines de l'aérodynamique et de l'aéroacoustique. Il est régulièrement utilisé dans le cadre de projets, tels que le RITT SUPERSONIQUE⁽²⁾ ou les projets ANR CALINS⁽³⁾ et DIB⁽⁴⁾. Son premier atout réside dans sa capacité à simuler avec précision des écoulements pour un faible coût en temps de calcul, grâce à des méthodes numériques innovantes élaborées par les chercheurs du LIMSI, V. Daru et C. Tenaud. Le second point fort est sa portabilité, c'est-à-dire sa capacité d'exécution sur des machines d'architectures très différentes, qu'il s'agisse de simples PC de bureau ou de supercalculateurs vectoriels ou parallèles.

Les objectifs

Actuellement, le développement de CHORUS s'oriente vers une exploitation en calcul massivement parallèle. L'objectif est de pouvoir simuler des écoulements turbulents de grande complexité, avec un degré de précision plus élevé en rapport avec la croissance des capacités de calcul offertes par les dernières générations de supercalculateurs.

(1) Laboratoire d'informatique pour la mécanique et les sciences de l'ingénieur.
 (2) RITT SUPERSONIQUE : projet du ministère de la Recherche.
 (3) ANR CALINS : projet de l'Agence nationale de la recherche sur les « Conditions Aux Limites INStationnaires ».
 (4) ANR DIB : projet de l'Agence Nationale de la Recherche : « Dynamique, INstationnarités, Bruit ».

Architectures de calcul

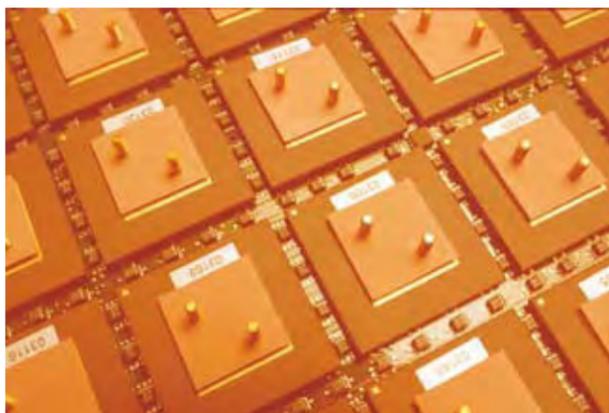
La puissance et la rapidité en première ligne

La course à l'efficacité représente un enjeu stratégique pour des sujets tels que le traitement numérique de bases de données ou d'images. En particulier, la conception d'architectures massivement parallèles permet de réaliser un plus grand nombre d'opérations en un minimum de temps. L'an dernier, les chercheurs de Digiteo se sont notamment illustrés dans deux projets emblématiques dans le domaine du traitement d'images : TERAOPS, basé sur une architecture multicœurs, et LSL, un algorithme de segmentation d'images dont la vitesse constitue un record mondial.

Le projet TERAOPS, achevé en mars 2009, s'était fixé un objectif ambitieux : concevoir des architectures massivement parallèles, intégrant sur une même puce plusieurs centaines, voire plusieurs milliers de ressources de calcul. Toute la difficulté résidait dans la façon de faire travailler ces ressources de concert, en vue d'exécuter une seule application de manière coordonnée. Un pari relevé par une collaboration entre laboratoires et industriels.

Un regroupement de partenaires et de ressources de calcul

Les laboratoires associés dans le projet TERAOPS, initié début 2007, sont le CEA LIST, l'INRIA, l'IEF, le CRI⁽¹⁾ et l'ENSTA. Les ressources de calcul à l'œuvre dans ce projet proviennent de plusieurs partenaires. *Thales Research & Technology*, le porteur de projet, a livré une application de type radar, puis a travaillé sur l'architecture globale



▲ TERAOPS associe partenaires académiques et industriels.

de la puce et l'infrastructure de simulation; Thales Communications a travaillé sur une couche d'abstraction logicielle qui permet de programmer la machine malgré la présence d'IP hétérogènes; Thomson a proposé une architecture de calcul orientée

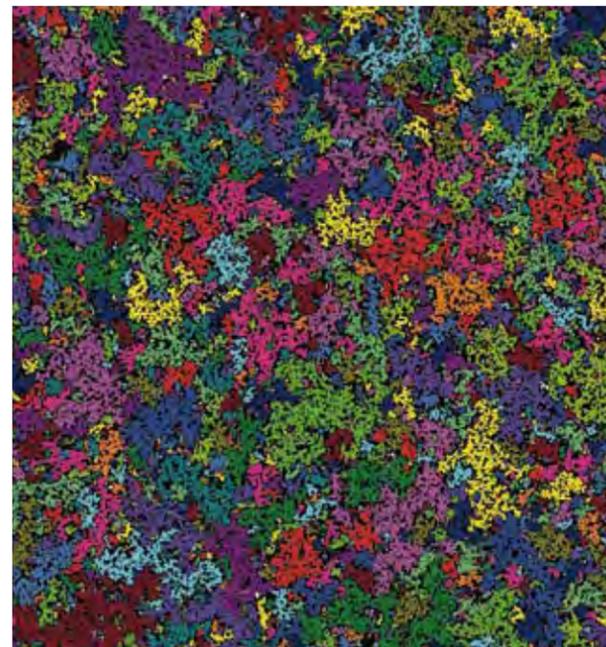
sur le traitement d'images de bas niveau; les PME Arteris et M2000 ont respectivement fourni une IP d'interconnexion (un réseau sur puce) et un FPGA⁽²⁾ sur puce embarquée; le FPGA est une ressource reconfigurable, capable d'adapter sa structure au traitement à réaliser à l'instant donné. Côté CEA LIST, précise Raphaël David, « nous avons validé une architecture multicœurs, c'est-à-dire constituée de plusieurs processeurs pour des applications dynamiques comme le traitement d'images à haut niveau ».

Ce projet représentait une opportunité de démontrer les performances de la technologie du CEA LIST en architectures embarquées complexes, notamment sa capacité à supporter l'exécution d'applications non régulières.

« TERAOPS nous a permis de valider notre architecture dans un système comportant potentiellement plusieurs centaines de ressources de calcul. » Le projet a également permis de fédérer une quinzaine de partenaires apportant des compétences diverses sur cette thématique de recherche.

Les spécificités de TERAOPS

Le concept SCMP (*Scalable chip multi processing*), développé au CEA LIST, est basé sur une architecture multicœurs, destinée à traiter des applications dynamiques (non régulières) comme le traitement d'images à haut niveau (vidéosurveillance, assistance à la conduite, etc.), dont la nature dépend du contenu des données.



▲ Étiquetage d'une image de percolation en fausses couleurs : à cause des concavités présentes dans l'image, l'algorithme détecte initialement 23704 fragments de régions (ensemble de pixels connexes) qui sont par la suite regroupés en 4972 composantes connexes après résolution des équivalences (fermeture transitive). Les fausses couleurs permettent de se rendre compte de la complexité de l'image.

En vidéosurveillance, par exemple, le traitement à valider sur un calculateur dépend de la scène observée : si l'utilisateur voit un quai vide, il se contente de rechercher l'arrivée d'un événement. Si des personnes arrivent sur le quai, il vérifie l'occurrence d'événements tels qu'une altercation ou un dépôt de colis suspect. Raphaël David met en avant l'enjeu de cette approche : « Il est difficile de prévoir, au moment de la compilation de l'application, les besoins précis en puissance de calcul.

Donc, nous avons besoin, pendant l'application, de déployer le traitement, c'est-à-dire d'ordonner les activités de calcul, de les faire communiquer, etc. ». L'architecture SCMP, intégrée à la plate-forme TERAOPS, est dotée des capacités nécessaires au traitement de telles applications.

L'avenir de TERAOPS

Outre le traitement d'images haut niveau, TERAOPS pourra être utilisée pour d'autres applications, comme la compression vidéo pour la télévision.

Plusieurs applications pourront être traitées en parallèle sur une même architecture et pourront utiliser d'autres ressources de calcul spécifiques apportées par les partenaires.

Ainsi, en vidéosurveillance, on pourra, simultanément, disposer d'une analyse haut niveau de la scène observée et comprimer le flux vidéo à des fins de stockage. TERAOPS a permis au CEA LIST de valider sa technologie de base et de construire des démonstrateurs, avec lesquels il a su convaincre des industriels et qui lui ont permis de lancer sa start-up Kalray.

(1) Centre de recherche en informatique, Mines ParisTech.

L'algorithme d'étiquetage en composantes connexes le plus rapide au monde

Le principe

Conçu par le département Axis (laboratoire IEF), l'algorithme LSL (*Light speed labeling*)⁽³⁾ est un algorithme « moyen niveau »⁽⁴⁾ d'étiquetage en composantes connexes. Ce type d'algorithme est très utilisé en reconnaissance de caractères, comme le souligne Lionel Lacassagne, enseignant – chercheur (Université Paris-Sud 11) : « il faut d'abord trouver les lettres dans une image; ensuite, on a besoin de savoir la forme des lettres pour les reconnaître ». Un autre usage de cet algorithme est la vidéosurveillance. En fonction de la taille des objets détectés, il sera possible de déterminer s'il s'agit d'une voiture ou d'un piéton. Puis, de les suivre d'une image à l'autre.

Les points forts

L'algorithme LSL présente deux points forts : sa vitesse et sa prédictibilité en temps de calcul. Ce temps dépend généralement du nombre de formes et de leur taille et peut donc beaucoup varier d'une image à l'autre. Cet algorithme est peu sensible au contenu de l'image. Ainsi, étiqueter une image de percolation (*figure ci-contre*) est à peine plus lent que d'étiqueter ce texte. Un travail important d'adéquation algorithme-architecture a permis au LSL de dépasser la cadence vidéo de 25 images par seconde pour atteindre plus de 1000 images par seconde sur un processeur généraliste. Cet algorithme est donc particulièrement adapté aux systèmes embarqués de vision, car la prédictibilité guide le dimensionnement de tels systèmes. Grâce à son accélération, il sera possible, désormais, de l'enchaîner avec d'autres algorithmes d'une application complète de vision (navigation de robot). Une version parallèle est en cours de conception pour être déployée sur une architecture parallèle embarquée.

(2) « *Field programmable gate array* », circuit intégré programmable.

(3) L. Lacassagne, B. Zavidovique, *Journal of Real Time Image Processing* 2010. « *Light speed labeling : Efficient Connected Component Labeling on RISC Architectures* ».

(4) Classiquement, le traitement d'images est séparé en trois parties :

le bas niveau regroupe les pré-traitements réguliers comme le filtrage; le niveau moyen, par nature irrégulier, extrait des informations de l'image (segmentation, calculs d'attributs); et enfin le haut niveau dédié à la prise de décision et à l'interprétation (systèmes autonomes).

EN BREF

Ce qu'il faut savoir sur Kalray

► En coopération avec le CEA, la start-up Kalray veut produire une nouvelle génération de circuits intégrés programmables haute performance, basés sur des calculateurs embarqués massivement parallèles, avec des temps de conception courts. Une puce de silicium regroupera de 128 à 1024 processeurs reliés par un réseau de communication intégré.

Systemes de detection, capteurs

Des interfaces d'analyse et d'évaluation non invasives

Au croisement des mondes physique et numérique, les systèmes de détection et les capteurs intègrent de plus en plus la notion d'intelligence pour venir à bout d'estimations difficiles à appréhender. Trois exemples choisis : le projet Sinbad, qui propose un nouveau regard sur la spectrométrie nucléaire, une technique inédite pour l'analyse interne de structures industrielles et la recherche menée conjointement par le CEA LIST et Thales en vidéo-protection.

Depuis plusieurs années, le CEA LIST met au point des outils logiciels pour l'analyse et l'interprétation de spectres gamma⁽¹⁾, au sein de programmes communs avec Areva. En droite ligne de cette coopération de longue date, le projet Sinbad (spectrométrie par inférence non paramétrique bayésienne⁽²⁾ de processus Dirichlet) représente une approche originale en spectrométrie nucléaire. À partir des enregistrements effectués sur des échantillons émetteurs de rayonnements ionisants et à l'aide de dispositifs industriels d'acquisition, Sinbad cherche à caractériser par un algorithme les différents éléments étudiés. Éric Barat, porteur du projet Sinbad, évoque l'un des enjeux de la spectrométrie nucléaire : « il est essentiel de caractériser, dans un colis de déchets, la présence des éléments les plus actifs ». Ce type d'analyse non invasive peut permettre d'étudier, par exemple, un élément de com-

La résolution de problèmes inverses au service du diagnostic de structures industrielles

Principe

Le laboratoire SATIE⁽¹⁾ de l'ENS Cachan-CNRS met au point des systèmes de capteurs capables de produire des images relatives à l'état interne des structures industrielles métalliques (ailes d'avion, pipelines...). « L'un des problèmes liés à ce thème de recherche, commente Pierre-Yves Joubert, est qu'en général, l'information fournie par ces systèmes n'est pas directement interprétable. Il est donc difficile, voire impossible d'élaborer un diagnostic à partir de l'image brute ». Pour comprendre ce qui, dans le matériau, a donné naissance à cette image difficile à déchiffrer, il faut résoudre un problème inverse : « nous avons développé, avec Dominique Placko et Alain Rivollet, une technique de modélisation générique et semi-analytique DPSM (distributed point source method) pour prédire l'image que l'on va obtenir étant donnée la structure observée. Nous avons trouvé le moyen d'inverser ce modèle : à partir de l'image fournie par l'appareil, nous pouvons retrouver les paramètres de la structure », explique Pierre-Yves Joubert.

Points forts et perspectives d'application

Le laboratoire a réussi, en 2009, à finaliser cette méthode, destinée à être déployée dans le cadre de l'observation de pièces non accessibles à l'examen visuel. Cette évaluation non invasive peut s'appliquer à d'autres cas : le dimensionnement de pièces ou la mesure d'épaisseurs de revêtements. Cette méthode a l'avantage de ne pas poser d'*a priori* sur la forme du défaut recherché. En outre, le modèle DPSM et sa version inversée sont peu coûteux en ressources informatiques. Alors que la demande de brevet est actuellement étudiée, le laboratoire cherche en parallèle de nouveaux domaines d'application et des partenaires industriels.

(1) Systèmes et applications des technologies de l'information et de l'énergie.

EN BREF

EXTENDE, des services en contrôle non destructif

► L'activité de l'entreprise EXTENDE, nouvellement créée, est très liée à la résolution des problèmes inverses. Elle vise à proposer des services autour du logiciel CIVA, dans le domaine du contrôle non destructif (CND). Ce logiciel, développé depuis de nombreuses années par le CEA, est désormais commercialisé.

bustible irradié dans une centrale nucléaire ou la mise en évidence de noyaux « exotiques ».

Sinbad : une amélioration tangible de la caractérisation des éléments

Dans le cadre du projet Sinbad, le LIST vient de proposer une approche originale et particulièrement novatrice pour l'estimation spectrométrique. Le contexte algorithmique se situe à l'interface des statistiques, des processus aléatoires et de l'apprentissage automatique. Pour les spectres nucléaires (gamma/X), la méthodologie vise à s'affranchir de l'utilisation d'une base de données physiques contenant l'ensemble des radionucléides retenus pour l'analyse. L'avantage de cette approche réside dans sa capacité à analyser des situations « aveugles », en acceptant plusieurs types de détecteurs (germanium, scintillateur...). Son caractère non paramétrique confère également à l'algorithme une grande flexibilité

Interview croisée



Philippe MOUTTOU, direction de la recherche et de l'innovation, Thales D3S et François GASPARD, responsable du laboratoire vision et ingénierie des contenus du CEA LIST

Comment est né Vision Lab, le laboratoire commun Thales-CEA LIST, situé sur le site de Thales et inauguré en mars 2009 ?

François Gaspard : Le CEA LIST et Thales travaillaient déjà ensemble sur des projets collaboratifs, notamment dans le cadre du projet Sécurité des infrastructures critiques (SIC), dans le pôle SYSTEM@TIC PARIS RÉGION. Ces collaborations nous ont amenés à trouver un mode de fonctionnement pour encore mieux travailler en commun dans un domaine en pleine expansion : le traitement et l'analyse vidéo pour les applications de sécurité.

Philippe Mouttou : Nous avons choisi de consolider des recherches sur l'analyse vidéo autour d'un laboratoire, épine dorsale d'un système réunissant PME, partenaires académiques et unités opérationnelles du Groupe Thales. Le CEA, avec qui nous avons une relation historique, nous a semblé être le bon partenaire pour ce projet.

Quels sont les enjeux des recherches menées par Vision Lab ?

F. G. : Un nombre croissant de caméras de

d'analyse spectrale. Le spectre traité par Sinbad peut être qualifié d'hyperrésolu : il voit son bruit de fond supprimé et sa résolution améliorée d'un facteur qui peut être très supérieur à 10. Par ailleurs, le caractère bayésien garantit un cadre statistique rigoureux prenant en compte les incertitudes statistiques et de modélisation.

Point d'étape et perspectives

Étudiée depuis plusieurs années dans le cadre d'un programme d'intérêt commun CEA-Areva, bénéficiant d'une récente

vidéo-protection sont installées, notamment dans des infrastructures critiques (gares, aéroports, sites industriels et sensibles...). Les besoins d'analyse en temps réel de flux vidéo explosent, avec une exigence très forte sur la robustesse des solutions proposées. Il faut bien sûr éviter les fausses alarmes tout comme la non-détection des événements recherchés. P. M. : Les technologies vidéo seront incontournables à l'avenir ; nous voulions donc avoir la maîtrise de ce champ d'activité pour le monde de la défense et de la sécurité avec une priorité : la robustesse des solutions.

Quel est votre regard sur le fonctionnement de Vision Lab ?

F. G. : Travailler sur ces projets d'envergure, au plus près des industriels, offre au CEA LIST une vraie perspective de transfert de technologies, et une coopération opérationnelle. Cela nous permet de mieux positionner nos technologies, pour répondre au mieux à leurs besoins. P. M. : Nous réussissons à suivre la feuille de route définie. Pour nous, cette collaboration se révèle très fructueuse.

de photons ou de neutrons, il devient possible de les analyser et de caractériser leurs éléments internes, sans prendre le risque de les manipuler.

(1) Les rayons gamma sont produits par certains processus nucléaires. Occupant la partie la plus extrême du spectre de la lumière, ils sont associés à des photons beaucoup plus énergétiques que ceux du rayonnement lumineux.
(2) Inférence bayésienne : démarche logique pour calculer ou réviser la probabilité d'une hypothèse, régie par l'utilisation de règles strictes de combinaison des probabilités.

Contrôle, commande et aide à la décision

Des innovations attractives pour les industriels

La recherche menée par les équipes de Digiteo en conception de systèmes de contrôle-commande permet d'améliorer la sécurité, la qualité, la disponibilité et la fiabilité de fonctionnement des grands systèmes industriels. Alstom bénéficie désormais d'une architecture de contrôle-commande à haute disponibilité basée sur un nouveau protocole, Ethernet Powerlink. Quant au Groupe EDF, il régule le niveau d'eau de ses centrales hydroélectriques grâce à une commande sans modèle.

Les architectures de contrôle-commande se situent dans les installations équipées de systèmes d'automatismes.

Dans le cas d'une centrale électrique, plusieurs unités de contrôle-commande sont réparties dans l'installation et partagent leurs données. Ces unités servent par exemple à gérer la régulation de la température d'une chaudière pour produire de la vapeur, ou une turbine réglant sa vitesse de rotation en fonction de la vapeur reçue.

L'architecture de contrôle-commande représente l'organisation de ces unités de contrôle et leur lien par des réseaux de communication. Or, la production d'énergie électrique est un système essentiel et « critique » : une coupure d'électricité peut être handicapante, voire dangereuse. La recherche menée par le LURPA (ENS Cachan) et Alstom Power vise à la mise au point d'une architecture de contrôle-commande à haute disponibilité.



« Turbine à vapeur Alstom.

Un saut technologique

Bruno Denis, chercheur au LURPA, évoque le contexte de conception de cette nouvelle architecture : « Alstom a constaté que la technologie des réseaux permettant aux unités de contrôle-commande de

communiquer entre elles arrivait en bout de course. Les usines et les centrales de production d'électricité devenaient de plus en plus volumineuses. De même, l'information véhiculée a fortement augmenté, pour assurer plus de surveillance et

de sécurité. Alstom n'arrivait plus à transmettre assez vite ces données ». Jusqu'à présent, les grands constructeurs de systèmes automatiques avaient développé leurs propres réseaux propriétaires. Un nouveau standard ouvert de réseaux a été proposé, Ethernet Powerlink, selon la norme IEC 61784. Alstom a demandé au LURPA de prévoir et de garantir avant la construction de l'installation, certaines exigences fonctionnelles comme la disponibilité, la réactivité et le déterminisme des systèmes.

Une recherche productive

Comme l'explique Bruno Denis, « une architecture à haute disponibilité consiste à faire en

sorte qu'une fonction perdure même si un composant tombe en panne en utilisant la redondance ». La collaboration avec Alstom Power s'est concrétisée en 2009 par la thèse d'un étudiant de l'ENS Cachan, Steve Limal, sur la modélisation et la validation d'architectures de contrôle-commande redondantes à base d'Ethernet industriel. « Cette thèse, ajoute Hervé Sabot, chargé des technologies d'automatismes pour la production d'énergie chez Alstom Power EMB (*Energy Management Business*), visait à démontrer que les architectures réseaux basées sur Ethernet Powerlink avaient toutes les qualités requises pour faire fonctionner nos systèmes de contrôle-commande. » Alstom a collaboré avec l'EPSCG (*Ethernet Powerlink Standardization Group*) afin d'incorporer au standard les spécificités nécessaires pour le marché de l'énergie, notamment la redondance d'unités de traitement et la redondance de réseaux. Le LURPA s'est ensuite chargé de la

Interview croisée



Michel FLIESS, directeur de recherche au CNRS, actuellement à l'École Polytechnique, et responsable de l'équipe Alien (INRIA Saclay – Île-de-France) et **Gérard ROBERT**, ingénieur d'études au centre d'ingénierie hydraulique d'EDF (Le Bourget-du-Lac, en Savoie)

En quoi consiste la méthode de « commande sans modèle » ?

Michel Fliess : Nous partons du principe que, pendant un laps de temps très court, le système a une forme très simple. Nous appliquons alors une méthode d'estimation que nous avons développée, qui permet d'aboutir à cette forme, car il y a très peu de paramètres à estimer. Ensuite, on applique des méthodes de régulation qui perfectionnent celles actuellement utilisées dans l'industrie : ce sont des correcteurs PID (proportionnels-intégraux-différentiels). Comme on les utilise avec une variante importante, on les appelle les PID « intelligents » ou « iPID ».

Gérard Robert : Cette commande sans modèle permet de réguler le niveau d'eau dans un aménagement hydraulique, non seulement près de la centrale, mais surtout à un niveau distant de plus de 7 km. Nous pourrions ainsi maintenir un niveau d'eau constant en agissant sur les vannes des barrages ou sur l'ouverture des turbines hydrauliques. La régulation évite les perturbations du niveau d'eau et donc de

navigation sur le canal. Elle permet aussi d'optimiser la production ou d'augmenter la puissance produite.

Quelles sont les suites de ce projet ?

M. F. : Nous avons développé de nombreuses applications pour EDF (un brevet a été déposé), mais aussi pour l'École nationale d'ingénieurs de Brest (commande de matériaux à mémoire de forme, très difficiles à modéliser) et pour l'École des Mines de Paris (conduite de voitures). La commande sans modèle n'a pas connu d'échec jusqu'à présent : il convient donc de mieux explorer ses limites, d'un point de vue tant théorique que pratique.

G. R. : En 2009, l'équipe Alien a réalisé des études concernant des centrales au fil de l'eau sur le Rhin et la Durance. Actuellement, elle travaille sur l'estimation des paramètres d'une centrale hydraulique. L'objectif est de partir de la puissance électrique produite par la centrale, pour trouver des informations sur son état de performance et diagnostiquer d'éventuelles baisses ou défaillances.

vérification formelle des propriétés de haute disponibilité de l'Ethernet Powerlink, et a, enfin, proposé à Alstom une architecture de contrôle générique, reproductible sur l'ensemble de ses types de centrales.

Une innovation à l'œuvre sur le terrain

Un déploiement est actuellement en cours dans une importante centrale électrique sud-africaine.

Pour Hervé Sabot, la collaboration s'est révélée très bénéfique : « la validation formelle effectuée par le laboratoire nous a permis de bénéficier d'une assise

analytique systématique sur les propriétés que nous cherchions à démontrer dans le cadre de l'industrie de la production d'énergie électrique. »

EN BREF

Michel Fliess, une carrière souvent récompensée

► En 1987, il remporte le prix Montpetit de l'Académie des sciences. En 1991, il introduit, avec J. Lévine, Ph. Martin et P. Rouchon, de l'École des Mines de Paris, les systèmes « différentiellement plats », qui permettent une meilleure compréhension de la commande non linéaire et décroche dans la foulée la médaille d'argent du CNRS. En 2002, il commence des recherches sur des méthodes algébriques d'estimation et d'identification exploitées par l'équipe Alien. En 2007, l'Académie des sciences lui décerne le prix Jacques-Louis Lions.

Interaction, visualisation et réalité virtuelle

De nouvelles perspectives pour l'interaction entre humains et machines

Les chercheurs de Digiteo travaillent sur plusieurs projets permettant de communiquer avec un système informatique. C'est tout l'enjeu des travaux dits « d'interaction humain-machine ». Ils sont notamment à l'œuvre au sein de WILD, une plate-forme de visualisation interactive ou encore dans la plate-forme EVE, un dispositif immersif de réalité virtuelle augmentée.

WILD⁽¹⁾ : le plus grand mur d'images interactif au monde

Cette plate-forme de visualisation interactive se présente sous la forme d'un mur d'images de 32 écrans LCD, dont la surface (5,5 x 1,8 m) offre une résolution de 131 millions de pixels. Associé à une table interactive tactile et à un système de capture de mouvements, WILD peut suivre les objets ou les personnes en enregistrant leur position à l'aide de caméras infrarouges. Un cluster de visualisation de 16 machines est chargé de piloter les 32 écrans.

Des utilisations ciblées

Comme le précise Michel Beaudouin-Lafon, professeur d'informatique à l'Université de Paris-Sud 11, « nous nous sommes rapprochés des laboratoires d'autres disciplines, intéressés par cette plate-forme. Nous avons ainsi pu récupérer les premiers jeux de données ». Le jour de l'inauguration, le 19 juin 2009, l'objectif, pour les concep-

teurs de WILD, était d'illustrer les usages possibles de la plate-forme pour la découverte scientifique. Les chercheurs ont aussi montré le principe de navigation multiéchelle, c'est-à-dire le fait de pouvoir zoomer et de se déplacer dans des images de

très grande taille. Michel Beaudouin-Lafon explique que ces images sont obtenues : « en assemblant plusieurs milliers d'images prises par un télescope ou un satellite et fournies par des laboratoires d'astrophysique⁽²⁾. Nous avons ainsi une

image du centre de la voie lactée de 400 000 pixels de large. On peut aussi monter un appareil photo sur un pied motorisé, et prendre des images de tout une scène par petits bouts, qui sont ensuite assemblés en une immense image. Nous avons ainsi une image de Paris de 26 gigapixels ».

La deuxième illustration du potentiel de WILD concerne la comparaison de données. Elle s'est appuyée sur de l'imagerie médicale fournie par le LNAO⁽³⁾ de Neurospin. Les chercheurs en neurosciences cherchent à comprendre la variabilité physiologique du cerveau telle qu'elle apparaît dans des images faites par IRM. Pour cela, ils ont besoin de pouvoir comparer un nombre important d'images de cerveaux. Cette fonctionnalité a été illustrée avec l'affichage et la manipulation d'images de 64 cerveaux, un chiffre amené à s'étoffer rapidement. Un autre usage de WILD, également démontré lors de l'inauguration, repose sur la possibilité de tra-



EN BREF

« Best papers »

Plusieurs papiers et démonstrations portant sur les recherches du réseau en interaction, visualisation et réalité virtuelle ont été distingués en 2009 :

► **Best Paper** : « Musink : composing music through augmented drawing ». Theophanis Tsandilas, Catherine Letondal and Wendy Macka. In CHI '09 : Proceedings of the SIGCHI⁽¹⁾ conference on Human factors in computing systems. ACM⁽²⁾, pages 819-828.

► **Best Paper nomination** : « DynaSpot : speed-dependent area cursor ». Olivier Chapuis, Jean-Baptiste Labrune and Emmanuel Pietriga. In CHI '09 : Proceedings of the SIGCHI conference on human factors in computing systems. ACM, pages 1391-1400.

► **Meilleur article** : « FlowStates : prototypage d'applications interactives avec des flots de données et des machines à états ». Caroline Appert, Stéphane Huot, Pierre Dragicevic and Michel Beaudouin-Lafon. In Proceedings of IHM⁽³⁾ 2009. ACM, pages 119-128.

► **Meilleure démo** : « L'écriture augmentée : enregistrer des explorations interactives avec une feuille de données scientifiques ». Catherine Letondal and Wendy E. Mackay. In Proceedings of IHM 2009. ACM, pages 363-366.

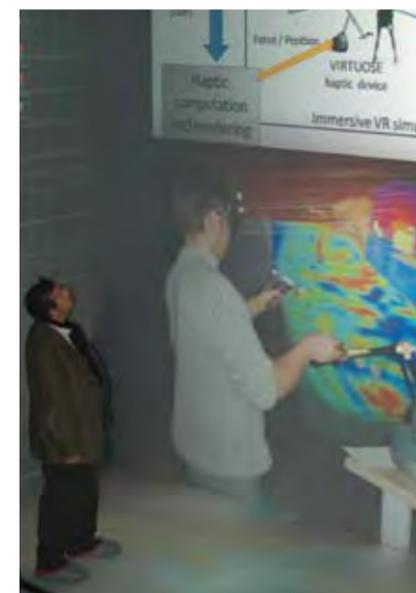
(1) SIGCHI : Special Interest Group on Computer-Human Interaction.

(2) ACM : Association for Computing Machinery.

(3) IHM : interaction humain-machine.



▲ La mise en place du mur d'images WILD permet d'ouvrir de nouvelles perspectives dans la recherche en interaction humain-machine.



► Grand dispositif immersif EVE (evolutive virtual environment) du LIMSI.

vailler de manière collaborative : pouvoir importer des données, voire des logiciels sur cette plate-forme. Il suffit simplement de brancher son ordinateur sur le réseau informatique pour téléporter et afficher sur le mur le contenu de son écran. Plusieurs personnes peuvent ainsi juxtaposer et confronter leurs données sur le mur d'images. À présent, plusieurs logiciels sont en cours de développement pour une utilisation plus robuste de la plate-forme. Parmi les améliorations prévues : un meilleur affichage haute résolution avec la possibilité de zoomer à l'intérieur des images de manière plus fluide, une plus grande robustesse de l'aspect collaboratif, de nouvelles méthodes d'interaction pour

manipuler les différents types de données... « Par rapport à un ordinateur classique, l'échelle n'est vraiment pas la même ; il faut donc tout réinventer », conclut Michel Beaudouin-Lafon.

(1) Wall-sized interaction with large datasets. Trois laboratoires de Digiteo ont uni leurs compétences pour mettre au point la plate-forme WILD : l'équipe *in situ* (LRI et INRIA Saclay – Île-de-France), l'équipe AVIZ (INRIA – Saclay-Île-de-France) et l'équipe AMI (LIMSI-CNRS).

(2) Notamment l'Institut d'astrophysique spatiale (IAS) d'Orsay.

(3) Laboratoire de neuro-imagerie assistée par ordinateur.

Interview

Patrick BOURDOT, porteur du projet SIMCoD⁽¹⁾

« Le premier dispositif immersif de réalité virtuelle du projet SIMCoD⁽¹⁾, le système EVE, a été installé en 2009. »



Quels travaux avez-vous réalisés autour d'EVE ?

Nous avons développé deux démonstrateurs : le premier implique les équipes Venise (LIMSI), LSI-SCRI (CEA LIST) et PSA, autour des problématiques d'interaction collaborative co-localisée

multimodale et immersive pour l'industrie automobile. Le scénario test est le codesign de trajectoires d'assemblage de sièges dans un habitacle, sur une chaîne de montage. Les utilisateurs interagissent par le geste, la parole et partagent un périphérique haptique qui leur procure une perception tactile et un retour d'effort. Chacun est en immersion exacte, grâce à deux vues stéréoscopiques distinctes. Le deuxième démonstrateur, en virtualité augmentée, qui associe l'équipe Venise et l'IEF, a pour objectif de superviser, au sein d'un dispositif immersif, un véhicule distant, avec une perception multisensorielle (stéréoscopique et audio 3D). L'idée est d'incruster une perception réelle qui provient du véhicule au sein d'une scène issue d'un système d'information géographique (Sig), « virtualisant » l'espace où il se déplace. Ce dernier, équipé d'une tête articulée motorisée dotée d'une caméra stéréo et d'un capteur audio 3D, envoie par Wifi ces signaux multisensoriels à la plate-forme immersive.

Quels sont vos objectifs pour 2010 ?

Ces démonstrateurs ont été présentés lors de EuroVR-EVE 2010, les 6 et 7 mai 2010. Outre l'inauguration du système EVE, ces journées ont permis le lancement des Special interest groups (SIGs) de l'association européenne EuroVR. L'équipe Venise et celle du CEA LIST organiseront à l'automne les 5^{es} journées de l'AFRV⁽²⁾. Enfin, des recherches sur l'usage combiné des tables interactives et des dispositifs immersifs pour des tâches coopératives vont bientôt commencer, en collaboration avec l'équipe AVIZ (INRIA), dans le cadre d'une chaire Digiteo.

<http://eurovr-eve-2010.limsi.fr/>

(1) SIMCoD : simulation immersive multimodale collaborative et distante.

(2) Association française de réalité virtuelle.

Thèmes transversaux

Une alliance entre plusieurs disciplines sur des sujets d'envergure

Digiteo favorise des projets intégrant un large spectre de compétences dans des thèmes transversaux. C'est le cas en 2009, en robotique, avec le lancement de la plate-forme de robotique Roboteo et la mise en place d'une chaire EDF – Centrale/Supélec sur les « Sciences des systèmes et défis énergétiques ». 2009 a aussi été l'année des premiers résultats sur la prédiction des structures d'ARN⁽¹⁾ et la conception d'un analyseur statique de systèmes hybrides innovant.



La plate-forme Roboteo

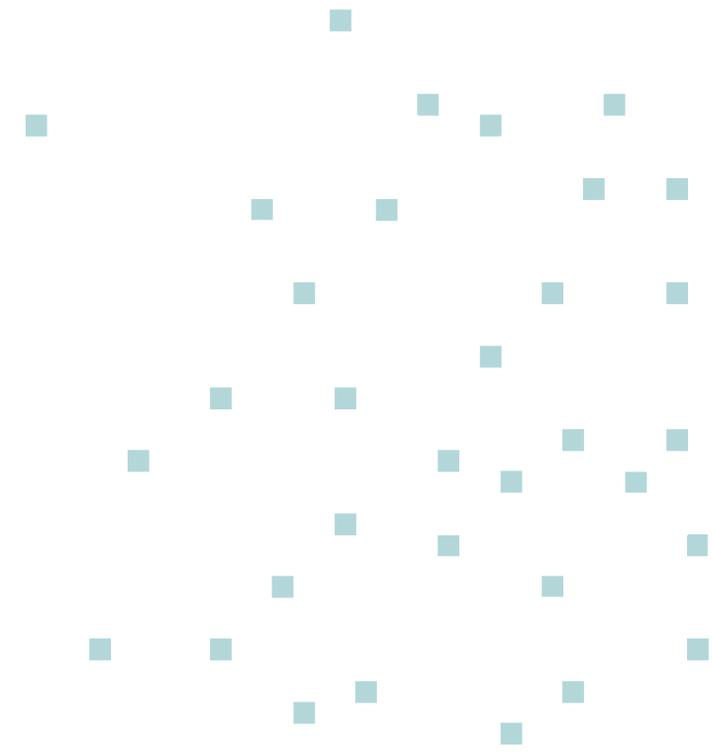
Face à la croissance des domaines d'application de la robotique (robotique personnelle, pour la santé, la logistique et la sécurité...), six équipes de Digiteo œuvrent ensemble à la construction de la plate-forme ouverte Roboteo. Elle permettra de lever des verrous scientifiques et technologiques et sera utilisée pour l'enseignement.

Une plate-forme support pour relever les nombreux défis de la robotique

L'équipe de robotique interactive du CEA LIST porte cet ambitieux projet, qui réunit SATIE (ENS Cachan), le LIMSI (CNRS), IEF, Supélec et le L2S. Actuelle-

» L'orthèse Able préfigure les futures recherches en robotique sur la plate-forme Roboteo.

ment en cours de montage, Roboteo sera composée d'un véhicule électrique, d'un robot maître, d'un robot esclave, d'un cobot (robotique collaborative), d'un assistant robotique et d'un contrôleur robotique ouvert. « Nous voulions un support de type matériel, c'est-à-dire des robots disponibles pour l'ensemble de cette communauté de chercheurs. Roboteo représente un moyen de marier recherche amont et technologique », souligne Jean-Marc Alexandre, responsable des partenariats technologiques secteur transport (CEA LIST). En 2009, l'équipe a répondu à l'appel à projets de la Région Île-de-France pour le DIM LSC⁽²⁾, géré par Digiteo. Le financement obtenu a permis d'engager quatre premières thèses ainsi que les premiers achats de matériel pour la plate-forme.



Trois principaux thèmes de recherche

La « robotique autonome » couvre deux volets. Le premier, la manipulation autonome, repose sur le développement de

6
ÉQUIPES
de Digiteo
œuvrent
ensemble
à la construction
de la plate-forme
ouverte Roboteo.

robots capables d'aller chercher et de saisir des objets en toute autonomie, puis de réaliser des tâches plus difficiles. « Au niveau scientifique, cela néces-

site le développement de notions assez complexes de perception, de contrôle et d'apprentissage des robots, sachant que les systèmes actuels sont insuffisamment robustes », précise Jean-Marc Alexandre.

Le second volet concerne les véhicules autonomes, qui peuvent se déplacer seuls dans un environnement *a priori* inconnu.

Un autre thème de recherche est la comanipulation : une même tâche est effectuée de manière conjointe par le cobot et l'homme, le premier apportant sa précision, sa force et son endurance, et le second son intelligence et sa connaissance de la tâche.

La cobotique permet de faciliter des tâches pénibles et de résoudre les problèmes liés aux TMS (troubles musculo-squelettiques).

Le cobot peut revêtir une forme très simple comme une pince équipée d'un petit moteur, char-

Interview



Mireille RÉGNIER, responsable de l'équipe AMIB

« Notre équipe est à la pointe dans l'étude de l'ARN et la prédiction de ses structures. »

Quels sont les thèmes de recherche de l'équipe AMIB ?

AMIB signifie « algorithmes et modèles pour la biologie intégrative ». C'est une équipe de bio-informatique commune INRIA Saclay – Île-de-France, LRI (CNRS et Université Paris-Sud) et LIX (CNRS et École Polytechnique), créée en 2009. Nous avons commencé à travailler bien avant sur la prédiction de structures, à la fois dans les ARN et dans les protéines, en nous basant notamment sur les propriétés des séquences, c'est-à-dire du génome. Le génome est fait d'ADN qui se transcrit en ARN puis se traduit en protéines. Il est primordial de connaître les propriétés en 3D des molécules (protéines ou ARN) pour comprendre leurs interactions avec les autres objets biologiques et surtout leur fonction.

Quels sont les enjeux de ces travaux ?

En prédisant la structure des protéines, il serait possible d'en concevoir de nouvelles avec des propriétés voisines. Les applications tournent donc autour du design d'ARN et de protéines, avec l'objectif d'inhiber ou d'activer des réactions, dans le cas de maladies telles que la mucoviscidose.

Quel est le point sur ces recherches ?

Nous avons des premiers résultats sur la prédiction des structures de l'ARN. Pour passer de la structure 2D à la structure 3D, nous nous appuyons sur une modélisation proposée par Westhoff, à Strasbourg, et Leontis, aux États-Unis. Nous arrivons à repérer des petites sous-séquences de l'ARN qui nous servent de briques (au sens d'un Lego®), pour reconstruire la structure 3D.

gée d'assister un opérateur pour réduire un effort de serrage.

Le système peut être plus complexe comme c'est le cas d'un exosquelette⁽³⁾ ayant un très grand degré de liberté.

Enfin, la télémanipulation concerne la commande à distance d'un robot et vise principalement le développement de fonctions de supervision permettant de fournir une assistance à l'opérateur.

(1) ARN : acide ribonucléique. C'est une molécule biologique, présente dans pratiquement la totalité des organismes vivants.

(2) Domaine d'intérêt majeur logiciels et systèmes complexes.

(3) Exosquelette : squelette externe. En l'occurrence, enveloppe robotisée.

Thèmes transversaux

Une kyrielle d'applications possibles

Les applications de la manipulation autonome concernent principalement l'assistance aux handicapés et le secteur de la logistique, tandis que les véhicules autonomes pourraient contribuer à résoudre la problématique de rapatriement de flottes de véhicules en libre-service. Jean-Marc Alexandre propose « d'imaginer une voiture électrique, qui, ayant rempli sa mission, est capable, en circulant sur un site propre à très faible vitesse, de retourner vers un point de rapatriement ».

La comanipulation a vocation à se développer dans l'industrie manufacturière où des cobots peuvent remplacer des robots pour assister l'homme lorsque la faible quantité de pièces réa-

lisées ne justifie pas l'investissement dans un système robotique. « Toujours en cobotique, nous participons, avec la PME RB3D, au projet Hercule, focalisé sur un cobot exosquelette des membres inférieurs.

Ce système robotique, porté "comme un vêtement", permettra à des militaires de marcher facilement avec des charges de 50 kg », indique Jean-Marc Alexandre. Outre le domaine des milieux hostiles, la télémanipulation s'applique à la chirurgie ou à la réalité virtuelle pour la manipulation d'objets issus de la conception assistée par ordinateur (CAO).

En parallèle des recherches exploratoires et du transfert de technologies vers des PME, Roboteo servira également de support d'enseignement aux étudiants. ■

La chaire « Sciences des systèmes et défis énergétiques »

Le 12 novembre 2009, l'École Centrale Paris et Supélec officialisaient la création d'une chaire d'enseignement et de recherche sur le thème « Sciences des systèmes et défis énergétiques », en partenariat avec la Fondation Européenne pour les Énergies de Demain, créée par EDF.

Les besoins croissants de recrutement et de formation d'industriels comme EDF et Areva les ont conduits à soutenir la création d'un master international en énergie nucléaire par de grandes écoles et universités. C'est cette dynamique qui a présidé à la mise en place de la chaire « Sciences des systèmes et défis énergétiques ». Les sciences dédiées aux systèmes regroupent des domaines tels que la modélisation et l'optimisation.

Plusieurs niveaux d'objectifs

Cette chaire participera aux enseignements dans les cursus de Supélec et de Centrale, avec la volonté de montrer que les

sciences des systèmes ont un champ d'action important dans les défis énergétiques actuels, c'est-à-dire dans les énergies renouvelables.

Même si aujourd'hui, comme le souligne Jacques Oksman, directeur de la recherche et des rela-

« Cette thématique fait apparaître des questions d'économie et d'optimisation et une série de problèmes plus globaux. »

tions industrielles à Supélec, « la plus grande partie de l'énergie électrique est d'origine nucléaire en France. Nous savons que l'introduction d'énergies renouvelables d'un autre type dans les réseaux pose différents problèmes technico-économiques, qui nécessitent des méthodes de modélisation, d'optimisation et

de contrôle-commande. Ils associent des notions de systèmes complexes, multitechnologiques, multi-échelles, incertains, hétérogènes ou hybrides ». Ce sera donc au titulaire de la chaire, Enrico Zio, jusqu'ici professeur au Politecnico de Milan, et à son équipe d'appliquer les sciences des systèmes enseignées à Centrale et à Supélec au domaine de l'énergie et plus généralement aux réseaux de distribution et de transport.

Une large thématique de recherche

Cette chaire couvre de vastes champs de recherche : modélisation de systèmes, contrôle-commande de systèmes complexes et prise en compte des facteurs humains dans la commande des grands systèmes. Jacques Oksman illustre cette question : « Lorsque l'on veut faire des économies d'énergies dans un bâtiment, on peut, bien sûr, miser sur l'isolation.

Mais on peut aller plus loin en installant un capteur intelligent dans chaque pièce : en fonction de la présence ou non d'une personne dans la pièce, le capteur allume ou éteint le chauffage.

Ces notions d'intelligence et de contrôle-commande associées aux composantes événementielles des systèmes hybrides sont l'une des composantes de la performance énergétique ». Sachant que le grand défi repose sur le fait de trouver des alternatives à l'épuisement des ressources fossiles, plusieurs pistes sont explorées : le nucléaire, certes, mais aussi les énergies photovoltaïque, éolienne et surtout hydraulique.

Là encore, Jacques Oksman propose un exemple : « Imaginons que demain, de nombreuses personnes se dotent de véhicules électriques.

On pourrait tout à fait concevoir que, pendant que la batterie de l'automobile est branchée sur le réseau, celui-ci utilise cette énergie pour optimiser son comportement.

En contrepartie, le propriétaire du véhicule devrait être rémunéré. » Cette thématique fait donc apparaître des questions d'économie et d'optimisation, à la fois multicritères et multi-acteurs (personne n'a le même besoin ou intérêt que son voisin au même moment) et une série de problèmes plus globaux. ■

L'analyse statique de systèmes hybrides**Les travaux de l'équipe**

Ce thème implique une équipe de recherche commune CEA LIST et École Polytechnique/CNRS. Éric Goubault, responsable de l'équipe de modélisation et analyse de systèmes en interaction (MEASI), rappelle

les fondamentaux de l'analyse statique : « Dans le domaine des logiciels, il s'agit, à partir d'un programme écrit dans un langage textuel, d'essayer de dériver mathématiquement des propriétés concernant son exécution sur un ordinateur ». Cela implique de s'intéresser au code source du programme, sans l'exécuter, pour comprendre s'il va fonctionner ou pas. Il s'agit donc de la validation de programmes par méthodes formelles.

Les enjeux

L'analyse statique appliquée aux systèmes hybrides est importante pour les programmes critiques, notamment dans les systèmes embarqués. Un système hybride est un système dynamique comportant deux sous-systèmes : l'environnement physique et le programme. Éric Goubault précise : « L'Airbus est doté d'un logiciel, le calculateur primaire de vol. Celui-ci prend la commande du pilote et, en fonction des paramètres physiques de configuration de l'avion (altitude, vitesse, etc.), il calcule et déduit ce qu'il faut changer pour progressivement suivre la consigne du pilote ». Le système fonctionne en boucle fermée : le logiciel prend en compte des paramètres physiques de l'avion pour agir sur eux.

Deux avancées significatives en 2008 et 2009

La première est soutenue par l'ESA, l'Agence Spatiale Européenne, avec le concours d'EADS Astrium. L'équipe de recherche s'est penchée sur l'ATV, une navette inhabitée envoyée vers la station spatiale internationale pour ravitailler les astronautes.

« Nous étions chargés de vérifier un système hybride particulièrement critique. La partie la plus délicate concernait l'arrivée sur la station à vitesse modérée, le positionnement précis devant une ouverture cylindrique, et le renvoi vers une zone d'échappement éloignée en cas de difficulté de contrôle », précise Éric Goubault.

Autre avancée : la mise au point du premier vrai analyseur statique de systèmes hybrides, à l'aide de l'outil FLUCTUAT.

« En prenant un code source de programme réel et un système d'équations différentielles qui décrit l'environnement physique, cet analyseur arrive à prouver automatiquement les propriétés essentielles du système. C'est une grande première. »

Thèmes exploratoires

Nourrir la recherche des enjeux du futur

Le lancement d'une chaire Microsoft-CNRS sur la thématique « Optimisation et développement durable » et les premiers germes de la résolution d'un protocole quantique⁽¹⁾ symbolisent l'ambition de Digiteo dans l'exploration : investir, dès aujourd'hui, de nouveaux thèmes de recherche dont les résultats peuvent irriguer d'autres projets.

Le lancement de la chaire Microsoft-CNRS OSD « Optimisation et développement durable » trouve sa source dans le constat, partagé par les partenaires du projet, que de nombreuses questions liées au développement durable peuvent être modélisées par des problèmes d'optimisation.

Des enjeux au niveau mondial

La chaire est d'abord le résultat de la convergence de vues entre Microsoft, fortement intéressé par un rapprochement avec la recherche académique, le CNRS et l'École Polytechnique, désireux de renforcer des partenariats industriels. « Cette chaire a bénéficié d'une bonne entente entre des chercheurs qui partagent une même vision et une même ambition », précise Youssef Hamadi, responsable du *Constraint reasoning group*, à Microsoft Research Cambridge, et coresponsable du projet « Adaptive combinatorial search » au sein du centre de recherche commun INRIA-Microsoft Research. En effet, les chercheurs se sont mis rapide-



ment d'accord sur le fait que le développement durable pouvait tirer parti des techniques de programmation mathématique, et ce, pour optimiser l'utilisation des ressources naturelles et combiner utilisation et viabilité des ressources.

Youssef Hamadi explique la mobilisation de Microsoft sur ce projet ; « c'est l'une des premières entreprises mondiales en

^ Inauguration de la chaire Microsoft-CNRS OSD.
De gauche à droite : Xavier Michel, directeur général (École Polytechnique), Philippe Baptiste (CNRS LIX/École Polytechnique), Rick Rashid, senior vice president, Research (Microsoft), Youssef Hamadi (Microsoft Research Cambridge), Véronique Donzeau-Gouge, directrice scientifique adjointe (Institut ST2I du CNRS).

informatique, qui fournit des outils génériques de programmation et d'exploitation de systèmes informatiques. Si, demain, la programmation mathématique doit être intégrée et appliquée à grande échelle pour viabiliser et rationaliser l'utilisation des ressources naturelles, il est important pour Microsoft d'anticiper et de préparer de futures solutions logicielles. »

Trois thématiques exploratoires

Après la signature de l'accord entre les trois partenaires, au printemps 2009, et l'inauguration de la chaire le 3 juin, une campagne de recrutement de chercheurs a été menée. En septembre, le travail a commencé autour de trois thématiques exploratoires. La première s'est concentrée sur la gestion des déchets, de leur ramassage à leur recyclage.

La deuxième s'est penchée sur les « tournées de véhicules verts » : dans le domaine du transport et de la logistique (notamment pour la livraison et la distribution de colis), il s'agit de cibler la manière la plus économique de réaliser ces tâches, par exemple par un choix rai-

sonné d'itinéraires. La dernière thématique a été initiée lors de la participation à un « challenge⁽²⁾ » initié par la Société française de recherche opérationnelle.

En l'occurrence, EDF a posé un problème de gestion d'énergie qui consistait à calculer des plans de gestion optimaux pour des centrales de production électrique au niveau national. Les membres de la chaire OSD ont été qualifiés lors de ce challenge.

Des jalons pour les années suivantes

Les partenaires de la chaire ont à cœur de renforcer son impact en attirant d'autres industriels aux problématiques voisines. L'objectif est de les impliquer dans ces recherches et leur financement afin qu'ils bénéficient de leurs résultats. À plus long terme, des prototypes d'outils seront élaborés et évalués.

(1) La cryptographie quantique représente un ensemble de protocoles permettant de distribuer une clé de cryptage secrète entre deux interlocuteurs distants, en assurant la sécurité de l'information.

(2) Un challenge est un problème soumis par une entreprise à des équipes de recherche.

Interview



André CHAILLOUX, chercheur au LRI

« Nous avons trouvé une limite au problème du lancer de pièces le plus général. »

Sur quel thème de recherche travaillez-vous au LRI ?

Dans le domaine des algorithmes et vérifications, nous étudions depuis plusieurs années des « protocoles quantiques de lancer de pièces ». Ce thème nous permet d'aborder un objectif plus large, à savoir comment assurer la confidentialité et la sécurité d'une transmission d'informations entre deux interlocuteurs distants.

En quoi consistent ces protocoles de lancers de pièces ?

La situation théorique est la suivante : Alice et Bob sont en instance de divorce, et habitent dans des maisons séparées. Ils veulent jouer à pile ou face pour décider qui va récupérer la voiture. Mais ils ne se font pas confiance. Ce problème est impossible à résoudre en informatique classique de façon inconditionnelle. En effet, il serait possible de résoudre tous les protocoles de lancers de pièces ou encore de casser tous les codes bancaires si on avait des milliards d'ordinateurs à disposition.

De quelle manière avez-vous abordé cette problématique ?

L'informatique quantique permet de travailler sur ce type de protocole. Contrairement à l'informatique classique, ce sont les lois de la physique qui garantissent la sécurité du protocole. Les résultats montrent jusqu'à présent que l'on peut lancer des pièces avec des biais non nuls. En parallèle, un autre résultat montre qu'il n'existe pas de lancer de pièces parfait. Une personne qui triche pourra toujours biaiser la pièce avec une probabilité aux alentours de 71 %. Notre objectif de recherche était de trouver le biais optimal.

Quelles étapes avez-vous franchies en 2009 ?

Nous avons réussi à atteindre cette borne de 71 %. En fait, dans ce genre de protocole, toute la difficulté est de trouver les nouvelles méthodes d'interaction quantiques qui permettent un tel résultat. Le résultat obtenu est impossible en informatique classique (c'est-à-dire usuelle).

Dans quels cas ces protocoles pourraient-ils être utilisés ?

Par exemple, dans un casino *online*. Si l'on veut être sûr que ni le joueur ni le casino ne biaisent les résultats. Ce genre de protocole assure une sécurité dans les deux sens. Plus généralement, le protocole de lancer de pièces est lié à de nombreux problèmes de cryptographie et de sécurité.

COMPOSITION DES COMITÉS ET CONSEILS

En décembre 2009.

Le comité de pilotage

M. ROBIN, directeur de Digiteo/ M.-C. GAUDEL, professeure émérite à l'Université Paris-Sud 11/ M. BEAUDOUIN-LAFON, directeur du Laboratoire de recherche en informatique de l'Université Paris-Sud 11 et du CNRS (LRI)/ Y. BOURDA, chef du département informatique (Supélec)/ R. CAMMOUN, directeur du Laboratoire d'intégration des systèmes et des technologies (CEA LIST)/ P. BAPTISTE, directeur du Laboratoire d'informatique de l'École Polytechnique (LIX)/ M. BIDOIT, directeur du centre de recherche INRIA Saclay – Île-de-France/ A. PETIT, directeur du centre de recherche INRIA Paris-Rocquencourt/ J. OKSMAN, directeur de la recherche et des relations industrielles de Supélec/ P. LE QUÉRÉ, directeur du LIMSIS-CNRS/ J.-F. ROCH, directeur adjoint de l'École Normale Supérieure de Cachan/ G. CAUDAL, vice-président du conseil scientifique de l'UVSQ/ E. DE ROCQUIGNY, directeur adjoint de la recherche de l'École Centrale de Paris/ T. COLLETTE, chef du service architectures et conception au CEA LIST.

Le comité des programmes

M.-C. GAUDEL, présidente du comité, professeure émérite à l'Université Paris-Sud 11/ C. DAL BALCON, responsable administrative à l'Université Paris-Sud 11/ T. COLLETTE, chef du service architectures et conception au CEA LIST/ A. PLUQUET, chef du département des technologies du capteur et du signal au CEA LIST/ D. PLATTER, chef du département technologies des systèmes intelligents au CEA LIST/ C. POUSSARD, direction de la simulation et des outils expérimentaux au CEA DEN/ P. TARROUX, directeur adjoint du LIMSIS/ C. MARCHÉ, directeur de recherche à l'INRIA Saclay – Île-de-France/ J.-J. LÉVY, directeur de recherche à l'INRIA Paris-Rocquencourt/ P. DAGUE, directeur-adjoint du LRI/ R. REYNAUD, professeur, IEF/ L. LIBERTI, professeur, LIX/ B. DRÉVILLON, directeur du LPICM/ G. FLEURY, chef du département signaux & systèmes électroniques à Supélec/ E. WALTER, directeur du L2S, président du comité DIM/ C. REY, professeur, LMT-Cachan/ M. AIGUIER, professeur, MAS/ S. TOHMÉ, directeur du laboratoire PRISM.

Le comité de valorisation

F. FABRE, présidente du comité, adjointe au directeur de la valorisation, CEA-direction de la recherche technologique/ L. BORDAIS, responsable service partenariat et valorisation de la délégation Île-de-France Sud du CNRS/ D. FAYARD, vice président valorisation et partenariats privés de l'Université Paris-Sud 11/ J.-M. LE ROUX, directeur adjoint de la recherche et des relations industrielles de

Supélec/ S. TONDA-GOLDSTEIN, chargée d'affaires, direction des relations Industrielles et des partenariats de l'École Polytechnique/ C. ENGRAND, responsable de l'incubateur d'entreprises de l'École Centrale de Paris/ C. HAMON, responsable valorisation à l'École Normale Supérieure de Cachan/ A. GUERRAZ, responsable relations industrielles et valorisation, INRIA Saclay – Île-de-France/ M. GUITARD, chargée de la valorisation de la recherche à l'UVSQ.

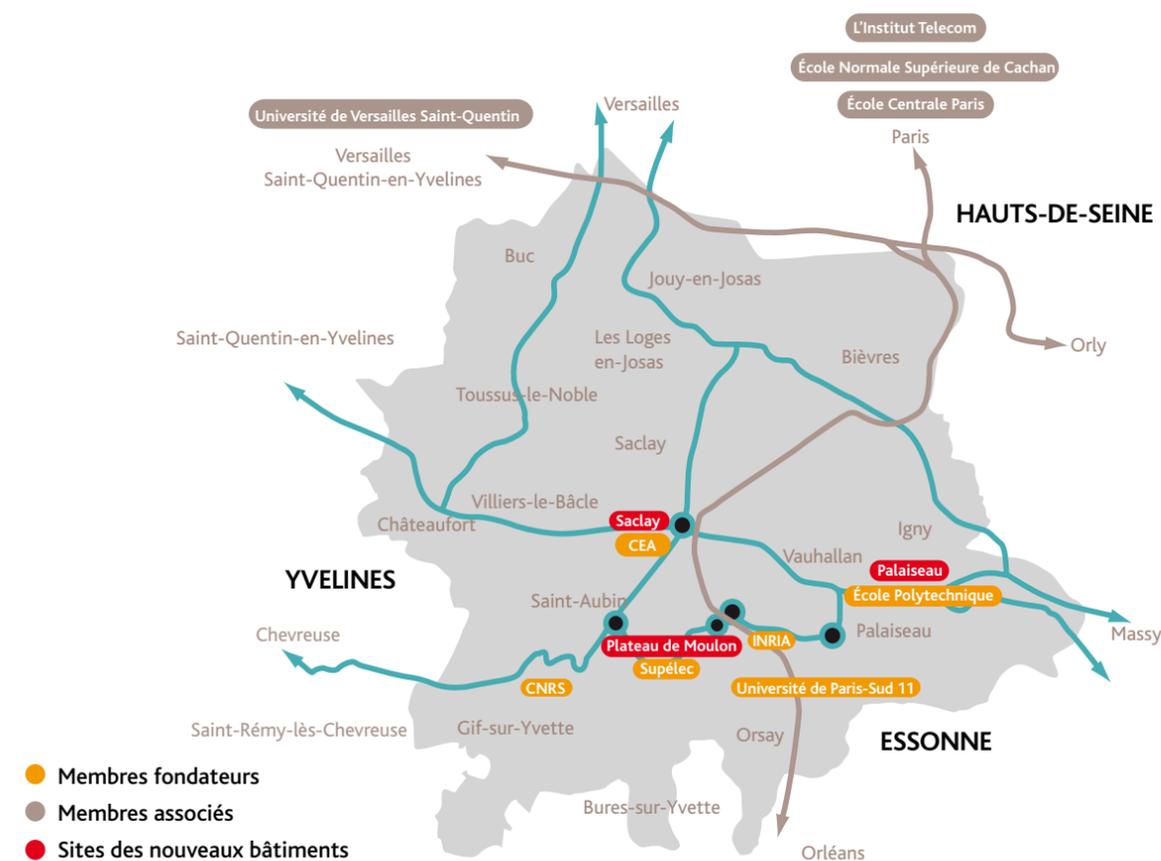
Le conseil scientifique

J. K. LENSTRA, general director, Centrum voor Wiskunde en Informatica, Amsterdam/ R. ALUR, Zisman Family professor, University of Pennsylvania/ S. BENEDETTO, full professor of Digital Communications, Politecnico di Torino/ R. GLOWINSKI, Cullen professor of Mathematics and Mechanical Engineering, University of Houston/ O. KHATIB, professor of Computer Science, Stanford University/ M. KWIATKOWSKA, fellow of Trinity College, Oxford University Computing Laboratory/ T. RODDEN, professor of Computing, University of Nottingham/ P. STEVENS, reader in Software Engineering, University of Edinburgh.

Le conseil d'administration de la fondation

Président : P. VIALLE, président du CA depuis le 28 avril 2009// **Représentants des fondateurs** : Y. CARISTAN, directeur du centre du CEA Saclay et directeur des sciences de la matière/ C. GIRARD, adjoint du directeur du CEA DRT/ P. GUILLON, directeur du département ingénierie du CNRS/ B. GIRARD, directeur du département mathématiques, physique, planète et univers du CNRS/ M. COSNARD, président-directeur général de l'INRIA/ J.-P. VERJUS, directeur général adjoint de l'INRIA/ X. MICHEL, directeur général de l'École Polytechnique/ J.-L. MARTIN, directeur général de l'Institut d'Optique Graduate School/ Y. DEMAY, directeur de l'ENSTA ParisTech/ D. MAUGARS, président-directeur général de l'Onera/ A. BRAVO, directeur général de Supélec (président du CA du 28 octobre 2008 au 27 avril 2009)/ G. COURAZE, président de l'Université Paris-Sud 11/ J.-J. GIRERD, vice-président de l'Université Paris-Sud 11// **Personnalité qualifiée** : D. VERNAY, président du pôle de compétitivité SYSTEM@TIC PARIS-REGION// **Représentant de l'État** : M. GUILLON, recteur de l'académie de Versailles// **Représentants des personnels scientifiques** : P. AMAR, LRI/ A. LUPU, CNRS// **Représentants des partenaires associés** : H. BIAUSSER, directeur de l'École Centrale Paris/ J.-Y. MÉRINDOL, directeur de l'École Normale Supérieure de Cachan.

LE PLATEAU DE SACLAY, TERRITOIRE DU RÉSEAU DIGITEO



Contacts

Direction

Maurice ROBIN, directeur
direction@digiteo.fr
Catherine MOREAU, assistante
01 69 33 21 62
catherine.moreau@digiteo.fr

Communication

Sophie PALES,
responsable de la communication
01 69 33 21 67 – sophie.pales@digiteo.fr

Valorisation

Stéphane HOPENSZTAND,
ingénieur marketing – 01 69 33 21 71
stephane.hopensztand@digiteo.fr
Vanessa PEDRON, chef de projet
formations – 01 69 33 21 74
vanessa.pedron@digiteo.fr
Gunnar PETTERSSON,
ingénieur marketing – 01 69 33 21 68
gunnar.petterson@digiteo.fr
Lauréline RENAULT, coordinatrice du
projet européen FITT – 01 69 33 21 72
laureline.renault@digiteo.fr

Secrétariat général de la fondation

Jean-Louis PIERREY, secrétaire général
01 69 33 21 65
jean-louis.pierrey@fcs-digiteotrianglephysique.fr
Carole FRETIGNY, assistante
01 69 33 21 66
carole.fretigny@fcs-digiteotrianglephysique.fr
William SABIRON, responsable
administratif et financier – 01 69 33 21 73
william.sabiron@fcs-digiteotrianglephysique.fr