

Rapport d'activité du Laboratoire de Recherche et Développement de l'EPITA

1998 – 2010



EPITA-LRDE, 14-16 rue Voltaire, FR-94276 Le Kremlin-Bicêtre, France
Téléphone +33 1 53 14 59 22 — Fax +33 1 53 14 59 13
info@lrde.epita.fr — <http://www.lrde.epita.fr>

Table des matières

1	Introduction	4
1.1	Historique	4
1.2	Effectif	5
1.2.1	Un travail de transmission	6
1.3	Infrastructure	7
1.4	Budget	7
2	Bilan de recherche	9
2.1	Thème 1 – Reconnaissance des formes	9
2.1.1	Traitement d’images	9
2.1.2	Reconnaissance du locuteur et traitement de la parole	13
2.2	Thème 2 – Automates et vérification	16
2.2.1	Automates Finis à Multiplicités	17
2.2.2	Vérification formelle	18
2.3	Axe transversal – Généricité et performance	20
2.3.1	Paradigmes de programmation et expressivité des langages	20
2.3.2	Atelier de Transformation de Programmes C++	22
3	Bilan de l’activité du LRDE	24
3.1	Les projets de recherche	25
3.1.1	Projets à financement public	25
3.1.2	Projets à financement privé	28
3.2	Les bibliothèques internes	29
3.3	Participations aux comités de conférences et revues	33
3.3.1	Comité d’organisation de conférences	33
3.3.2	Comité de programme de conférences	33
3.3.3	Comité de lecture de revues	33

4 Perspectives	34
4.1 Reconnaissance des formes	34
4.1.1 Traitement d'images	35
4.1.2 Reconnaissance du locuteur	35
4.2 Automates et vérification	36
4.2.1 Automates	36
4.2.2 <i>Model checking</i>	37
4.3 Axe Transversal – Généricité et performance	38
4.3.1 Performances	38
4.3.2 Paradigmes	38
A Le Conseil Scientifique de l'EPITA	40
B Publications du LRDE	41
C Séminaire Performance et Généricité du LRDE	60
D Les anciens étudiants-chercheurs du LRDE	62

1 Introduction

Le LRDE est un laboratoire de recherche sous tutelle de l'École Pour l'Informatique et les Techniques Avancées (EPITA). Il est composé de 8 chercheurs, 2 administratifs, 3 thésards et 6 étudiants-chercheurs fin 2010. Son financement est couvert à 90% par l'EPITA, le reste venant de contrats industriels et de projets académiques.

Appartenant à une école privée, le LRDE est une exception dans un monde où la recherche académique scientifique est quasi exclusivement du ressort d'organismes publics. Aujourd'hui, fort de sa production scientifique et de ses collaborations universitaires, le LRDE présente le bilan de ses 12 années d'activités à travers ce rapport, tant comme une étape de réflexion et d'orientation que comme outil de communication vis-à-vis de la communauté scientifique.

1.1 Historique

Le LRDE a été créé en 1998 à l'initiative de Joël Courtois, directeur de l'EPITA, qui désirait équiper l'école d'un véritable laboratoire académique, tant pour attirer des enseignants de qualité que pour participer à la reconnaissance de l'école par ses pairs. En même temps le laboratoire permettrait aux meilleurs élèves de l'école de s'initier au monde de la recherche en participant à des projets de recherche.

La genèse

Dès sa conception le laboratoire a intégré des étudiants durant leur cycle d'ingénierie afin de leur faire découvrir le monde de la recherche à travers une participation au développement des projets. Ces projets sont ou ont été (cf <http://projects.lrde.epita.fr/>):

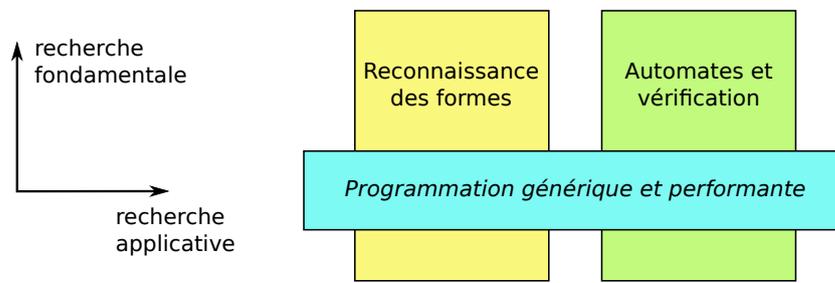
- Olena (98-...) une plate-forme de traitement d'images qui veut marier la simplicité d'utilisation et la performance,
- Urbi et Orbi (99-02) un environnement distribué de création de mondes virtuels,
- Tiger (99-...), un projet éducatif pour l'apprentissage des techniques de programmation par la construction de compilateurs,
- Vaucanson (01-...) une plate-forme de manipulation des automates finis,
- Transformers (02-09) une bibliothèque de transformation de code source de C++ naïf vers du C++ optimisé,
- APMC (04-06) un *model checker* probabiliste distribué,
- SPOT (07-...) un *model checker* déterministe.

En plus de ces projets, des recherches ont été lancées dans les domaines de la vérification du locuteur, de la programmation fonctionnelle, de la géopolitique de l'Internet ou de la simulation numérique des mouvements granulaires.

La diversité de ces recherches trouve son origine dans la diversité des membres du LRDE.

La maturation

En 2005, sous l'impulsion du Conseil Scientifique tout juste créé, la nécessité est apparue de structurer le laboratoire autour de thématiques de recherche afin de permettre au laboratoire de percer dans le monde académique et industriel. La définition de cette thématique a été difficile à trouver. Le point commun le plus visible était, et l'est toujours, la *programmation générique et performante*. Il s'agit clairement de la marque de fabrique du laboratoire que l'on retrouve dans différents projets du laboratoire et a donné lieu à une dizaine de publications, cf section 2.3. Aujourd'hui le séminaire du laboratoire porte sur cet aspect, cf annexe C. Mais ce type de programmation est un outil au service de projets de recherche qui sont les réelles activités principales des chercheurs. Parmi ces activités le traitement d'images était déjà la thématique la plus importante du laboratoire mais noyée parmi les autres. Aussi après un long processus de réflexion, le LRDE a retenu deux thématiques : Reconnaissance des formes, cf section 2.1 et Automates et vérification, cf section 2.2.



Aujourd'hui les recrutements de nouveaux chercheurs, maîtres de conférences ou thésards ne se font plus que dans ces thématiques.

1.2 Effectif

L'effectif actuel comprend les chercheurs suivants :

Nom	Né en	Formation	Statut	Arrivée
Ala-Eddine Ben-Salem	1980	M2 SLCP (INP Toulouse)	Doctorant	2010
Roland Levillain ¹	1980	EPITA / M2 SIRF (ENST)	Doctorant	2005
Yongchao Xu	1986	M2 (Paris XI)	Doctorant	2010
Guillaume Lazarra	1985	EPITA	Ing. de recherche	2008
Réda Dehak	1975	Dr ENST	MdC	2002
Akim Demaille	1970	X / Dr ENST	MdC	1999
Alexandre Duret-Lutz	1978	EPITA / Dr Paris VI	MdC	2007
Thierry Géraud	1969	ENST / Dr ENST	MdC	1998
Jonathan Fabrizio	1978	Dr Paris VI	MdC	2009
Olivier Ricou	1966	Dr Paris VI	MdC – Directeur	2002
Didier Verna	1970	ENST / Dr ENST	MdC	2000

TABLE 1 – Chercheurs du LRDE

L'ensemble des docteurs sont docteurs en informatique à l'exception d'Olivier Ricou qui est docteur en mathématique (Analyse Numérique).

L'équipe est aidée par Daniela Becker pour les aspects administratifs et par Geoffroy Fouquier pour l'administration système.

Par le passé certains membres du LRDE ont poursuivi leur carrière dans la recherche :

Nom	Formation	Statut	Présence	Actuellement
Jérôme Darbon	EPITA	Doctorant + MdC	2001–2006	CNRS
Fabien Freling	EPITA	Ing. de recherche	2009–2010	Ingénieur R&D
Alexandre Hamez	M2 Paris VI	Doctorant	2005–2009	Postdoc Toulouse
Alban Linard	M2 Paris VI	Doctorant	2005–2009	Postdoc Genève
D. Papadopoulos -Orfanos	Dr ENST	Postdoc	1999	CEA
Sylvain Peyronnet	Dr Paris XI	MdC	2004–2006	MdC Paris XI
Heru Xue	Dr (Chine)	Chercheur	2001–2002	MdC en Chine

Ces effectifs passés et présents de salariés du LRDE ont toujours été complétés par des étudiants-chercheurs (cf ci-dessous).

1.2.1 Un travail de transmission

Une originalité du LRDE est son cursus de formation par la recherche qui permet à une poignée d'étudiants de l'EPITA d'intégrer le monde de la recherche dès leur première année d'ingénieur. Ce travail entre l'enseignement et la recherche génère des pré-thésards et intervient à ce titre dans ce rapport d'activité.

Ainsi 104 étudiants ont été rattachés au LRDE en 11 ans. Ils ont eu leur bureau à côté de celui de leur responsable, ils ont participé aux travaux de recherche de ce dernier et certains ont pu présenter leurs résultats dans des conférences internationales.

Un nombre important ont fait leur stage de fin d'étude dans des laboratoires de recherche, en France ou à l'étranger. 43 ont fait un M2 recherche, 14 sont devenus docteur et 15 sont en thèse.

Aujourd'hui 1 ancien élève du LRDE a rejoint le CNRS et 3 sont Maîtres de Conférence :

- Jérôme Darbon, (promo 2001) : chercheur CNRS au CMLA (ENS Cachan),
- Alexandre Duret-Lutz (promo 2001) : MdC au LRDE (EPITA),
- Yann Régis-Gianas (promo 2003) : MdC au PPS (Paris VII),
- Jean-Baptiste Mouret (promo 2004) : MdC à l'ISIR (Paris VI).

1. Roland a été ingénieur de recherche au laboratoire de 2005 à 2007, date à laquelle il a commencé sa thèse.

1.3 Infrastructure

Le LRDE est situé sur le campus de l'EPITA, au Kremlin-Bicêtre, Porte d'Italie.

Il dispose d'un espace dédié d'environ 200 m² qui comprend les bureaux, une bibliothèque et une salle machine. Cet espace nous permet d'accueillir des collaborateurs temporaires, élèves, stagiaires, thésards, professeurs invités, dans de très bonnes conditions.

Le laboratoire a bien sûr accès aux infrastructures de l'école, en particulier aux amphithéâtres pour ses séminaires.

Les ressources informatiques comprennent, en dehors des machines des permanents, un cluster de calcul et différents serveurs hébergeant les services du laboratoire, dont les services automatiques de validation du code développé au sein du laboratoire, cf section 3.2. Le réseau du laboratoire est séparé de celui de l'école et ne dépend du dernier que pour sa connexion à Internet.

1.4 Budget

Le budget du LRDE sur les dernières années est résumé figure 1.

Les coûts comprennent essentiellement les salaires de ses membres. La part des CDD a progressé durant les quatre dernières années mais devrait céder le pas afin d'augmenter celle des CDI à savoir surtout les thésards.

Concernant le financement du LRDE, il est couvert à 90% par l'EPITA, le reste provenant de projets académiques et industriels.

Les enseignants-chercheurs consacrent une partie de leur temps à l'enseignement et au fonctionnement de l'école, environ 1/3 de leur temps, une partie à la recherche, toujours 1/3 et le dernier tiers varie suivant les personnes. Les charges d'enseignement sont comparables à celles des universités.

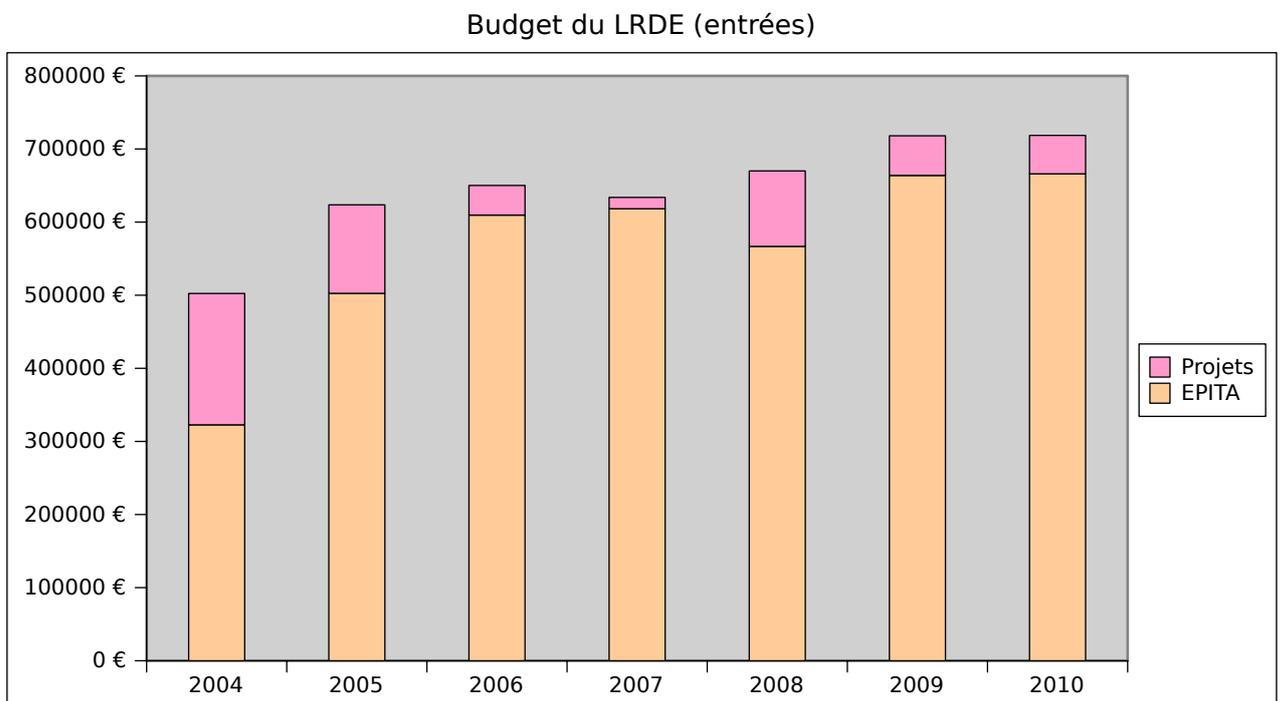
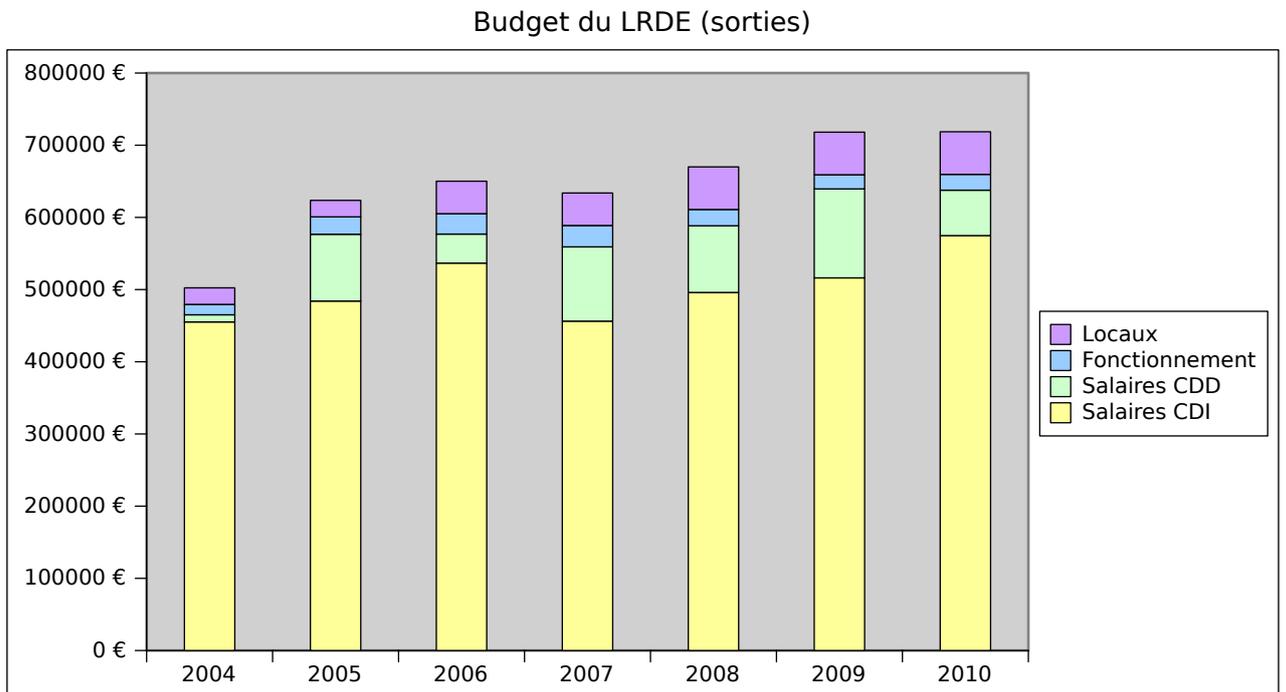


FIGURE 1 – Répartition du budget du LRDE

2 Bilan de recherche

Le but du LRDE est de développer de nouveaux concepts dans ses domaines de recherche en allant de la théorie jusqu'à l'implémentation réutilisable. Ce dernier point est une caractéristique du laboratoire qui intègre le plus possible ses recherches académiques dans des bibliothèques ouvertes. Ainsi chacun peut les télécharger et mesurer par lui-même l'intérêt des recherches effectuées au LRDE, voire s'appuyer dessus pour aller plus loin. En plus de leur efficacité en tant qu'outils de recherche, ces bibliothèques sont aussi des outils de communication forts utiles pour nouer des relations avec des partenaires académiques et industriels.

Les trois bibliothèques majeures du LRDE sont Olena pour le traitement d'images, Vaucanson pour les automates finis et Spot pour le *model checking*. Aujourd'hui Olena est la plus aboutie et a déjà été utilisée dans différents projets académiques et industriels. Spot, déjà reconnue dans le milieu académique est en cours d'industrialisation. Enfin Vaucanson est un outil destiné aux chercheurs qui a reçu un financement de l'ANR en 2010 pour le rendre pleinement exploitable. Ces bibliothèques sont présentées dans la section 3.2 ainsi que dans les sections de leur thématique de recherche.

Ce travail important sur la création de bibliothèque a néanmoins un impact sur la production d'articles. Il est nettement plus long de construire une bibliothèque qui soit assez solide et performante pour intégrer les nouveaux résultats de la recherche que de programmer un prototype pour chaque idée qui génère un article.

2.1 Thème 1 – Reconnaissance des formes

2.1.1 Traitement d'images

Le traitement d'images au LRDE comprend essentiellement l'algorithmique en morphologie mathématique. Les domaines d'application principaux sont la dématérialisation d'images de documents et le traitement d'images médicales.

Nous avons intégré l'état de l'art de ces parties et l'ensemble de nos résultats dans notre bibliothèque générique et performante de traitement d'images, Olena.

Bibliothèque générique et performante

La réalisation de la bibliothèque Olena s'inscrit dans la démarche de bâtir à terme une plate-forme dédiée à ce domaine. Les concepts fondamentaux sont décrits dans Duret-Lutz (2000). Afin de pouvoir traiter de façon effective des volumes importants de données, nous devons garantir de bonnes performances pour les algorithmes de la bibliothèque. Pour cela, nous utilisons un paradigme statique, qui contraste avec la nature dynamique des outils satellites de la plate-forme (environnement à interface graphique, shell, exécutables en ligne de commande, etc.). La problématique de tirer un pont entre ces deux mondes fait l'objet de la thèse de Roland Levillain en partenariat avec l'ESIEE.

Pour la bibliothèque au cœur de la plate-forme, nous avons montré qu'il était possible de

concilier performance et généricité (postdoc de Dimitri Papadopoulos-Orfanos) (Géraud et al., 1999). Concrètement, il s’agit de pouvoir écrire un algorithme de façon unique, sachant que les entrées de cet algorithme peuvent être de différentes natures, tout en préservant les performances grâce à une programmation statique (Géraud et al., 2001). En particulier, nous avons montré qu’il était possible en C++ de traduire de façon statique les modélisations orientées-objet classiques (Burrus et al., 2003). Nous avons également proposé une solution pour supporter la notion de *concepts*¹ directement dans le langage (Géraud and Levillain, 2008).

Du point de vue du génie logiciel, les modèles de conception (*design patterns*) offrent des solutions à la réutilisabilité mais s’appuient sur un paradigme dynamique. Aussi nous avons défini un modèle de re-conception (Géraud and Duret-Lutz, 2000) puis nous avons formalisé les traductions statiques des modèles les plus courants (Duret-Lutz et al., 2001).

Traduction “image → concepts”

La mise en programme informatique des entités du domaine du traitement des images doit préserver la nature abstraite de ces entités sans sacrifier les performances. Pour cela, il était nécessaire de définir ces entités à travers leurs interfaces respectives et de pouvoir implémenter de façon effective des algorithmes s’appuyant sur ces interfaces. Nous avons donné une solution très préliminaire d’écriture générique des algorithmes avec ces interfaces abstraites dans Géraud et al. (2000). Depuis, l’écriture des algorithmes a été simplifiée et le niveau d’abstraction a été augmenté. Des définitions plus flexibles nous ont permis d’obtenir des algorithmes encore plus généraux; en particulier, nous avons montré qu’il était ainsi possible de traiter des images “classiques” aussi bien que des graphes ou des maillages (Levillain et al., 2010a).

Après la réalisation de plusieurs prototypes qui nous ont servi de preuves de concepts et qui nous ont permis d’affiner notre cahier des charges, la première version de notre bibliothèque Olena a été diffusée en 2009.

Algorithmique et morphologie mathématique

L’écriture générique d’algorithmes conduit à une meilleure lisibilité du code de ces algorithmes; la traduction en programmes est alors quasi-littérale (Darbon et al., 2002). Une étape supplémentaire dans l’écriture des algorithmes apparaît lorsque l’on constate que plusieurs opérateurs de traitement partagent une ossature algorithmique commune. Il est alors envisageable d’écrire du code à trous, des *canevas*, et de décliner les différentes “versions” d’opérateurs en fournissant un foncteur définissant les parties variables (les trous).

Une telle étude a été menée sur l’algorithme *union-find* de Tarjan pour l’implémentation des filtres connectés (Géraud, 2005b). Nous avons également discuté l’implémentation des opérateurs de morphologie mathématique sous le jour de ces canevas algorithmiques, sortes de méta-algorithmes (Géraud et al., 2010b,a).

L’écriture générique touche aussi la structure des données et permet de manipuler des topologies particulières comme les maillages ou les complexes. Ainsi dans le cadre du

1. Système de contrainte sur les types paramétrés qui devrait un jour intégrer la norme du C++.

projet Mélimage, cf 3.1.1, nous avons traité des images d'IRM fonctionnel $2D + t$ afin de segmenter une tumeur en plusieurs régions de comportement fonctionnel homogène. Au lieu de considérer que l'image était $3D$, nous avons représenté l'image $2D$ par un *complexe* cubique et les valeurs de pixels (2-faces du complexe) étaient donc des fonctions du temps. Une segmentation par ligne de partage des eaux à l'aide du voisinage de la grille de fusion parfaite a alors donné une séparation des régions par des contours positionnés sur les 0-faces et 1-faces (objets géométriques inter-pixels).

On voit qu'il a été nécessaire d'introduire un nouveau type de structure nommée *complexe*. Cette structure provient d'une approche de plus en plus fréquente en traitement d'images qui est de ne pas considérer seulement les pixels (2-faces) d'une image, mais aussi les données *entre* ces pixels (arêtes ou 1-faces) ainsi qu'entre ces dernières (points ou 0-faces). De telles structures permettent de mieux représenter la topologie des images discrètes. L'approche générique en traitement d'images permet d'écrire des algorithmes uniques fonctionnant sur des images basées sur des complexes aussi naturellement que sur des images dites classiques. Nous avons montré que cette approche était effective en morphologie mathématique (Levillain et al., 2009) et en géométrie discrète (Levillain et al., 2010b).

Un autre exemple porte sur les arbres de composantes afin d'identifier les objets d'une image. Pour cela, les images sont décrites par la structure topologique de complexe cubique, les 1-faces permettant de représenter les frontières des composantes. La thèse de Yongchao Xu, commencée en octobre 2010 en partenariat avec Laurent Najman (A3SI, LIGM, Université Paris-Est) porte sur les possibilités qu'offre la structure auto-duale d'arbre des formes, exprimée sur des complexes cellulaires, pour la reconnaissance d'objets et la segmentation.

Applications

La principale application des recherches en traitement d'images au LRDE a concerné la dématérialisation de documents. Ce travail a été appliqué dans le contexte de scanners *intelligents* avec la société SWT, de traitement de photos de presse avec l'AFP et d'aide à la gestion des données par un système d'indexation des documents dans le cadre du projet Scribo.

Extraction de texte dans les images naturelles

La localisation du texte dans une image a été abordée par deux approches différentes : une méthode lente (de l'ordre de la minute) mais robuste et une méthode moins robuste mais extrêmement rapide (moins d'une seconde par image).



FIGURE 2 – Détection de texte dans les photos

La première méthode est issue d'un travail conjoint entre le Centre de Morphologie Mathématique (Mines Paristech), le Laboratoire d'Informatique de Paris VI (Université Pierre et Marie Curie) et le LRDE (Minetto et al., 2010). Elle se décompose en deux parties : localisation et validation. Lors de la phase de localisation, l'image est segmentée par une méthode de morphologie mathématique (le TMMS), puis les lettres sont extraites par un classifieur et regroupées pour former des zones de texte. Lors de la phase de validation, les zones de texte sont vérifiées par un autre classifieur pour éliminer les faux positifs.

La seconde méthode est plus épurée : l'image est dans un premier temps segmentée par une adaptation multi-échelles de la méthode de Sauvola puis les composantes proches présentant des caractéristiques similaires sont regroupées pour former les zones de texte.

Documents structurés

Le traitement de documents structurés au sein du LRDE a commencé avec la société SWT et a mené au dépôt de deux brevets, Européen et Américain, sur un algorithme de détection du type de document ainsi qu'à un prix, le prix européen de l'innovation IST 2004.

Par la suite nous avons participé au projet SCRIBO, cf 3.1.1, dont le but est de fournir des outils libres pour faire de l'indexation semi-automatique de documents. Dans ce cadre, nous avons développé des outils pour segmenter et reconstruire des documents structurés initialement sous forme d'image.

Notre méthode, basée sur une approche par composantes, identifie les composantes de texte et par déduction celles d'une autre nature. *In fine* nous identifions et localisons les différents objets des documents (3a et 3b). Une étape importante en amont de la chaîne est la binarisation. Pour cela nous utilisons l'algorithme de Sauvola, qui, malheureusement, ne gère pas les objets de tailles diverses sur un même document. Aussi nous avons développé une solution que nous avons utilisée dans un concours de binarisation d'archives.



(a) Exemple de document numérisé.

(b) Résultat. Les boîtes vertes correspondent aux lignes de texte, celles en orange aux images.

FIGURE 3 – Segmentation de documents numérisés.

Notons que, fidèles à notre principe de généralité, l'ensemble des outils développés peuvent être appliqués à d'autres cas d'utilisation sans modifications majeures. Ils seront distribués sous forme de modules avec notre bibliothèque de traitement d'images courant 2011. Certains sont également disponibles sous forme de démo en ligne sur notre site Web².

Enfin ces travaux seront intégrés dans le logiciel Nepomuk de bureau *intelligent* pour l'environnement KDE de Linux. Cela a mené à l'intégration d'Olena dans la distribution Linux de Mandriva.

2.1.2 Reconnaissance du locuteur et traitement de la parole

Dans le domaine de la reconnaissance du locuteur, le LRDE travaille sur les problèmes liés à l'effet du canal, à la variabilité du locuteur dans le signal de parole et de représentation de l'identité du locuteur.

Ce travail est mené en collaboration avec l'équipe reconnaissance de la parole du Centre de Recherche en Informatique de Montréal (CRIM - CANADA) et l'équipe parole du MIT Computer Science and Artificial Intelligence Laboratory.

SVM pour la vérification du locuteur

Il existe deux types de représentation : les approches génératives sont basées essentiellement sur la modélisation des paramètres du locuteur en utilisant un modèle paramétrique représenté par un mélange de gaussiennes (GMM : *Gaussian Mixture Model*). Les autres approches utilisent des méthodes discriminantes pour apprendre à distinguer un locuteur d'un ensemble d'identités imposteur. Les approches les plus utilisées

2. cf <http://www.lrde.epita.fr/cgi-bin/twiki/view/Olena/Demos>

reposent sur les méthodes à Vaste Marge (SVM : *Support Vector Machine*).

L'un des principaux obstacles pour l'utilisation des méthodes SVM pour la vérification du locuteur est lié à la variabilité des enregistrements audio. Il existe deux approches différentes pour l'extraction d'un vecteur de dimension fixe à partir de la séquence de vecteurs acoustiques : la première approche regroupe les méthodes utilisant directement les vecteurs acoustiques comme ensemble d'apprentissage pour le SVM. La deuxième approche repose sur l'utilisation des méthodes SVM dans l'espace des paramètres des modèles GMMs, les méthodes GMM-UBM sont alors utilisées comme un extracteur de paramètre pour les méthodes SVM. Nos travaux entrent dans la seconde approche.

Nous avons étudié le noyau linéaire défini par un produit scalaire entre deux vecteurs moyennes et le noyau gaussien défini à partir de la distance de Kullback-Leibler (LB) entre deux GMMs. Nous avons montré l'importance de la normalisation des paramètres du modèle en utilisant les paramètres de l'UBM (M-NORM) pour l'amélioration des performances des systèmes (Dehak et al., 2007) ainsi que dans le cas d'utilisation de techniques de compensation du canal NAP (*Nuisance Attribute Projection*).

Un avantage des méthodes SVM est leur vitesse de calcul des scores. Cet avantage nous a motivé à étudier les possibilités de combinaison avec la méthode JFA (*Joint Factor Analysis*) qui permet une meilleure représentation de la variabilité du canal et du locuteur mais qui est lente. Aussi nous avons proposé une comparaison entre les deux approches dans Dehak et al. (2008a), puis nous avons intégré avec succès un noyau dérivé de la distance cosinus dans l'espace des paramètres JFA (Dehak et al., 2009b). Les performances obtenues sont similaires à la méthode JFA mais avec une vitesse de calcul nettement plus grande.

En parallèle, nous avons proposé d'utiliser une méthode de fusion dans l'espace des noyaux SVM en utilisant les approches MKL (*Multiple Kernel Learning*) (Dehak et al., 2008a, 2009b). Cette approche présente l'avantage de ne pas utiliser un ensemble d'apprentissage supplémentaire pour l'apprentissage des paramètres de la fusion. Ainsi les performances obtenues pour la fusion d'un noyau linéaire, d'un noyau gaussien et d'un noyau GLDS sont similaires à la fusion au niveau des scores et dépassent celle-ci dans certains cas.

I-Vector : une représentation simplifiée de l'identité du locuteur

Toujours dans le but d'améliorer les performances de la méthode JFA nous avons proposé un nouvel ensemble de paramètres pour la représentation des locuteurs (I-Vector : Identity Vector) (Dehak et al., 2009a; ?). Cet ensemble regroupe les deux variabilités (canal et locuteur) dans le même espace TV (*Total Variability space*). Nous utilisons des techniques simples de reconnaissance des formes (LDA : *linear Discriminant Analysis* et WCCN : *Within Class Covariance Normalization*) dans l'espace de faible dimension TV pour éliminer la variabilité du canal et du locuteur. Le score est obtenu directement en calculant une distance cosinus entre le segment de test et le segment d'entraînement. Cette approche permet d'obtenir les meilleures performances à ce jour et spécialement dans le cas de durée faible des échantillons d'entraînement et de test.

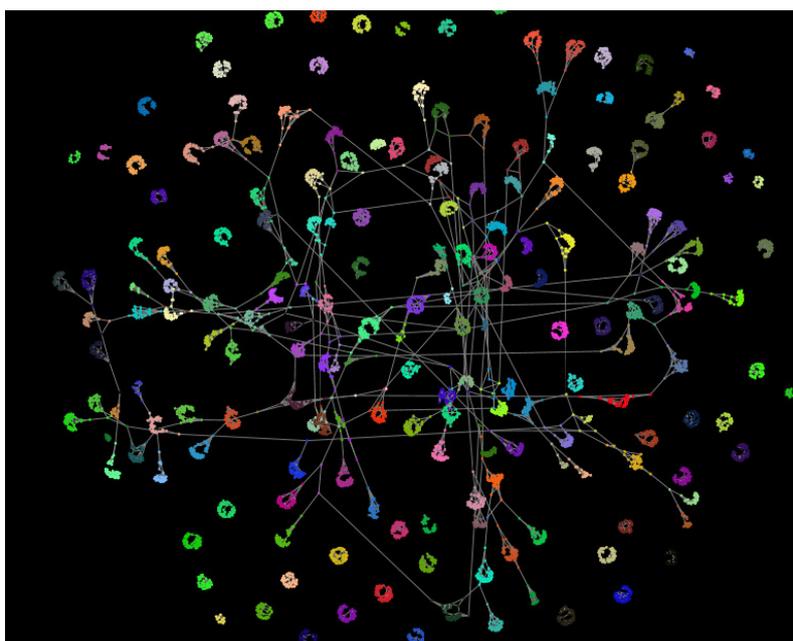


FIGURE 4 – Visualisation du graphe d’adjacence des différents locuteurs de la base NIST-SRE 2010

On peut voir sur la figure 4 le résultat de l’affichage du graphe d’adjacence de tous les locuteurs de la base NIST-SRE 2010 (Dehak et al., 2011). Le regroupement des échantillons du même locuteur explique les performances obtenues par cette approche.

Nous avons simplifié la normalisation des scores (Z-Norm et T-Norm) en l’intégrant directement dans le calcul de la distance (Dehak et al., 2010; Shum et al., 2010). Ceci a permis de réduire les temps de calcul.

Campagne d’évaluation des systèmes de vérification du locuteur NIST-SRE

Nous avons participé à la campagne d’évaluation des systèmes de vérification du locuteur organisée par NIST³ depuis le début du projet (Dehak et al., 2006; Perrot et al., 2006; Dehak et al., 2008b; Dehak and N.Dehak, 2010).

Le système proposé en 2006 était basé sur un simple GMM et un système SVM basé sur le noyau gaussien mais sans utilisation de technique de compensation du canal.

En 2008, nous avons proposé une fusion de plusieurs systèmes : nous avons fusionné deux systèmes utilisant des méthodes SVM avec un noyau linéaire et un noyau non linéaire avec trois systèmes utilisant des paramètres prosodiques permettant de représenter les caractéristiques à long terme du signal de parole.

En 2010, le système proposé utilise les I-Vector pour la représentation du locuteur et les

3. Le National Institute of Standards and Technology organise des compétitions dans différents tant pour stimuler la recherche que pour définir de nouvelles normes, cf <http://www.itl.nist.gov/iad/mig/tests/sre/>

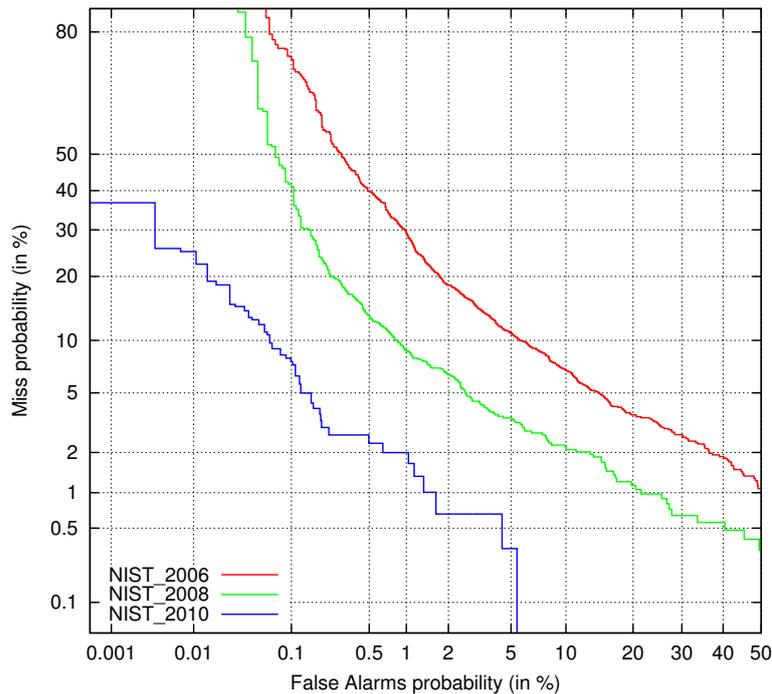


FIGURE 5 – Évolution des performances du système LRDE dans les compétitions NIST-SRE.

techniques décrite dans la section précédente pour la compensation du canal. Nous avons participé pour la première fois aussi à la tâche 10sec-10sec.

Sur la figure 5, on peut voir les courbes DET⁴ décrivant les performances des principaux systèmes soumis à la compétition NIST pour la tâche obligatoire. Nous avons réussi à améliorer les performances de notre système à chaque fois.

2.2 Thème 2 – Automates et vérification

L'équipe automate du LRDE s'intéresse à la manipulation d'automates dans deux optiques différentes. La première est l'algorithmique des automates finis à multiplicités (ou à poids) dans un cadre générique qui puisse se spécialiser sur des automates particuliers. La seconde est l'utilisation d' ω -automates (des automates reconnaissant des mots infinis) pour faire de la vérification formelle. Ces deux axes, bien que traitant tous les deux d'automates, correspondent en fait à deux communautés différentes, avec peu d'échanges.

4. Detection Error Tradeoff

2.2.1 Automates Finis à Multiplicités

Notre ambition concernant ce projet de recherche est le développement d'une plate-forme de manipulation d'automates finis à multiplicités qui offre la généralité, l'efficacité, le respect de la théorie et la polyvalence. La généralité pour supporter directement différents types de machines à états finies, au sens large, automates ou transducteurs avec multiplicités (les mots manipulés étant définis dans un monoïde quelconque, pas nécessairement libre, et les multiplicités dans un semi-anneau). L'efficacité pour pouvoir travailler sur des automates de taille conséquente. Le respect de la théorie pour offrir à l'utilisateur une expressivité des algorithmes aussi proche que possible de leur description mathématique. Enfin la polyvalence afin que l'étudiant comme le chercheur confirmé, l'universitaire comme l'industriel, le monde du traitement des langues naturelles comme celui de la vérification formelle, puissent utiliser notre plate-forme naturellement.

Ce travail initié en 2001 par Jacques Sakarovitch (LTCI/ENST) et Sylvain Lombardy (alors au LIAFA, maintenant à l'IGM), réunit actuellement quatre partenaires avec l'arrivée 2007 de l'équipe du professeur Hsu-Chun Yen de l'université de Taipei. Cette collaboration a vu son travail reconnu par l'ANR et son homologue Taïwanais qui ont attribué en 2010 un financement pour la poursuite du projet.

Évolution

Les premières versions de cette plate-forme, appelée Vaucanson, ont été présentées à CIAA'03 (Lombardy et al., 2003) et CIAA'05 (Claveirole et al., 2005). Il s'agissait alors purement d'une bibliothèque, sans interface utilisateur.

Elle a été enrichie d'une interface de commande (appelée TAF-Kit) en 2006. Cette interface a été suivie de deux prototypes d'interface graphique (le premier en Java, le second en C++); l'équipe Taïwanaise est partie du premier prototype qu'elle a grandement réécrit et qu'elle continue aujourd'hui.

En 2008 nous avons proposé à la communauté un format XML permettant de représenter tout type d'automate fini à multiplicités ainsi que les expressions rationnelles correspondantes (VAUCANSON group, 2004; Demaille et al., 2008a).

Aujourd'hui la version stable de Vaucanson date de novembre 2009, cf 3.2. Elle devrait être la dernière de sa branche, un travail de réflexion en profondeur nous a mené à redéfinir entièrement les interfaces. Nous souhaitons en particulier être capable de distinguer quatre types d'automates : les automates étiquetés par des lettres, ceux étiquetés par des atomes (lettres ou mot vide), ceux étiquetés par des mots, et ceux étiquetés par des expressions rationnelles (jusqu'à présent, Vaucanson ne connaissait que les deux derniers types). Ce changement, dont la nécessité s'est fait sentir de plus en plus au fil des ans, donnera lieu à la version 2.0 de Vaucanson. Ce projet a obtenu le support de l'ANR, cf ci-dessus.

2.2.2 Vérification formelle

L'autre aspect des automates étudiés concerne les ω -automates pour la vérification formelle ou *model checking*.

Pour vérifier qu'un modèle M vérifie une propriété comportementale φ , on procède en quatre étapes. (1) L'espace d'état du modèle est développé sous la forme d'un automate A_M dont le langage représente l'ensemble des scénarios d'exécution possibles. (2) La propriété est transformée en un automate $A_{\neg\varphi}$ dont le langage représente l'ensemble des comportements invalidant la propriété. (3) On construit le produit synchronisé des deux automates : c'est-à-dire un automate dont le langage $\mathcal{L}(A_M \otimes A_{\neg\varphi}) = \mathcal{L}(A_M) \cap \mathcal{L}(A_{\neg\varphi})$ représente l'ensemble des scénarios du modèle invalidant φ . (4) Enfin on vérifie que le langage du produit est bien vide avec un algorithme dit d'*emptiness check*.

Pour cela nous disposons de notre bibliothèque Spot, cf 3.2. L'aspect "bibliothèque" distingue Spot des *model checkers* classiques, qui sont plus "figés", c'est-à-dire câblés pour réaliser une suite d'opérations et rien d'autre. Nous portons dans notre cas une attention à pouvoir réutiliser, substituer, altérer, tout ou partie de la chaîne de vérification.

À terme, nous souhaiterions être capable de composer une chaîne de traitements dynamiquement, en l'adaptant au système et aux propriétés que l'on souhaite y vérifier ce qui mène à un *model checking* adaptatif (thèse en cours).

À court terme, Spot sert de milieu de culture que nous enrichissons en développant de nouveaux algorithmes, et qui nous permet de tester de nouvelles idées.

Actuellement les travaux en cours portent sur les hypothèses d'équité forte, l'agrégation d'états et la traduction des propriétés.

Hypothèses d'équité forte

Les hypothèses d'équité forte sont des propriétés du type *si un événement se produit infiniment souvent, alors un autre événement se produit infiniment souvent*. Intégrer plusieurs hypothèses similaires dans le processus de vérification implique un surcoût non négligeable. Typiquement, les automates de Büchi qui modélisent n hypothèses d'équité ont de l'ordre de $2n \times 3^n$ états. Nous avons montré qu'en utilisant des automates généralisés avec conditions d'acceptation sur les transitions, le nombre d'états pouvait être réduit à $2^n + 1$. Ce changement de type d'automate n'ayant pas de surcoût sur les algorithmes utilisés ensuite (notamment l'*emptiness check*), cette réduction du nombre d'état se traduit directement par un gain de temps. Nous avons aussi montré comment l'algorithme d'*emptiness check* utilisé sur ces automates pouvait être légèrement modifié pour travailler sur des automates de Streett. Ainsi l'*emptiness check* sous n hypothèses d'équité est n fois plus lent, mais les n hypothèses peuvent être représentées par un automate de Streett déterministe à un état. Nous échangeons donc un surcoût exponentiel pour un surcoût linéaire (Duret-Lutz et al., 2009).

Agrégation d'états, et produits alternatifs

Un *model checker* passe la plus grande partie de son temps à construire l'automate produit $A_M \otimes A_{\neg\varphi}$ tout en vérifiant que l'automate ainsi construit possède un langage vide. Le temps de calcul est donc directement proportionnel à la taille de ce produit. Diverses techniques ont été développées pour réduire la taille de $A_{\neg\varphi}$, d'autres techniques existent pour réduire la taille de A_M . Certaines techniques réduisent même la taille de A_M en fonction de la propriété à vérifier par exemple en agrégeant des états de A_M qui sont similaires du point de vue de la propriété. Nous travaillons sur des idées similaires, mais définies au niveau du produit en considérant non pas la propriété dans sa globalité, mais seulement le suffixe de la propriété qui reste à vérifier. Nous avons ainsi défini deux nouvelles opérations de produit entre automates. Les résultats que nous obtenons sur ces deux techniques montrent un gain de performance significatif par rapport aux techniques similaires qui s'appliquent avant le produit. L'article présentant ces deux produits est en cours de rédaction.

Traduction des propriétés

On a vu l'importance de la taille de l'automate $A_{\neg\varphi}$, afin de limiter l'explosion du produit. Spot est reconnu pour son algorithme de traduction de formules exprimée en logique temporelle à temps linéaire (LTL) en automate, qui passe pour l'un des meilleurs du domaine. Cela ne nous a pas empêché d'améliorer plusieurs aspects de la traduction. Les deux dernières versions de Spot intègrent de telles améliorations, qui relèvent bien souvent de détails d'implémentation assez techniques mais pouvant faire gagner un ordre de grandeur en temps ou espace. Aussi nous avons travaillé à la généralisation de cet algorithme pour couvrir la partie linéaire de PSL (*Process Specification Language*, un standard industriel).

Nous avons aussi implémenté deux autres algorithmes de traduction de formules LTL tirés de la littérature. Le premier permet de traduire des propriétés exprimée en ELTL, c'est-à-dire une logique temporelle à temps linéaire équipé d'opérateurs spécifiés sous forme d'automates. Le second traduit une formule LTL en automate de Büchi en passant par une étape intermédiaire d'automate *alternant*. Ce dernier algorithme n'avait jamais été implémenté jusqu'à présent. Nous avons pu constater qu'aucune de ces deux traductions n'est meilleure que l'algorithme de traduction déjà utilisé par défaut dans Spot, mais leur intégration a fait ressortir plusieurs idées, et le formalisme des automates alternants a d'autres applications que nous pourrions explorer par la suite.

Enfin, une technique développée par Christian Dax (à l'ETHZ) est celle de la minimisation d'automates représentant des formules d'obligations. Les obligations sont une sous-classe des formules LTL pour lesquelles il existe un automate de Büchi déterministe faible, et qui peut être minimisé avec le même algorithme que celui des automates finis (le calcul de l'ensemble des parties). Suite à une invitation à l'ETHZ pour travailler sur cette technique, nous l'avons intégrée dans Spot en 2010.

2.3 Axe transversal – Généricité et performance

Aux vus des sections précédentes, il apparaît que si les projets du LRDE portent sur des domaines applicatifs variés, une problématique sous-jacente commune est de concilier deux aspects d'ordinaire contradictoires : performance et généricité.

2.3.1 Paradigmes de programmation et expressivité des langages

Motivation

Ce souci a conduit les équipes du laboratoire, à commencer par celle du projet Olena, à développer sur le long terme un métier de génie logiciel basé sur des techniques de C++ fortement templaté. Si le LRDE fait aujourd'hui montre d'une expertise incontestable en la matière, il n'en demeure pas moins qu'il existe au départ un parti pris au niveau langage. Une approche alternative consiste donc à se débarrasser de ce parti pris, afin d'étudier les possibilités offertes par d'autres langages.

Dans une optique de réconciliation des aspects de performance et de généricité, le langage choisi n'offre pas que des avantages. Parmi les inconvénients, citons le fait que C++ est un langage lourd, doté d'une syntaxe extrêmement complexe et ambiguë, que le système de template est en fait un langage complètement différent du C++ "standard", et finalement qu'il s'agit d'un langage statique. Ce dernier point a des implications non négligeables sur le plan applicatif, dans la mesure où il impose une chaîne stricte Développement → Compilation → Exécution → Débogage, rendant par exemple difficiles les activités de prototypage rapide ou d'interfaçage Homme-Machine. Il devient dès lors incontournable d'équiper les projets concernés d'une troisième infrastructure langagière, celle-ci plutôt basée sur des langages de script.

Face à ces problèmes, une autre équipe du laboratoire a donc choisi de s'intéresser à la question rémanente "performance et généricité" selon une approche transversale, c'est-à-dire focalisée sur les alternatives langagières plutôt que sur un domaine applicatif particulier. Le but de ce travail de recherche est par conséquent d'étudier les solutions qu'offrent des langages autres que C++, en particulier les langages dynamiques, le choix s'étant actuellement porté sur Common Lisp.

Performance

Dans une optique de performance, le choix d'un langage alternatif n'a de sens que si l'on est capable de prouver que cette nouvelle approche permet de rester au moins dans les mêmes ordres de grandeur en termes d'efficacité. Il est donc nécessaire de commencer par l'évaluation des performances de ce nouveau langage, d'autant que le choix d'un langage dynamique est par essence sujet à controverse.

De prime abord, il paraît effectivement paradoxal de se tourner, pour des questions de performance, vers un langage dont on attend légitimement une *dégradation* de celles-ci. Par définition, un langage dynamique fait moins de choses à la compilation et plus à

l'exécution (par exemple, la vérification de type). La plupart des langages dynamiques "modernes", tels Python et Ruby restent conformes à cette préconception. Common Lisp a cependant la particularité méconnue de permettre un typage statique des *variables*, en lieu et place du typage dynamique traditionnel des *objets*. Un compilateur proprement renseigné sur le typage d'un morceau de code (on peut à loisir mélanger les typages statiques et dynamiques) est alors libre d'effectuer toutes les optimisations souhaitées, voire même de produire un exécutable faiblement typé comme celui produit par un compilateur C.

L'un des axes de ce travail de recherche consiste donc à comparer les performances obtenues par certains compilateurs Common Lisp avec celles de programmes équivalents écrits en C ou C++. Ce travail implique un ensemble conséquent de mesures de performances sur des micro-benchmarks destinées à évaluer le coût de certaines opérations élémentaires (arithmétique, instanciation d'objets, accès à leurs membres, dispatch dynamique *etc.*). Deux publications ont déjà été produites sur le sujet [Verna \(2006, 2009\)](#), démontrant effectivement les résultats escomptés.

Généricité

Une fois évacuée la question des performances, reste à démontrer l'intérêt d'un langage dynamique pour la généricité. Le fondement de cette démarche réside dans un fait qui cette fois est unanimement reconnu : les langages dynamiques sont plus expressifs. En s'affranchissant notamment du typage statique et, par voie de conséquence, en élargissant le champ d'application du polymorphisme, les langages dynamiques offrent des paradigmes qui sont impossibles ou bien plus difficiles à obtenir dans les langages statiques. Ceci est par exemple démontré clairement dans [Verna \(2008\)](#) et [Verna \(2010\)](#). Pour ne prendre que l'exemple du paradigme de programmation orientée-objet, Common Lisp va plus loin que les autres langages (statiques ou dynamiques) en basant sa couche objet sur un protocole dit "Méta-Objet" : une architecture réflexive qui implémente la couche objet en elle-même, permettant également de la modifier ou de l'étendre. Ainsi, loin de l'approche objet classique des langages usuels, l'expressivité orienté-objet de Common Lisp inclut nativement les multiméthodes, permet l'utilisation traditionnelle de classes ou le modèle basé sur la notion de prototype, l'approche orienté-contexte *etc.*

Le deuxième axe de recherche dans ce travail consiste donc en l'étude de tous ces nouveaux paradigmes de programmation sous l'angle de ce qu'ils apportent à la notion de généricité. Pour cela, l'approche choisie est de "cloner" l'un des plus anciens projets du laboratoire (Olena) et d'exprimer les mêmes problématiques selon un axe de généricité dynamique. À terme, nous espérons obtenir une idée plus nette de ce qu'apportent ces paradigmes, mais également de leur complémentarité.

Finalement, l'étape à plus long terme sera de réconcilier ces aspects de généricité dynamique avec les performances d'un code dédié. Cette étape devrait elle aussi être rendue notablement plus aisée que la manipulation de templates C++ de par la réflexivité *structurelle* de Lisp (le code et les données sont représentées de la même manière). Le système de "macros" de Common Lisp est unique en ceci qu'il permet d'exécuter n'importe quelle fonction écrite en Lisp lui-même au moment de la compilation, ces fonctions ayant elles-mêmes accès au code à compiler. Ceci permet en particulier d'aller jusqu'à la ré-écriture

au vol et la compilation *just in time* à peu de frais.

2.3.2 Atelier de Transformation de Programmes C++

Langages Métiers Embarqués

On peut distinguer grossièrement deux types de langages de programmation :

- les langages généralistes (comme le C, Java, Lisp, CAML, Ada, *etc.*) conçus pour permettre l'implantation de programmes quelconques,
- les langages métiers, ou spécialisés, conçus pour fournir le parfait niveau d'abstraction pour des travaux spécifiques (comme COBOL ou SQL pour les bases de données, MatLab pour les mathématiques, PostScript ou PDF ou SVG pour les images vectorielles, *etc.*).

Les langages métiers finissent toujours par intégrer les fonctionnalités d'un langage généraliste (boucles, structures de données, entrées/sorties, *etc.*), sans jamais avoir été conçus pour le faire proprement.

Les langages métiers embarqués dans les langages généralistes (EDSL, Embedded Domain Specific Language) offrent le meilleur des deux mondes. Après tout, la plupart des langages généralistes embarquent un langage spécifique : celui des mathématiques. Qui aujourd'hui pourrait vouloir écrire autre chose que $f(x) + g(y) * h(z)$?

C'est entre autre grâce à la possibilité laissée aux programmeurs de spécialiser les opérateurs (+, *, *etc.*) que le C++ se prête bien aux domaines mathématiques : le calcul $f(x) + g(y) * h(z)$ pourrait porter sur des matrices, des quaternions.

Mais que faire pour les traiteurs d'images ? Comment aider la conception d'interfaces graphiques ? Que proposer pour la manipulation d'automates ? Pour la transformation de documents XML ?

Optimisations de Haut Niveau

Les deux tâches principales d'un compilateur sont

- le contrôle du programme (typiquement "est-ce cohérent ?")
- l'optimisation : sans altérer le comportement visible, modifier le code de l'utilisateur pour en améliorer certains aspects (typiquement la vitesse d'exécution, mais on peut aussi être intéressé par une réduction de la taille, ou une faible consommation électrique).

Certaines optimisations ne peuvent se faire qu'à très haut niveau, là où l'on peut tirer parti des lois du domaine considéré. Ainsi, certaines propriétés algébriques (associativité, commutativité, neutralité, *etc.*) proprement exploitées permettent des calculs plus rapides. C'est toujours l'algèbre qui permet des optimisations spectaculaires des requêtes dans les bases de données.

Un tel niveau de connaissances ne peut être traité dans un langage généraliste ; les connaissances sont réellement spécifiques à un domaine. Malheureusement, il n'existe pas d'en-

vironnement satisfaisant pour communiquer au compilateur des équations légitimant des optimisations de haut niveau, si bien qu'aujourd'hui les programmeurs écrivent des programmes complexes, car non seulement ils implantent une solution à un problème, mais ils l'implémentent de façon optimisée.

Dans le même ordre d'idée, la modélisation orientée objet se prête bien à la conception de bibliothèques telles qu'Olena et Vaucanson (traitement d'images et manipulation d'automates finis), mais c'est seulement au prix d'une écriture complexe que le maximum des performances peut être atteint.

On aimerait disposer d'un moyen d'optimiser un programme "naïf" mais lisible, en un programme complexe mais performant. Un tel environnement permettrait également d'exprimer des règles sémantiques spécifiques de façon à diagnostiquer à la compilation des problèmes de cohérence.

C++++

Pour les optimisations de haut niveau, il faut disposer d'un environnement de Transformation de Programmes dans le langage hôte (prendre un programme écrit dans ce langage, et en produire un autre dans ce même langage). Pour le support de langages métiers, il faut en outre disposer de la capacité d'étendre la grammaire du langage et l'environnement de transformation. Le tout de façon modulaire, afin que l'on puisse embarquer plusieurs langages métiers.

Reste à choisir le langage hôte.

Pour le meilleur ou pour le pire, le C++ est un langage majeur dans la conception de bibliothèques scientifiques. Au nombre des raisons, mentionnons une communauté de programmeurs considérable, l'acceptation dans l'industrie, une bonne gamme d'outils (ateliers de développement, compilateurs, littérature, sites Web, formations initiales, *etc.*), d'excellentes performances à l'exécution, le support de paradigmes différents (e.g., objet vs. généricité) lui permettant de couvrir les problèmes de l'embarqué jusqu'aux projets de très grande envergure, ... Pour ces raisons, et avec l'intention de fournir du soutien aux équipes Olena et Vaucanson du LRDE, le projet Transformers visait la conception d'un atelier de Transformation de Programmes C++.

Transformers

Le projet Transformers, à ce jour, n'est plus maintenu par le LRDE. Un ancien élève l'a exporté en Norvège où il a fait sa thèse. Ce projet consistait en l'écriture d'une grammaire modulaire du C++, et la fourniture d'une bibliothèque de méthodes pour la transformation de programmes C++.

Au cours du projet, de nombreuses tâches ont été effectuées. Parce que nous tenions à tout prix à la modularité, il nous a fallu développer des outils originaux (et non spécifiques au C++) de manipulation de grammaires attribuées (David et al., 2005; Borghi et al., 2005; David et al., 2006; Demaille et al., 2008b). Cet atelier de génie linguistique informatique comprenait également des outils de débogage, et fusion de langage, d'extraction d'AST,

de synthèse de règles de pretty-printing, *etc.* (Demaille et al., 2005).

Certaines extensions du C/C++ ont été implémentées (e.g., Borghi et al. (2006)). Néanmoins, la couverture totale du C++ n'avait pas été atteinte lorsque le projet a été clos en 2009.

Il est à noter que ce projet était regardé de très près par les personnalités les plus influentes du monde du C++, car elles y voyaient la possibilité d'expérimenter à peu de frais diverses extensions envisagées pour le langage.

3 Bilan de l'activité du LRDE

Comme pour tout laboratoire de recherche, l'activité se mesure au nombre et à la qualité des publications. Elle se mesure aussi aux projets menés et aux collaborations avec nos pairs. Enfin pour le LRDE, elle se mesure aussi à l'avancée des bibliothèques développées au sein du laboratoire.

Le tableau suivant présente une vue synthétique des deux premiers critères.

Année	Publications (livre / revue conf int / nat)				Projets (académique / industriel)	
2010	2*	3	9	0	2	1
2009	0	1	8	0	3	0
2008	0	1	15	0	2	1
2007	0	1	13	0	2	2
2006	0	6	14	0	1	2
2005	0	2	10	0	1	1
2004	0	2	7	0	1	1
2003	0	1	9	0	0	1
2002	0	0	2	0	0	5
2001	0	0	8	0	0	6
2000	0	0	8	0	0	1
1999	0	0	1	1	0	1

TABLE 2 – Publications et projets par année

* chapitre de livre en français et en anglais

On a pu noter que l'activité au sein des projets académiques et industriels influencent notablement le rythme des publications. La liste complète des publications est présentée dans l'annexe B.

3.1 Les projets de recherche

Si les projets industriels et même académiques ne sont pas toujours *rentables* en terme de publications, ils n'en restent pas moins indispensables tant par l'apport financier que par les liens qu'ils permettent de tisser entre laboratoires. Conscient de sa jeunesse et de sa petite taille, le laboratoire a progressé doucement dans ce milieu des appels à projet pour aujourd'hui participer à des projets de tout types, ANR, projet européen, pôles de compétitivité (FUI), financé par l'institut national du cancer ainsi que par OSEO.

3.1.1 Projets à financement public

Agents interactifs autonomes – ROBEA – 2002

Ce projet a porté sur la modélisation informatique et sur l'étude expérimentale en psychologie cognitive des prises de décision d'action d'un groupe d'agents interactifs, basées sur l'interprétation des actions réalisées par autrui.

Les partenaires de ce projet étaient en dehors du LRDE :

- l'université Paris VIII, laboratoire "Cognition & Activités Finalisées",
- l'université de Barcelone, département de méthodologie des sciences du comportement,
- l'université de Paris Nord, LIPN

La contribution du LRDE a porté sur la réalisation du logiciel de "simulation". Il s'est agi de remplacer la plate-forme existante StarLogo (développée par le MIT) afin de faciliter l'intégration et les modifications des comportements d'agents. Un des objectifs justifiant ce remplacement était de permettre des simulations intensives.

EFIGI – ANR – 2004-2008 http://terapix.iap.fr/rubrique.php?id_rubrique=151

EFIGI (Extraction de Formes Idéalisées de Galaxies en Imagerie) était un projet dont l'objectif principal était de fournir à la communauté des astrophysiciens des outils logiciels robustes et efficaces pour mesurer et classer les formes des galaxies à partir de leurs images.

Les partenaires de ce projet étaient en dehors du LRDE :

- l'IAP : Institut d'Astrophysique de Paris (UMR 7095),
- le LTCI : Laboratoire Traitement et Communication de l'Information (UMR 5141, GET/Telecom Paris),
- le LAM : Laboratoire d'Astronomie de Marseille (UMR 6110)
- le LAOMP : Laboratoire d'Astrophysique de l'Observatoire Midi-Pyrénées (UMR 5572)
- le CRAL : Centre de Recherche Astronomique de Lyon (UMR 5574)
- le SAp : Service d'Astrophysique du Commissariat à l'Energie Atomique

FIGI code version 2.6.2 started on 2007-09-21 at 18:52:49 with 1 thread (run time: 43 s)



FITS extension #1: 3 / 12 sources fitted

#	x	y	mag	bulge r_e	bulge b/a	bulge θ ($^\circ$)	Sersic n	disk r_h	disk b/a	disk θ ($^\circ$)
1	124.234	126.101	-14.0932	6.58	0.92	37.50	1.09	16.10	0.83	72.18
2	227.064	84.165	-7.6800	1.46	0.50	-26.80	2.04	1.13	0.25	-16.67
3	79.365	218.899	-9.9778	2.60	0.50	-42.48	1.29	3.17	0.85	-62.86

FIGURE 6 – Extraction des caractéristiques d’une galaxie

Le LRDE a apporté sa contribution tant dans le traitement des images de galaxies que dans le passage à l’échelle des traitements par la parallélisation des tâches. Ce projet a généré les publications suivantes avec des membres du LRDE : [Baillard et al. \(2005, 2007\)](#); [Berger et al. \(2007\)](#); [Ricou et al. \(2007\)](#).

Mélimage – INCa – 2006-2009 <http://www.ir4m.u-psud.fr/spip.php?article134>

Ce projet de traitement d’images médicales en cancérologie s’est concentré sur la caractérisation fonctionnelle et la quantification de la réponse aux traitements à l’aide d’imagerie multi-modalités (IRM 2D+t / échographie / TEP / TDM) associée aux marqueurs tumoraux histologiques.

Les partenaires de ce projet étaient en dehors du LRDE :

- l’IGR : Institut Gustave Roussy,
- l’IR4M : UMR8081 CNRS - Université Paris Sud XI,
- TRIBVN.

Le LRDE a développé des méthodes de fusion et de recalage d’images ainsi que des méthodes de segmentation des structures qui permettent l’analyse des paramètres décrivant l’activité tumorale.

Scribo – FUI – 2007-2010 <http://www.scribo.ws/>

Scribo était un projet de recherche appliquée en informatique linguistique et en ingénierie des connaissances. Il proposait des algorithmes et outils libres pour l’annotation semi-

automatique et collaborative de documents numériques. L'approche est fondée sur l'extraction de connaissances à partir de textes et d'images.

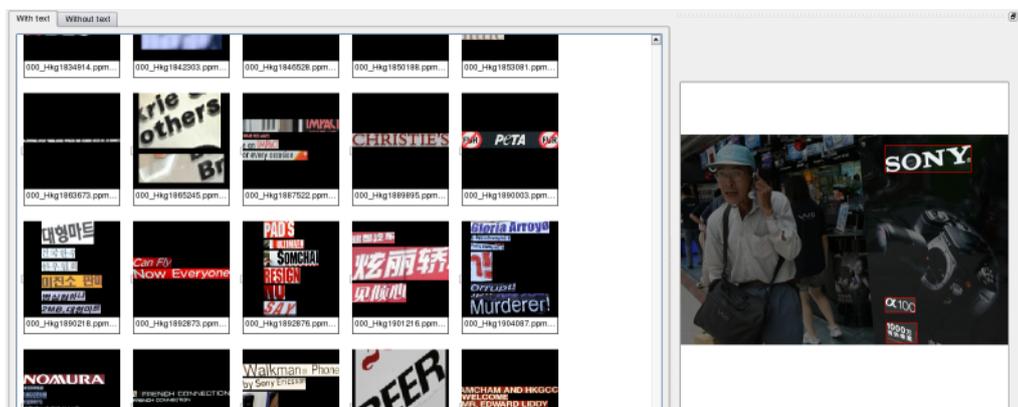


FIGURE 7 – Extraction du texte des photos de l'AFP

Les partenaires de ce projet étaient en dehors du LRDE :

- l'Agence France Presse (AFP),
- le CEA LIST
- l'équipe ALPAGE de l'INRIA
- Mandriva
- Nuxeo
- Proxem
- Tagmatica
- XWiki

Ce projet a été soumis par le pôle de compétitivité Systematic au FUI.

Notre partie dans ce projet concernait l'extraction des zones de texte au sein des images (photos) et la séparation texte / images dans les documents de type magazine. Une description de nos travaux est présentée dans la section 2.1.1, partie *Applications*.

Ce projet a généré les publications suivantes avec des membres du LRDE : [Levillain et al. \(2009, 2010a,b\)](#).

OpenSE – projet européen – 2009-2012 <http://www.opense.net/>

Le projet OpenSE a pour but la mise en place d'infrastructures permettant l'enseignement, et donc l'apprentissage, de l'informatique à travers les logiciels libres et l'esprit du libre dans sa notion de partage. Il s'agit de rassembler des étudiants de divers horizons pour qu'ils bâtissent sur ce qu'ont fait leur prédécesseurs plutôt que de recommencer sans cesse les mêmes exercices. Outre l'aspect interactif entre les promotions, cela permet d'enrichir la base de connaissances et les documents pédagogiques en collant aux besoins des étudiants.

Les partenaires de ce projet sont en dehors du LRDE :

- l'Université Aristote de Thessalonique (Grèce),
- l'Université Ouverte (Royaume-Uni)
- l'Université Rey Juan Carlos (Espagne),
- l'Université Technologique de Tampere (Finlande),
- l'Université d'Oxford (Royaume-Uni)
- la Sociedade Portuguesa de Inovação (Portugal)
- le Free Knowledge Institute (Pays-Bas)
- UNU-MERIT de l'Université de Maastricht (Pays-Bas)

Ce projet toujours en cours est déjà visible à travers son site Web, <http://www.opense.net/>, où des cours sont données. Un partenariat commence avec la fondation Apache (Apache Software Foundation) afin de tester les possibilités d'encadrement dans le développement de logiciels libres.

3.1.2 Projets à financement privé

Le LRDE a aussi mené des projets de recherche avec des industriels et effectué des missions de conseil dans ses thématiques de recherche. Voici quelques exemples significatifs.

CEA-DIF – 1999-2002

Dans le cadre de deux marchés passés directement avec le CEA-DIF, nous avons réalisé un outil d'extraction semi-automatique de signaux à partir d'oscillogrammes numérisés. La méthode dédiée à cette tâche, à base de morphologie mathématique, a fait l'objet de trois publications : [Géraud \(2003c,b,a\)](#).

SWT – 1999-2006

La collaboration avec EMC CAPTIVA (ex-SWT) entre 1999 et 2006 a portée sur la reconnaissance de types de documents numérisés. Le but était de traiter le courrier entrant des entreprises (lettres, factures, formulaires) une fois numérisé. Pour cela, en s'appuyant sur des mesures de similarité, nous avons mis au point un classifieur automatique qui permet de connaître les différents types de documents reçus. Une étude statistique permet alors d'extraire des descripteurs de chaque type de documents sous la forme de sous-parties (vignettes) pertinentes. Nous avons enfin mis au point un moteur de reconnaissance basé sur la théorie de l'évidence pour réaliser le tri à la volée du courrier entrant ([Géraud et al., 2003](#)).

Ce travail a fait l'objet du dépôt de deux brevets [Géraud \(2005a, 2008\)](#) et a mené à un prix européen de l'innovation IST 2004.

AM² Systems – 2006-2007

Pour un prestataire de Bouygues Telecom, AM² Systems, nous avons mené une étude sur la mise en œuvre d'un référentiel de cartographie de systèmes d'information. Cette

étude a également fait l'objet de l'encadrement de deux stages de mastère STL (Université Paris VI).

Les résultats ont été intégrés par AM² Systems dans leur produit.

Morpho (ex Sagem Sécurité) – 2010

Ce projet a porté sur l'évaluation de systèmes commerciaux de reconnaissance du locuteur. Cela nous a permis de tester en détail les systèmes de la concurrence (la compétition NIST mélange les industriels et les académiques) et de les comparer avec notre système.

Un rapport avec l'état de l'art, les évaluations demandées et une comparaison avec le système du LRDE a été livré. Ce rapport n'est pas public.

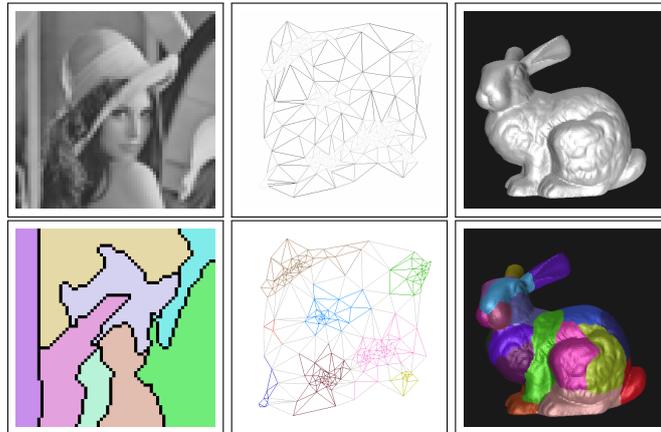
3.2 Les bibliothèques internes

Le LRDE a trois projets phares, trois bibliothèques génériques et performantes écrites en C++, toutes sous licence libre⁵. Ces bibliothèques font partie intégrante de notre recherche et peuvent être utilisées dans la réalisation de projets et de prestations. Actuellement seule Olena, la bibliothèque la plus ancienne du laboratoire et la plus avancée, est utilisée dans le cadre de projets et a permis d'obtenir des contrats industriels.

Olena – <http://olena.lrde.epita.fr/>

Olena est une plate-forme de traitement d'images générique et performante. Le but de cette bibliothèque est de permettre une écriture unique d'algorithmes sachant que les entrées de ces algorithmes peuvent être de différente nature. Ainsi les entrées possibles sont des images 1D (signaux), 2D (images classiques), 3D (volumes), ou des graphes et leurs généralisations (complexes cellulaires). De plus, les valeurs stockées dans ces images sont de types variés : booléens pour les images binaires, des niveaux de gris avec différents encodages, des flottants ou autres. La force d'Olena est de préserver la nature abstraite des algorithmes sans pour autant devoir sacrifier les performances.

5. Nos bibliothèques, qui du point de vue de l'édition de lien n'en sont pas, sont sous la licence GNU GPL v2. Ayant le copyright nous pouvons changer cette licence voire définir une double licence pour des collaborations industrielles par exemple. Quoi qu'il en soit nous n'envisageons pas de ne pas distribuer librement ces bibliothèques, cela irait à l'encontre de la recherche reproductible que nous défendons.



Trois exemples de segmentation utilisant le *même* algorithme générique. Ligne du haut : images d'entrée (image 2D en niveaux de gris, graphe à arrêtes valuées, maillage 3D avec information de courbure). Ligne du bas : résultats de segmentation (régions colorées).

La première version majeure d'Olena, la 1.0, est sortie en 2009. Elle est intégrée dans la distribution Linux Mandriva (et librement téléchargeable depuis notre site Web). La version stable suivante, la version 1.1 sortira début 2011 avec les développements effectués dans le cadre du projet Scribo. Cette version est déjà incluse dans le bureau *intelligent* Nepomuk distribué par Mandriva.

Les principaux utilisateurs d'Olena en dehors des membres du projet Scribo, sont l'Institut Gustave Roussy (IGR) et l'Institut Gaspard Monge (Université Paris-Est, Marne la Vallée).

La liste des publications, y compris des rapports internes, concernant le projet Vaucanson est disponible sur <http://www.lrde.epita.fr/cgi-bin/twiki/view/Olena/Publications>.

Vaucanson – <http://vaucanson.lrde.epita.fr/>

On peut décomposer Vaucanson en trois gros morceaux :

- Une bibliothèque générique, dans laquelle sont définis
 - différents types de représentation d'automates (graphes ou tables de hachage) et d'expressions rationnelles
 - différents types de monoïdes et semi-anneaux
 - différents algorithmes qui les manipulent
- Une interface en ligne de commande, appelée TAF-Kit, qui permet d'appeler les fonctionnalités principales de la bibliothèque sans devoir écrire de C++. Du fait de l'approche générique employée dans la bibliothèque, TAF-Kit doit être instanciée pour un type particulier (c'est-à-dire un choix de représentation d'automate, monoïde, et semi-anneau). Une douzaine de telles instances sont construites

- pour des types prédéfinis.
- Une interface graphique dont le développement a été repris par l'équipe du Pr. Hsu-Chun Yen à Taïwan.

Cette bibliothèque est développée selon un paradigme de programmation générique permettant

1. d'écrire les algorithmes une seule fois, indépendamment de la structure de données utilisée pour représenter les automates ou les expressions rationnelles, et indépendamment du monoïde et du semi-anneau utilisé par cet objet.
2. de ne pas payer le prix de cette abstraction pour être (en théorie) aussi rapide à l'exécution qu'un algorithme qui aurait été conçu spécifiquement pour un type de données particulier.

La dernière version stable de Vaucanson, la version 1.3.2, date de septembre 2009.

Vaucanson est co-développée par le LRDE, le LTCI/ENST, l'IGM/Paris Est et l'université de Taipei.

La liste des publications, y compris des rapports internes, concernant le projet Vaucanson est disponible sur <http://www.lrde.epita.fr/cgi-bin/twiki/view/Vaucanson/Papers>.

Spot – <http://spot.lip6.fr/>

Spot est une bibliothèque de *model checking*. C'est-à-dire qu'elle offre des algorithmes utiles à la construction d'un *model checker* travaillant suivant une approche par automate.

Par rapport aux autres outils, nous nous distinguons par l'utilisation d'automates généralisés avec conditions d'acceptation sur les transitions, alors que la plupart de la recherche est faite sur des automates non-généralisés avec conditions d'acceptation sur les états. Les deux formalismes sont aussi expressifs, mais le premier est beaucoup plus concis et permet de réaliser les opérations de base de l'approche automate de façon plus efficace :

- la traduction donne des automates plus compacts, donc le produit est (généralement) aussi plus petits
- l'utilisation de condition d'acceptation généralisées, permet notamment de représenter très facilement des hypothèses d'équité faible
- la recherche de circuit acceptant dans un automate généralisé peut se faire aussi rapidement que dans un automate non-généralisé

Spot est déjà connue dans le petit monde du *model checking*. Les cas d'utilisation suivants ont généré des publications citant Spot :

- Tauriainen (Finlande) a utilisé Spot pour tester plusieurs variantes d'un emptiness-check qu'il a développé ; son directeur de thèse Heljenko, l'utilise toujours pour de la traduction.
- Sebastiani (Italie) l'a utilisé pour traduire des formules LTL.
- Li et al. (Chine) l'ont utilisé pour tester des variantes d'emptiness check.
- Vardi, Rozier, et Tabakov (USA) utilisent Spot pour traduire des formules LTL, et d'une certaine façon en font une promotion plus efficace que nous.

- Staats et al. (USA) ont intégré Spot dans un outil de vérification de code généré, son rôle étant là encore celui de traducteur de propriété.
- Ehlers (Allemagne) utilise aussi Spot pour de la traduction, et quelques échanges ont permis d'améliorer le résultat de Spot sur certaines formules.
- Cichoń (Pologne) compare Spot et LTL2BA sur 5 classes de formules LTL.

Ces utilisations internationales sont appréciables, mais utilisent la plupart Spot uniquement comme un traducteur de formule LTL en automate de Büchi classique, c'est-à-dire sans chercher à utiliser les automates généralisés et les algorithmes associés, ce qui est le point fort de Spot.

Le *model checking* ayant des applications industrielles naturelles et Spot étant d'une qualité reconnue, il nous semble normal de voir dans quelle mesure nous pourrions aider les industriels à traiter leurs problèmes. Pour cela nous sommes entré en contact avec des industriels et nous avons déposé une demande de financement auprès d'OSEO afin de développer des parties nécessaires à une industrialisation de Spot. Cette demande a été acceptée.

La liste des publications, y compris des rapports internes, concernant le projet Vaucanson est disponible sur <http://www.lrde.epita.fr/cgi-bin/twiki/view/Spot/Papers>.

Note historique : Spot a été débutée par Alexandre Duret-Lutz pendant sa thèse au LIP6. Elle est aujourd'hui co-développée par le LRDE et le LIP6.

Build farm

Le développement de bibliothèques lourdes demande d'avoir des mécanismes de validation automatique de leur qualité. La build farm, ou ferme de construction, est un de ces mécanismes.

Construite sur la plate-forme Buildbot⁶, la build farm n'est pas d'un projet du LRDE, même si le LRDE y a apporté ses contributions, mais contribue grandement à la qualité des bibliothèques du LRDE. Elle permet de vérifier en direct que tout changement apporté à l'une des bibliothèques ne casse pas l'existant. Pour cela lorsqu'une personne fait des modifications, une batterie de test est automatiquement lancée et un système d'alerte permet de savoir si la modification a un impact négatif quelque part.

Ce système couplé au système de gestion de version permet d'intégrer de nouvelles personnes aux projets en toute tranquillité. Il n'est pas étonnant de le retrouver dans les projets libres⁷ plus important où le nombre d'intervenants est élevé et où la stabilité est vitale.

L'investissement lourd d'installation d'une telle infrastructure, du à la configuration qui doit s'adapter aux cas particuliers, est rapidement rentable voire indispensable pour tout projet de taille importante.

6. <http://trac.buildbot.net/>

7. OpenOffice.org, Mozilla et donc Firefox, Chrome de Google, Apache...

3.3 Participations aux comités de conférences et revues

Des membres du laboratoire sont impliqués dans l'organisation de conférences scientifiques et de revues.

3.3.1 Comité d'organisation de conférences

Participent à l'organisation de conférences :

- Didier Verna pour
 - ELS – European Lisp Symposium
 - ELW (ECOOP) – European Lisp Workshop
- Akim Demaille pour RIVF

Ont participé à l'organisation de conférences :

- Roland Levillain pour ITiCSE'09
- Olivier Ricou pour la première édition de l'Open World Forum (2008)

3.3.2 Comité de programme de conférences

Sont membres de comité de programme de conférences :

- Didier Verna pour
 - ILC – International Lisp Conference
 - DLS (SPLASH) – Dynamic Languages Symposium
 - SAC – ACM Symposium on Applied Computing
 - ELS – European Lisp Symposium / Chairman
 - ELW (ECOOP) – European Lisp Workshop / Chairman
 - COP (ECOOP) – Context Oriented Programming Workshop
- Akim Demaille pour RIVF
- Thierry Géraud pour International Symposium on Mathematical Morphology (ISMM).

Thierry Géraud a aussi été membre du programme de l'International Conference in Central Europe on Computer Graphics, Visualization and Computer Vision (WSCG) de 2001 à 2006.

3.3.3 Comité de lecture de revues

Sont relecteurs d'articles de revues :

- Didier Verna pour
 - JUCS – Journal of Universal Computer Science
- Thierry Géraud pour
 - IEEE Signal Processing Letters

- IEEE Transactions on Fuzzy Sets and System
- IEEE Transactions on Image Processing
- Pattern Recognition Letters
- Software - Practice and Experience
- Réda Dehak pour
 - IEEE Signal Processing Letters
 - IEEE Transactions on Information Forensics and Security

4 Perspectives

Le LRDE est un laboratoire académique au sein d'une école privée qui dispose de l'autonomie d'un laboratoire public et de la réactivité d'un organisme privé. En même temps il s'agit d'un petit laboratoire avec les risques d'isolement associés.

Si l'accroissement des effectifs permanent est limité par les capacités financières de l'école, il existe heureusement des possibilités de financement extérieur. Le montage de projets subventionnés en est une que nous avons déjà pratiquée et que nous désirons poursuivre et amplifier. Le partenariat de recherche avec des industriels en est une autre. L'intégration dans des structures académiques comme les PRES et les Écoles doctorales est aussi un point important qui nous aidera à recruter voire financer des thésards.

L'intégration d'un plus grand nombre de thésards au sein du LRDE est en effet la priorité des prochaines années. Ils doivent nous permettre d'augmenter significativement notre force de recherche dans nos thématiques principales.

La vie d'un petit laboratoire passe aussi par des collaborations que le LRDE entretient avec attention. L'augmentation du nombre de thésards et l'intégration dans un PRES permettront là aussi de renforcer les liens avec nos partenaires et d'en créer de nouveaux.

La recherche au LRDE dans les années futures se décline en deux axes : le développement de nos points forts dans les domaines où nous sommes reconnus et l'ouverture de nouveaux champs connexes. Brièvement, ces points forts sont la dématérialisation de documents, la reconnaissance du locuteur, la traduction par Spot des formules LTL en automates de Büchi, la programmation générique statique. Les nouveautés que l'on désire aborder sont la transition discret / continu dans le traitement d'images, la reconnaissance du langage, l'intégration des *Kind* dans les automates du projet Vaucanson, la lenteur du *model checking* et la suite du paradigme SCOOP dans les langages dynamiques.

Les sections suivantes précisent ces points.

4.1 Reconnaissance des formes

La reconnaissance des formes est l'axe majeur du LRDE. Elle comprend le traitement d'images et du son à des niveaux d'analyse différents. Outre les recherches spécifiques précisées dans les sections suivantes, un travail de fusion de ces compétences est prévu tant pour traiter de nouveaux domaines comme la vidéo que pour avoir une analyse plus

étendue dans tous les domaines.

4.1.1 Traitement d'images

La piste innovante principale est une nouvelle interprétation des images qui allie le discret au continu : une image numérique représentée par une fonction discrète multivoque sur un complexe cellulaire peut avoir des propriétés de continuité. Les pistes de recherche ouvertes par cette représentation comprennent la réexpression de filtres morphologiques existants (ligne de partage des eaux, reconstructions, nivellements), mais en corrigeant les aberrations liées au monde discret, et la généralisation d'opérateurs topologiques homotopiques (amincissements) ou presque (fermetures de trous) aux images en niveaux de gris.

En recherche appliquée, nos travaux sur la dématérialisation de documents nous ont permis d'avoir une expertise reconnue. Le travail n'est pas pour autant fini, il s'agit maintenant de gérer des types d'objets qui ne sont pas encore pris en compte (les tableaux, les cartouches et les encarts publicitaires) et de rendre robuste l'analyse du *layout*. Pour la localisation et la reconnaissance de texte dans les images naturelles, il s'agit d'étendre les techniques développées aux vidéos et, en particulier, à celles acquises à partir d'appareils mobiles (téléphones, tablettes et assistants). Cela passe par la définition de méthodes d'évaluation de la détection de texte. Trois applications de ces méthodes sont envisagées : l'assistance aux personnes handicapées, la suppression automatique de sous-titres et l'enrichissement de l'indexation des moteurs de recherche par le texte extrait.

Enfin, ces recherches trouvent leur aboutissement dans la plate-forme de traitement d'images Olena qui doit continuer d'offrir un cadre adapté aux problématiques traitées. Il s'agit d'avancer sur la méthodologie permettant de décorréler la généricité et la performance et de fournir un pont entre les mondes statique et dynamique. Un travail de formalisation est aussi nécessaire. Il nous faut définir la taxonomie des entités du domaine en indiquant les propriétés possibles et les interfaces correspondantes ; cela concerne non seulement les types d'images mais aussi les types auxiliaires que sont les sites, les ensembles de sites, les fonctions et accumulateurs et les valeurs. Une seconde tâche de formalisation concerne les canevas algorithmiques (ou méta-algorithmes) ce qui devrait nous permettre d'exploiter la généricité offerte par la bibliothèque afin de transcender les algorithmes existants et d'ouvrir de nouvelles pistes de recherche.

4.1.2 Reconnaissance du locuteur

Les perspectives de recherche pour le domaine de la reconnaissance du locuteur suit trois axes.

Le premier axe, à court terme, porte sur les différentes méthodes d'élimination de l'effet du canal utilisées dans notre approche en utilisant les *i*-vectors. Actuellement, nous utilisons une LDA et une WCCN basées sur la distance euclidienne, avec une hypothèse de distribution gaussienne des paramètres des locuteurs. D'autres pistes sont envisageables, par exemple en prenant en compte la distance cosinus utilisée pour mesurer la distance

entre deux individus. Nous étudierons aussi l'effet de la projection dans l'hypersphère de rayon 1 sur la distribution des paramètres i -vecteur d'un locuteur.

Le second axe, à moyen terme, consiste à élargir notre domaine d'application au domaine de la reconnaissance du langage. Les systèmes associés reposent sur des méthodes similaires au domaine de la reconnaissance du locuteur, la différence se limitant aux paramètres utilisés et au nombre de classes à séparer. Dans le cas de la reconnaissance du langage, il y a très peu de classes à séparer et de plus on dispose davantage d'exemples pour entraîner les différents modèles de langage. Les similitudes sont donc assez fortes pour envisager d'aborder cette nouvelle classe de problèmes même si nous sommes conscients que nos outils utilisés pour éliminer la variabilité intra-classe et accentuer la variabilité inter-classe peuvent ne pas être adaptés dans ce cas. Comme pour la reconnaissance du locuteur, nous soumettrons nos recherches dans le cadre des évaluations NIST-LRE.

Enfin à très long terme, nous envisageons d'aborder le domaine de la segmentation du locuteur (Speaker Diarization). Ce problème de présence de plusieurs locuteurs dans le même enregistrement audio est très fréquent, par exemple dans le cas de réunions, émissions radio etc. mais augmente nettement la complexité de la reconnaissance du locuteur. Actuellement, nos méthodes reposent sur l'hypothèse de la présence d'une seule identité dans l'enregistrement audio. Nous devons donc construire une méthode de segmentation du locuteur qui conserve les propriétés de notre système de reconnaissance du locuteur actuel. Ce travail devrait aussi permettre d'améliorer la robustesse et les performances de nos méthodes.

4.2 Automates et vérification

Avec le départ à la retraite du porteur principal du projet Vaucanson sur les automates et au vu de la montée en puissance de la partie sur le *model checking*, il est envisageable que la vérification prenne le pas sur les automates dans les années à venir. D'ici là, le projet Vaucanson a reçu le soutien de l'ANR avec le but annoncé d'en faire un outil utilisé dans le monde académique.

4.2.1 Automates

L'avenir de la bibliothèque Vaucanson est Vaucanson 2. Il s'agit de dépasser les limites atteintes par la version 1 (implémentation actuelle) grâce à un redesign de la plate-forme. Cette réorganisation couvre trois aspects :

- la modification du cœur de Vaucanson, afin que les automates possèdent une information du type des transitions qu'ils stockent (ce point sera détaillé par la suite),
- l'amélioration de l'ergonomie des outils fournis, afin de les rendre plus utilisables par un public académique
- le développement de l'interface graphique, conduit principalement par nos partenaires Taïwanais.

Vaucanson 1 est une bibliothèque de programmation générique construite autour d'un patron de conception appelé *Element*. Ce patron est un double pont permettant de découpler l'implémentation des comportements de tout objet. Il donne la possibilité de spécialiser les algorithmes en fonction de leur nature ou de leur implémentation.

Avec ce patron, les automates de Vaucanson y sont définis dans un sens très général par leur nature mathématique (p.ex. un automate défini sur un alphabet de lettres et avec des poids entiers) et par leur implémentation (p.ex. un graphe implémenté par liste d'adjacence). Cependant, un paramètre oublié est celui de l'expression des étiquettes de ces automates. Au-delà des lettres, nous souhaitons parfois étiqueter les automates par des mots (éventuellement vides), ou des expressions rationnelles. L'implémentation actuelle en souffre de nombreuses façons. Pour cette raison la notion de "*Kind*" sera ajoutée à Vaucanson 2 : un automate sera défini non seulement par sa nature mathématique et son implémentation, mais aussi pour son "*Kind*", c'est-à-dire le type de ses étiquettes. Ce changement a des répercussions sur toute l'architecture de la bibliothèque et sur l'implémentation des algorithmes qui seront plus efficaces.

4.2.2 *Model checking*

Aujourd'hui le *model checking* reste lent, très lent quand on pense aux besoins. Cette lenteur a plusieurs origines :

1. le modèle en lui-même, dont l'indéterminisme et l'asynchronisme sont la source d'une explosion combinatoire importante
2. la propriété à vérifier : on sait que certaines propriétés sont plus difficiles que d'autres à vérifier
3. les différentes techniques mises en œuvre pour vérifier une propriété sur un modèle : l'approche par automates ne donne qu'un cadre, qu'il est possible de mettre en œuvre de nombreuses façons. Une étape de l'approche peut être résolue par plusieurs algorithmes, et il n'est pas toujours évident de prédire quel algorithme sera le meilleur.

Aussi notre approche suit deux voies complémentaires : la création d'algorithmes plus performants pour certains points et le choix automatique de la combinaison d'algorithmes qui offre la meilleure performance.

Vérifier des propriétés sur un modèle implique d'exprimer ces propriétés, choisir le type d'automate pour le modèle, pour les propriétés, le type de produit à faire entre les automates, le type de test de vacuité... Tous ces choix sont des points sur lesquels nous travaillons en ce moment même, mais les possibilités sont immenses.

L'analyse des propriétés semble une voie prometteuse. On connaît des classes de propriétés qui permettent de simplifier le processus de vérification.

Un autre sous-point est celui de la traduction de formules LTL en automates de Büchi. C'est le point fort de Spot qui fait sa réputation, mais il reste encore des améliorations significatives possibles qui permettront de traduire plus vite vers des automates plus petits.

Enfin la programmation parallèle est bien sûr une tentation forte même si les points de blocage sont très importants. De plus notre bibliothèque n'a pas été conçue dans ce sens et la paralléliser nécessiterait une refonte importante. Quoi qu'il en soit, nous n'écartons pas cette voie rendue quasiment obligatoire par l'évolution des ordinateurs.

4.3 Axe Transversal – Généricité et performance

L'exploration d'approches alternatives mentionnées en section 2.3 nous a conduit à aborder les problèmes traités par le paradigme SCOOP en programmation statique sous l'angle des langages dynamiques comme Common Lisp.

La base actuelle de cette nouvelle approche est une première ébauche logicielle stable, dotée d'un ensemble d'algorithmes génériques prédéfinis ainsi que d'une interface d'extension bien documentée. Maintenant que le résultat de ce travail est à un niveau satisfaisant de maturité, de nombreuses perspectives s'offrent à nous.

4.3.1 Performances

Les aspects de performance comprennent bien sûr l'algorithmique et le génie logiciel. Dans le premier cas il s'agit d'étudier les algorithmes existants et de les adapter à notre cas si besoin est. Pour l'aspect logiciel, il s'agit d'analyser les performances de l'implémentation actuelle dans le but d'obtenir une vision profilée globale, détecter les goulots d'étranglement *etc.* Cette analyse nous permettra par la suite de réévaluer notre implémentation des passages critiques.

L'axe langagier est le plus innovant. Il consiste à étudier les performances relatives des différentes structures de données, fonctions, macros et idiomes disponibles. Dans la mesure où nous nous situons ici dans le cadre d'un langage dynamique, un autre axe important d'optimisation consiste également à renseigner statiquement les types quand cela est possible. Common Lisp a en effet la propriété de pouvoir mélanger typage dynamique et statique/faible.

4.3.2 Paradigmes

Parallèlement au travail d'optimisation, une autre perspective de plus longue haleine est envisagée : celle de l'étude de paradigmes de programmation alternatifs. Cet axe de recherche constitue le cœur du projet.

L'approche dynamique offerte par Common Lisp, la réflexivité structurelle du langage et finalement l'existence d'un protocole méta-objet définissant la couche orientée objet en elle-même en font un langage de premier plan pour l'exploration de nouveaux paradigmes de programmation. En effet, il est particulièrement aisé de produire des extensions au langage sous forme de simples bibliothèques de fonctions, là où une véritable modification du compilateur serait requise dans un langage plus classique.

Parmi les paradigmes récents dont l'exploration est envisagée, citons la programmation orientée contexte, le dispatch par filtre et la programmation par prototype. Dans chacun de ces trois cas, l'étude portera non seulement sur l'expressivité comparée de ces paradigmes (selon l'axe de la généricité), mais également sur leur niveau de performance.

A Le Conseil Scientifique de l'EPITA

Les travaux du LRDE sont présentés deux fois par an au Conseil Scientifique de l'EPITA.
Ce conseil est composé de :

- Fabrice Kordon (LIP6, Université Paris VI)
- Henri Maître (Telecom Paristech)
- Yves Ruggeri (France Telecom)
- Jean-Francois Perrot (LIP6, Université Paris VI) – Président
- Jean-Luc Stehlé (Jean Luc Stehlé Conseil SARL) – Vice-Président
- Fanny Bellone (Mind Technologies)
- Philippe Jacquet (INRIA)
- Stéfane Fermigier (Nuxeo)
- Vincent Bouatou (Sagem)
- Jacques Sakarovitch (CRNS / Telecom Paristech)
- Pierre-Louis Xech (Microsoft)

B Publications du LRDE

La liste des publications du LRDE et certaines publications sont disponibles sur son site web, cf <http://publis.lrde.epita.fr>. Elles sont présentées année par année en séparant les chapitres de livre, les articles de revue, les articles de conférences internationales et les articles de conférences nationales.

Les nombres en rouge renvoient à la page où est cité l'article.

Publications de 1999

Conférences internationales avec comité de lecture

Géraud, Th., Bloch, I., and Maître, H. (1999). Atlas-guided recognition of cerebral structures in MRI using fusion of fuzzy structural information. In *Proceeding of CIMAF Symposium on Artificial Intelligence*, pages 99–106, La Havana, Cuba. EPITA as current address.

Conférences nationales avec comité de lecture

Géraud, Th., Fabre, Y., Papadopoulos-Orfanos, D., and Mangin, J.-F. (1999). Vers une réutilisabilité totale des algorithmes de traitement d'images. In *Proceedings of the 17th Symposium on Signal and Image Processing (GRETSI)*, volume 2, pages 331–334, Vannes, France. In French. 10

Publications de 2000

Conférences internationales avec comité de lecture

Duret-Lutz, A. (2000). Olena : a component-based platform for image processing, mixing generic, generative and OO programming. In *Proceedings of the 2nd International Symposium on Generative and Component-Based Software Engineering (GCSE)—Young Researchers Workshop ; published in "Net.ObjectDays2000"*, pages 653–659, Erfurt, Germany. 9

Fabre, Y., Pitel, G., Soubrevilla, L., Marchand, E., Géraud, Th., and Demaille, A. (2000a). An asynchronous architecture to manage communication, display, and user interaction in distributed virtual environments. In Mulder, J. and van Liere, R., editors, *Virtual Environments 2000, Proceedings of the 6th Eurographics Workshop on Virtual Environments (EGVE)*, Computer Science / Eurographics Series, pages 105–113, Amsterdam, The Netherlands. Springer-Verlag WienNewYork.

- Fabre, Y., Pitel, G., Soubrevilla, L., Marchand, E., Géraud, Th., and Demaille, A. (2000b). A framework to dynamically manage distributed virtual environments. In Heudin, J.-C., editor, *Proceedings of the 2nd International Conference on Virtual Worlds (VW)*, volume LNAI 1834 of *Lecture Notes in Computer Science Series*, pages 54–64, Paris, France. Springer Verlag.
- Fabre, Y., Pitel, G., and Verna, D. (2000c). Urbi et Orbi : unusual design and implementation choices for distributed virtual environments. In *Proceedings of the 6th International Conference on Virtual Systems and MultiMedia (VSMM)—Intelligent Environments Workshop*, pages 714–724, Gifu, Japan. IOS Press, USA.
- Géraud, Th. and Duret-Lutz, A. (2000). Generic programming redesign of patterns. In *Proceedings of the 5th European Conference on Pattern Languages of Programs (EuroPLoP)*, pages 283–294, Irsee, Germany. UVK, Univ. Verlag, Konstanz. 10
- Géraud, Th., Fabre, Y., Duret-Lutz, A., Papadopoulos-Orfanos, D., and Mangin, J.-F. (2000). Obtaining genericity for image processing and pattern recognition algorithms. In *Proceedings of the 15th International Conference on Pattern Recognition (ICPR)*, volume 4, pages 816–819, Barcelona, Spain. IEEE Computer Society. 10
- Verna, D. (2000). Action recognition : how intelligent virtual environments can ease human-machine interaction. In *Proceedings of the 6th International Conference on Virtual Systems and MultiMedia (VSMM)—Intelligent Environments Workshop*, pages 703–713, Gifu, Japan. IOS Press, USA.

Conférences nationales avec comité de lecture

- Géraud, Th., Bloch, I., and Maître, H. (2000). Reconnaissance de structures cérébrales à l'aide d'un atlas et par fusion d'informations structurelles floues. In *Actes du 12ème Congrès Francophone AFRIF-AFIA de Reconnaissance des Formes et Intelligence Artificielle (RFIA)*, volume 1, pages 287–295, Paris, France. EPITA as current address.

Publications de 2001

Conférences internationales avec comité de lecture

- Angelidis, A. and Fouquier, G. (2001). Visualization issues in virtual environments : from computer graphics techniques to intentional visualization. In Skala, V., editor, *Proceedings of the 9th International Conference in Central Europe on Computer Graphics, Visualization and Computer Vision (WSCG)*, volume 3, pages 90–98, Plzen, Czech Republic.
- Darbon, J., Sankur, B., and Maître, H. (2001). Error correcting code performance for watermark protection. In *Proceedings of the 13th Symposium SPIE on Electronic Imaging—Security and Watermarking of Multimedia Contents III (EI27)*, volume 4314, pages 663–672, San Jose, CA, USA.

- Duret-Lutz, A. (2001). Expression templates in Ada 95. In *Proceedings of the 6th International Conference on Reliable Software Technologies (Ada-Europe)*, volume 2043 of *Lecture Notes in Computer Science Series*, pages 191–202, Leuven, Belgium. Springer-Verlag. Best Paper Award.
- Duret-Lutz, A., Géraud, Th., and Demaille, A. (2001). Generic design patterns in C++. In *Proceedings of the 6th USENIX Conference on Object-Oriented Technologies and Systems (COOTS)*, pages 189–202, San Antonio, TX, USA. USENIX Association. 10
- Géraud, Th., Fabre, Y., and Duret-Lutz, A. (2001a). Applying generic programming to image processing. In Hamsa, M., editor, *Proceedings of the IASTED International Conference on Applied Informatics (AI)—Symposium on Advances in Computer Applications*, pages 577–581, Innsbruck, Austria. ACTA Press. 10
- Géraud, Th., Strub, P.-Y., and Darbon, J. (2001b). Color image segmentation based on automatic morphological clustering. In *Proceedings of the IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)*, volume 3, pages 70–73, Thessaloniki, Greece.
- Géraud, Th., Strub, P.-Y., and Darbon, J. (2001c). Segmentation d’images en couleur par classification morphologique non supervisée. In *Proceedings of the International Conference on Image and Signal Processing (ICISP)*, pages 387–394, Agadir, Morocco. Faculty of Sciences at Ibn Zohr University, Morocco. In French.
- Verna, D. (2001). Virtual reality and tele-operation : a common framework. In *Proceedings of the 5th World Multi-Conference on Systemics, Cybernetics and Informatics (SCI)—Emergent Computing and Virtual Engineering*, volume 3, pages 499–504, Orlando, Florida, USA.

Publications de 2002

Conférences internationales avec comité de lecture

- Carlier, S. (2002). Polar type inference with intersection types and ω . In *Proceedings of the 2nd Workshop on Intersection Types and Related Systems (ITRS)*, published in : *Electronic Notes in Theoretical Computer Science*, volume 70, Copenhagen, Denmark. Elsevier.
- Darbon, J., Géraud, Th., and Duret-Lutz, A. (2002). Generic implementation of morphological image operators. In *Mathematical Morphology, Proceedings of the 6th International Symposium (ISMM)*, pages 175–184, Sydney, Australia. CSIRO Publishing. 10

Publications de 2003

Articles de revue

Bloch, I., Géraud, Th., and Maître, H. (2003). Representation and fusion of heterogeneous fuzzy information in the 3D space for model-based structural recognition—application to 3D brain imaging. *Artificial Intelligence*, 148(1-2) :141–175.

Conférences internationales avec comité de lecture

Burrus, N., Duret-Lutz, A., Géraud, Th., Lesage, D., and Poss, R. (2003). A static C++ object-oriented programming (SCOOP) paradigm mixing benefits of traditional OOP and generic programming. In *Proceedings of the Workshop on Multiple Paradigm with Object-Oriented Languages (MPOOL)*, Anaheim, CA, USA. 10

Géraud, Th. (2003a). Fast road network extraction in satellite images using mathematical morphology and MRF. In *Proceedings of the EURASIP Workshop on Nonlinear Signal and Image Processing (NSIP)*, Trieste, Italy. 28

Géraud, Th. (2003b). Segmentation d’objets curvilignes à l’aide des champs de markov sur un graphe d’adjacence de courbes issu de l’algorithme de la ligne de partage des eaux. In *Proceedings of the International Conference on Image and Signal Processing (ICISP)*, volume 2, pages 404–411, Agadir, Morocco. Faculty of Sciences at Ibn Zohr University, Morocco. In French. 28

Géraud, Th. (2003c). Segmentation of curvilinear objects using a watershed-based curve adjacency graph. In Springer-Verlag, editor, *Proceedings of the 1st Iberian Conference on Pattern Recognition and Image Analysis (IbPRIA)*, volume 2652 of *Lecture Notes in Computer Science Series*, pages 279–286, Mallorca, Spain. Springer-Verlag. 28

Géraud, Th., Fouquier, G., Peyrot, Q., Lucas, N., and Signorile, F. (2003). Document type recognition using evidence theory. In *Proceedings of the 5th IAPR International Workshop on Graphics Recognition (GREC)*, pages 212–221, Computer Vision Center, UAB, Barcelona, Spain. 28

Lombardy, S., Poss, R., Régis-Gianas, Y., and Sakarovitch, J. (2003). Introducing Vaucanson. In Springer-Verlag, editor, *Proceedings of Implementation and Application of Automata, 8th International Conference (CIAA)*, volume 2759 of *Lecture Notes in Computer Science Series*, pages 96–107, Santa Barbara, CA, USA. 17

Maes, F. (2003). Program templates : expression templates applied to program evaluation. In Striegnitz, J. and Davis, K., editors, *Proceedings of the Workshop on Declarative Programming in the Context of Object-Oriented Languages (DP-COOL ; in conjunction with PLI)*, number FZJ-ZAM-IB-2003-10 in John von Neumann Institute for Computing (NIC), Uppsala, Sweden.

Régis-Gianas, Y. and Poss, R. (2003). On orthogonal specialization in C++ : dealing with efficiency and algebraic abstraction in Vaucanson. In Striegnitz, J. and Davis,

K., editors, *Proceedings of the Parallel/High-performance Object-Oriented Scientific Computing (POOSC ; in conjunction with ECOOP)*, number FZJ-ZAM-IB-2003-09 in John von Neumann Institute for Computing (NIC), Darmstadt, Germany.

Xue, H., Géraud, Th., and Duret-Lutz, A. (2003). Multi-band segmentation using morphological clustering and fusion application to color image segmentation. In *Proceedings of the IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)*, volume 1, pages 353–356, Barcelona, Spain.

Publications de 2004

Articles de revue

Géraud, Th. and Mouret, J.-B. (2004). Fast road network extraction in satellite images using mathematical morphology and Markov random fields. *EURASIP Journal on Applied Signal Processing*, 2004(16) :2503–2514. Special issue on Nonlinear Signal and Image Processing - Part II.

Lombardy, S., Régis-Gianas, Y., and Sakarovitch, J. (2004). Introducing Vaucanson. *Theoretical Computer Science*, 328 :77–96.

Conférences internationales avec comité de lecture

Darbon, J., Géraud, Th., and Bellot, P. (2004). Generic algorithmic blocks dedicated to image processing. In *Proceedings of the ECOOP Workshop for PhD Students*, Oslo, Norway.

Darbon, J. and Sigelle, M. (2004). Exact optimization of discrete constrained total variation minimization problems. In *Proceedings of the 10th International Workshop on Combinatorial Image Analysis (IWCIA)*, volume 3322 of *Lecture Notes in Computer Science Series*, pages 548–557, Auckland, New Zealand. Springer-Verlag.

Duflot, M., Fribourg, L., Herault, Th., Lassaigne, R., Magniette, F., Messika, S., Peyronnet, S., and Picaronny, C. (2004). Probabilistic model checking of the CSMA/CD, protocol using PRISM and APMC. In *Proceedings of the 4th International Workshop on Automated Verification of Critical Systems (AVoCS)*, volume 128 of *Electronic Notes in Theoretical Computer Science Series*, pages 195–214.

Géraud, Th., Palma, G., and Van Vliet, N. (2004). Fast color image segmentation based on levellings in feature space. In Publishers, K. A., editor, *Computer Vision and Graphics—International Conference on Computer Vision and Graphics (ICCVG)*, Warsaw, Poland, September 2004, volume 32 of *Computational Imaging and Vision*, pages 800–807. On CD.

Grosicki, E., Abed-Meraim, K., and Dehak, R. (2004). A novel method to fight the non line of sight error in AOA measurements for mobile location. In *Proceedings of the IEEE International Conference on Communications (ICC)*, volume 5, pages 2794–2798, Paris, France.

Maes, F. (2004). Metagene, a C++ meta-program generation tool. In *Proceedings of the Workshop on Multiple Paradigm with OO Languages (MPOOL; in conjunction with ECOOP)*, Oslo, Norway.

Yoruk, E., Konukoglu, E., Sankur, B., and Darbon, J. (2004). Person authentication based on hand shape. In *Proceedings of 12th European Signal Processing Conference (EUSIPCO)*, Vienna, Austria.

Publications de 2005

Articles de revue

Bloch, I., Colliot, O., Camara, O., and Géraud, Th. (2005). Fusion of spatial relationships for guiding recognition, example of brain structure recognition in 3D MRI. *Pattern Recognition Letters*, 26(4) :449–457.

Dehak, R., Bloch, I., and Maître, H. (2005). Spatial reasoning with relative incomplete information on relative positioning. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 27(9) :1473–1484.

Conférences internationales avec comité de lecture

Baillard, A., Bertin, E., Mellier, Y., McCracken, H. J., Géraud, Th., Pelló, R., LeBorgne, J.-F., and Fouqué, P. (2005). Project EFIGI : Automatic classification of galaxies. In Gabriel, C., Arviset, Ch., Ponz, D., and Solano, E., editors, *Astronomical Data Analysis Software and Systems XV*, volume 351 of *Conference*, pages 236–239. Astronomical Society of the Pacific. 26

Claveirole, Th., Lombardy, S., O'Connor, S., Pouchet, L.-N., and Sakarovitch, J. (2005). Inside Vaucanson. In Springer-Verlag, editor, *Proceedings of Implementation and Application of Automata, 10th International Conference (CIAA)*, volume 3845 of *Lecture Notes in Computer Science Series*, pages 117–128, Sophia Antipolis, France. 17

Darbon, J. (2005). Total variation minimization with l^1 data fidelity as a contrast invariant filter. In *Proceedings of the 4th International Symposium on Image and Signal Processing and Analysis (ISPA 2005)*, pages 221–226, Zagreb, Croatia.

Darbon, J. and Akgül, C. B. (2005). An efficient algorithm for attribute openings and closings. In *Proceedings of the 13th European Signal Processing Conference (EUSIPCO)*, Antalya, Turkey.

Darbon, J. and Peyronnet, S. (2005). A vectorial self-dual morphological filter based on total variation minimization. In *Proceedings of the First International Conference on Visual Computing*, volume 3804 of *Lecture Notes in Computer Science Series*, pages 388–395, Lake Tahoe, Nevada, USA. Springer-Verlag.

- Darbon, J. and Sigelle, M. (2005). A fast and exact algorithm for total variation minimization. In *Proceedings of the 2nd Iberian Conference on Pattern Recognition and Image Analysis (IbPRIA)*, volume 3522, pages 351–359, Estoril, Portugal. Springer-Verlag.
- Demaille, A. (2005). Making compiler construction projects relevant to core curriculums. In *Proceedings of the Tenth Annual Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education (ITICSE'05)*, pages 266–270, Universidade Nova de Lisboa, Monte da Pacarita, Portugal.
- Géraud, Th. (2005). Ruminations on Tarjan’s Union-Find algorithm and connected operators. volume 30 of *Computational Imaging and Vision*, pages 105–116, Paris, France. Springer. 10
- Guirado, G., Herault, Th., Lassaigne, R., and Peyronnet, S. (2005). Distribution, approximation and probabilistic model checking. In *Proceedings of the 4th international workshop on Parallel and Distributed Model Checking (PDMC)*.
- Lassaigne, R. and Peyronnet, S. (2005). Probabilistic verification and approximation. In *Proceedings of 12th Workshop on Logic, Language, Information and Computation (Wollic)*, volume 143 of *Electronic Notes in Theoretical Computer Science*, pages 101–114.

Publications de 2006

Chapitres de livre

- Duflot, M., Kwiatkowska, M., Norman, G., Parker, D., Peyronnet, S., Picaronny, C., and Sproston, J. (2006). Practical application of probabilistic model checking to communication protocols. In Gnesi, S. and Margaria, T., editors, *FMICS Handbook on Industrial Critical Systems*, chapter 7. To appear.

Articles de revue

- Borghini, A., David, V., and Demaille, A. (2006). C-Transformers — A framework to write C program transformations. *ACM Crossroads*, 12(3). <http://www.acm.org/crossroads/xrds12-3/contractc.html>. 24
- Darbon, J. and Sigelle, M. (2006). Image restoration with discrete constrained Total Variation—part I : Fast and exact optimization. *Journal of Mathematical Imaging and Vision*, 26(3) :261–276.
- Verna, D. (2006a). 2006(3).
- Verna, D. (2006b). How to make lisp go faster than C. *IAENG International Journal of Computer Science*, 32(4).
- Yörük, E., Konukoglu, E., Sankur, B., and Darbon, J. (2006). Shape-based hand recognition. *IEEE Transactions on Image Processing*, 15(7) :1803–1815.

Conférences internationales avec comité de lecture

- Cadilhac, M., Hérault, Th., Lassaigne, R., Peyronnet, S., and Tixeuil, S. (2006). Evaluating complex MAC protocols for sensor networks with APMC. In *Proceedings of the 6th International Workshop on Automated Verification of Critical Systems (AVoCS)*, volume 185 of *Electronic Notes in Theoretical Computer Science Series*, pages 33–46.
- Chekroun, M., Darbon, J., and Ciril, I. (2006). On a polynomial vector field model for shape representation. In *Proceedings of the International Conference on Image Analysis and Recognition (ICIAR)*, Povoá de Varzim, Portugal. Springer-Verlag.
- Darbon, J., Lassaigne, R., and Peyronnet, S. (2006). Approximate probabilistic model checking for programs. In *Proceedings of the IEEE 2nd International Conference on Intelligent Computer Communication and Processing (ICCP'06)*, Technical University of Cluj-Napoca, Romania.
- Darbon, J. and Sigelle, M. (2006). Fast and exact discrete image restoration based on total variation and on its extensions to levelable potentials. In *SIAM Conference on Imaging Sciences*, Minneapolis, USA.
- David, V., Demaille, A., and Gournet, O. (2006). Attribute grammars for modular disambiguation. In *Proceedings of the IEEE 2nd International Conference on Intelligent Computer Communication and Processing (ICCP'06)*, Technical University of Cluj-Napoca, Romania. 23
- Dehak, R., Deledalle, C.-A., and Dehak, N. (2006). LRDE system description. In *NIST SRE'06 Workshop : speaker recognition evaluation campaign*, San Juan, Puerto Rico. 15
- Demaille, A., Peyronnet, S., and Hérault, Th. (2006a). Probabilistic verification of sensor networks. In *Proceedings of the Fourth International Conference on Computer Sciences, Research, Innovation and Vision for the Future (RIVF'06)*, Ho Chi Minh City, Vietnam.
- Demaille, A., Peyronnet, S., and Sigoure, B. (2006b). Modeling of sensor networks using XRM. In *Proceedings of the 2nd International Symposium on Leveraging Applications of Formal Methods, Verification and Validation (ISoLA'06)*, Coral Beach Resort, Paphos, Cyprus.
- Denise, A., Gaudel, M.-C., Gouraud, S.-D., Lassaigne, R., and Peyronnet, S. (2006). Uniform random sampling of traces in very large models. In *Proceedings of the 1st international workshop on Random Testing 2006 (RT06)*, ACM digital library, pages 10–19.
- Hérault, T., Lassaigne, R., and Peyronnet, S. (2006). APMC 3.0 : Approximate verification of discrete and continuous time markov chains. In *Proceedings of Qest 2006*, pages 129–130.
- Lesage, D., Darbon, J., and Akgül, C. B. (2006). An efficient algorithm for connected attribute thinnings and thickenings. In *Proceedings of the second International Conference on Visual Computing*, volume 4292 of *Lecture Notes in Computer Science Series*, pages 393–404, Lake Tahoe, Nevada, USA. Springer-Verlag.
- Perrot, P., Dehak, R., and Chollet, G. (2006). ENST-IRCGN system description. In *NIST SRE'06 Workshop : speaker recognition evaluation campaign*, San Juan, Puerto Rico. 15

Verna, D. (2006a). Beating C in scientific computing applications. In *Third European Lisp Workshop at ECOOP*, Nantes, France. Best paper award. 21

Verna, D. (2006b). How to make lisp go faster than C. In *Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists*, Hong Kong. International Association of Engineers.

Publications de 2007

Articles de revue

Laplante, S., Lassaigne, R., Magniez, F., Peyronnet, S., and de Rougemont, M. (2007). Probabilistic abstraction for model checking : an approach based on property testing. *ACM Transactions on Computational Logic*, 8(4).

Conférences internationales avec comité de lecture

Baillard, A., Berger, Ch., Bertin, E., Géraud, Th., Levillain, R., and Widynski, N. (2007). Algorithme de calcul de l'arbre des composantes avec applications à la reconnaissance des formes en imagerie satellitaire. In *Proceedings of the 21st Symposium on Signal and Image Processing (GRETSI)*, Troyes, France. 26

Berger, Ch., Géraud, Th., Levillain, R., Widynski, N., Baillard, A., and Bertin, E. (2007). Effective component tree computation with application to pattern recognition in astronomical imaging. In *Proceedings of the IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)*, volume 4, pages IV-41-IV-44, San Antonio, TX, USA. 26

Darbon, J. (2007). A note on the discrete binary Mumford-Shah model. In *Proceedings of the international Computer Vision / Computer Graphics Collaboration Techniques and Applications (MIRAGE 2007)*, Paris, France.

Darbon, J., Sigelle, M., and Tupin, F. (2007). The use of levelable regularization functions for MRF restoration of SAR images. In *Proceedings of the 19th Symposium SPIE on Electronic Imaging*, San Jose, CA, USA.

Dehak, R., Dehak, N., Kenny, P., and Dumouchel, P. (2007). Linear and non linear kernel GMM supervector machines for speaker verification. In *Proceedings of the European Conference on Speech Communication and Technologies (Interspeech'07)*, Antwerp, Belgium. 14

Fouquier, G., Atif, J., and Bloch, I. (2007a). Local reasoning in fuzzy attribute graphs for optimizing sequential segmentation. In Escolano, F. and Vento, M., editors, *Proceedings of the 6th IAPR TC-15 Workshop on Graph-based Representations in Pattern Recognition (GBR)*, volume LNCS 4538, pages 138-147, Alicante, Spain. Springer Verlag.

- Fouquier, G., Likforman, L., Darbon, J., and Sankur, B. (2007b). The biosecure geometry-based system for hand modality. In *Proceedings of the 32nd IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing (ICASSP)*, volume I, pages 801–804, Honolulu, Hawaii, USA.
- Hamez, A., Kordon, F., and Thierry-Mieg, Y. (2007). libDMC : a library to operate efficient distributed model checking. In *Workshop on Performance Optimization for High-Level Languages and Libraries — associated to IPDPS'2007*.
- Quoc, C. L., Bellot, P., and Demaille, A. (2007a). On the security of quantum networks : a proposal framework and its capacity. In *Proceedings of the 2007 International Conference on New Technologies, Mobility and Security (NTMS'07)*, Paris, France.
- Quoc, C. L., Bellot, P., and Demaille, A. (2007b). Stochastic routing in large grid-shaped quantum networks. In *Proceedings of the Fifth International Conference on Computer Sciences, Research, Innovation and Vision for the Future (RIVF'07)*, Hanoi, Vietnam.
- Ricou, O. (2007). 10 years of confrontation between French Internet users and their successive governments. In *Proceedings of the 7th European Conference on e-Government (ECEG)*.
- Ricou, O., Baillard, A., Bertin, E., Magnard, F., Marmo, C., and Mellier, Y. (2007). Web services at TERAPIX. In *Proceedings of the XVII conference on Astronomical Data Analysis Software & Systems (ADASS)*. 26
- Verna, D. (2007). CLOS solutions to binary methods. In *Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists*, Hong Kong. International Association of Engineers.

Publications de 2008

Articles de revue

- Verna, D. (2008). Binary methods programming : the CLOS perspective (extended version). *Journal of Universal Computer Science*, 14(20) :3389–3411. 21

Conférences internationales avec comité de lecture

- Darbon, J. (2008). Global optimization for first order Markov random fields with submodular priors. In *Proceedings of the twelfth International Workshop on Combinatorial Image Analysis (IWCIA'08)*, Buffalo, New York, USA.
- Dehak, N., Dehak, R., Kenny, P., and Dumouchel, P. (2008a). Comparison between factor analysis and GMM support vector machines for speaker verification. In *Proceedings of the Speaker and Language Recognition Workshop (IEEE-Odyssey 2008)*, Stellenbosch, South Africa. 14

- Dehak, R., Dehak, N., and Kenny, P. (2008b). The LRDE systems for the 2008 NIST speaker recognition evaluation. In *NIST-SRE 2008*, Montréal, Canada. 15
- Dehak, R., Dehak, N., Kenny, P., and Dumouchel, P. (2008c). Kernel combination for SVM speaker verification. In *Proceedings of the Speaker and Language Recognition Workshop (IEEE-Odyssey 2008)*, Stellenbosch, South Africa.
- Demaille, A., Duret-Lutz, A., Lesaint, F., Lombardy, S., Sakarovitch, J., and Terrones, F. (2008a). An XML format proposal for the description of weighted automata, transducers, and regular expressions. In *Proceedings of the seventh international workshop on Finite-State Methods and Natural Language Processing (FSMNL'08)*, Ispra, Italia. 17
- Demaille, A., Durlin, R., Pierron, N., and Sigoure, B. (2008b). Semantics driven disambiguation : A comparison of different approaches. In *Proceedings of the 8th workshop on Language Descriptions, Tools and Applications (LDTA'08)*. 23
- Demaille, A., Levillain, R., and Perrot, B. (2008c). A set of tools to teach compiler construction. In *Proceedings of the Thirteenth Annual Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education (ITICSE'08)*, pages 68–72, Universidad Politécnica de Madrid, Spain.
- Géraud, Th. and Levillain, R. (2008). Semantics-driven genericity : A sequel to the static C++ object-oriented programming paradigm (SCOOP 2). In *Proceedings of the 6th International Workshop on Multiparadigm Programming with Object-Oriented Languages (MPOOL)*, Paphos, Cyprus. 10
- Hamez, A., Thierry-Mieg, Y., and Kordon, F. (2008). Hierarchical set decision diagrams and automatic saturation. In *Petri Nets and Other Models of Concurrency –ICATPN 2008*.
- Hémon, S., de Rougemont, M., and Santha, M. (2008). Approximate Nash equilibria for multi-player games. In *1st International Symposium on Algorithmic Games Theory*, Paderborn, Germany.
- Kenny, P., Dehak, N., Dehak, R., Gupta, V., and Dumouchel, P. (2008). The role of speaker factors in the NIST extended data task. In *Proceedings of the Speaker and Language Recognition Workshop (IEEE-Odyssey 2008)*, Stellenbosch, South Africa.
- Quoc, C. L., Bellot, P., and Demaille, A. (2008). Towards the world-wide quantum network. In *Proceedings of the 4th Information Security Practice and Experience Conference (ISPEC'08)*, Sydney, Australia.
- Ricou, O. (2008). A survey of French local e-democracy. In *Proceedings of the 8th European Conference on e-Government (ECEG)*.
- Verna, D. (2008). Binary methods programming : the CLOS perspective. In *Proceedings of the First European Lisp Symposium*, pages 91–105, Bordeaux, France.
- Verna, D., Herzeel, C., Rhodes, C., and Hübner, H. (2008). Report on the 5th workshop ELW at ECOOP 2008. In Eugster, P., editor, *Object-Oriented Technology. ECOOP 2008 Workshop Reader.*, volume 5475 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 1–6. Springer.

Publications de 2009

Articles de revue

Hamez, A., Thierry-Mieg, Y., and Kordon, F. (2009). Building efficient model checkers using hierarchical set decision diagrams and automatic saturation. *Fundamenta Informaticae*.

Conférences internationales avec comité de lecture

Dehak, N., Dehak, R., Kenny, P., Brummer, N., Ouellet, P., and Dumouchel, P. (2009a). Support vector machines versus fast scoring in the low-dimensional total variability space for speaker verification. In *Interspeech*. 14

Dehak, N., Kenny, P., Dehak, R., Glember, O., Dumouchel, P., Burget, L., Hubeika, V., and Castaldo, F. (2009b). Support vector machines and joint factor analysis for speaker verification. In *IEEE-ICASSP, Taipei - Taiwan*. 14

Demaille, A., Levillain, R., and Sigoure, B. (2009). TWEAST : A simple and effective technique to implement concrete-syntax AST rewriting using partial parsing. In *Proceedings of the 24th Annual ACM Symposium on Applied Computing (SAC'09)*, pages 1924–1929, Waikiki Beach, Honolulu, Hawaii, USA.

Dumouchel, P., Dehak, N., Attabi, Y., Dehak, R., and Boufaden, N. (2009). Cepstral and long-term features for emotion recognition. In *Interspeech*. Open Performance Sub-Challenge Prize.

Duret-Lutz, A., Poitrenaud, D., and Couvreur, J.-M. (2009). On-the-fly emptiness check of transition-based Streett automata. In Liu, Z. and Ravn, A. P., editors, *Proceedings of the 7th International Symposium on Automated Technology for Verification and Analysis (ATVA'09)*, volume 5799 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 213–227. Springer-Verlag. 18

Levillain, R., Géraud, Th., and Najman, L. (2009). Milena : Write generic morphological algorithms once, run on many kinds of images. In Wilkinson, M. H. F. and Roerdink, J. B. T. M., editors, *Mathematical Morphology and Its Application to Signal and Image Processing – Proceedings of the Ninth International Symposium on Mathematical Morphology (ISMM)*, volume 5720 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 295–306, Groningen, The Netherlands. Springer Berlin / Heidelberg. 11, 27

Verna, D. (2009a). CLOS efficiency : Instantiation. In *Proceedings of the International Lisp Conference*, pages 76–90. Association of Lisp Users. 21

Verna, D. (2009b). Revisiting the visitor : the just do it pattern. In *Proceedings of the ACCU Conference 2009*, Oxford. Accepted.

Publications de 2010

Chapitres de livre

Géraud, Th., Talbot, H., and Droogenbroeck, M. V. (2010a). Algorithms for mathematical morphology. In Najman, L. and Talbot, H., editors, *Mathematical Morphology—From Theory to Applications*, pages 323–353. Wiley-ISTE. 10

Géraud, Th., Talbot, H., and Droogenbroeck, M. V. (2010b). Morphologie et algorithmes. In Najman, L. and Talbot, H., editors, *Morphologie mathématique 2 : estimation, choix et mise en œuvre*, IC2 signal et image, chapter 6, pages 151–180. Hermès Science Publications. 10

Articles de revue

Dolstra, E., Löh, A., and Pierron, N. (2010). NixOS : A purely functional linux distribution. *Journal of Functional Programming*. Published online by Cambridge University Press 15 Oct 2010.

Verna, D. (2010). Revisiting the visitor : the just do it pattern. *Journal of Universal Computer Science*, 16 :246–271. 21

Conférences internationales avec comité de lecture

Dehak, N., Dehak, R., Glass, J., Reynolds, D., and Kenny, P. (2010). Cosine Similarity Scoring without Score Normalization Techniques. In *Odyssey The Speaker and Language Recognition*, Brno, Czech Republic. 15

Dehak, R. and N.Dehak (2010). Lrde Speaker Recognition System for NIST-SRE 2010. In *NIST 2010 Speaker Recognition Evaluation*, Brno, CZ. 15

Levillain, R., Géraud, Th., and Najman, L. (2010a). Why and how to design a generic and efficient image processing framework : The case of the Milena library. In *Proceedings of the IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)*, pages 1941–1944, Hong Kong. 10, 27

Levillain, R., Géraud, Th., and Najman, L. (2010b). Writing reusable digital geometry algorithms in a generic image processing framework. In *Proceedings of the Workshop on Applications of Digital Geometry and Mathematical Morphology (WADGMM)*, pages 96–100, Istanbul, Turkey. 11, 27

Linard, A., Paviot-Adet, E., Kordon, F., Buchs, D., and Charron, S. (2010). polyDD : Towards a framework generalizing decision diagrams. In *Proceedings of the 10th International Conference on Application of Concurrency to System Design (ACSD)*, pages 124–133, Braga, Portugal. IEEE Computer Society.

- Minetto, R., Thome, N., Cord, M., Fabrizio, J., and Marcotegui, B. (2010). Snoopertext : A multiresolution system for text detection in complex visual scenes. In *Proceedings of the IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)*, pages 3861–3864, Hong Kong. 12
- Shum, S., Dehak, N., Dehak, R., and Glass, J. (2010). Unsupervised Speaker Adaptation based on the Cosine Similarity for Text-Independent Speaker Verification. In *Odyssey The Speaker and Language Recognition*, Brno, Czech Republic. 15
- Verna, D. (2010a). Classes, styles, conflicts : the biological realm of L^AT_EX. In Beeton, B. and Berry, K., editors, *TUGboat*, volume 31, pages 162–172.
- Verna, D. (2010b). CLoX : Common Lisp objects for XEmacs. In *Proceedings of the 3rd European Lisp Symposium*, Lisbon, Portugal.

C Séminaire Performance et Généricité du LRDE

Dans l'ordre chronologique :

2008

- Romain Lerallut (A2iA) et Raffi Enficiaud (DxO Labs) – Morph-M et généricité en traitement d'images
- Sylvain Pion (INRIA Sophia Antipolis) – Robustesse, efficacité et généricité dans la bibliothèque CGAL
- Vitor Vasconcelos Araujo Silva (LORIA Nancy) – Performance et Généricité dans Qgar
- Pascal Costanza (Vrije Universiteit, Bruxelles, Belgique) – Context-oriented Programming with ContextL
- Anya Helene Bagge (Institutt for Informatikk, Universitetet i Bergen, Norvège) – Aspect-oriented Programming
- Anya Helene Bagge (Institutt for Informatikk, Universitetet i Bergen, Norvège) – High-Level Abstractions and Optimization
- Magne Haveraaen (Institutt for Informatikk, Universitetet i Bergen, Norvège) – Mouldable Programming
- Frédéric Louergue (LIFO, Université d'Orléans) – Programmation parallèle certifiée
- Frédéric Gava (LACL, Université de Paris Est, Créteil) – Le langage BSML
- Joël Falcou (IEF, Université de Paris-Sud, Orsay) – Outils pour le parallélisme : apports de la programmation générative
- Gaétan Hains (LACL, Université de Paris Est, Créteil) – Systèmes, algorithmes et applications : Efficacité et utilité des systèmes parallèles
- Samuel Tardieu (TELECOM ParisTech) – Construire une application robuste sans faire exploser les coûts
- Thomas Quinot (AdaCore) – Représentation efficace des données complexes dans un intergiciel schizophrène
- Wilfried Kirschenmann (EDF R&D) – Bibliothèque générique multi-cible d'algèbre linéaire
- Laurent Plagne (EDF R&D Clamart) – Mesure de Performance et Généricité à EDF R&D

2009

- Louis Mandel (Université Paris-Sud 11, LRI) – ReactiveML : une extension d'OCaml pour la programmation de systèmes réactifs synchrones
- Luc Maranget (Inria) – Programmer en JoCaml
- Pierre-Etienne Moreau (INRIA Nancy - Grand Est) – Programmation par règles : application à la transformation d'arbres en Java
- Patrick Viry (Ateji) – Mise en oeuvre et application des extensions de langages
- Yann Régis-Gianas (laboratoire PPS - Univ. Paris Diderot, équipe πr^2 - INRIA) – Que se cache-t-il derrière ce type ?

- Benoit Sonntag (ICPS - LSIIT) – Lisaac/IsaacOS : La puissance des langages objets à prototypes
- Dominique Colnet (SmartEiffel - LORIA) – Visite guidée de SmartEiffel : le génie logiciel en pratique
- Gaël Thomas (REGAL/Lip6/Inria) – AutoVM : repousser les frontières de la généricité
- Nicolas Geoffray (Lip6/INRIA/REGAL) – VMKit, LLVM et Clang : les prochaines générations de compilateurs
- Yannick Allusse (consultant indépendant) et Patrick Horain (Télécom SudParis) – GpuCV : Accélération par processeur graphique pour le traitement d’image et la vision artificielle
- David Tschumperlé (GREYC Uni Caen) – CImg et G’MIC : Boîtes à outils libres pour le traitement d’images à différents niveaux
- Pierre Fortin (PEQUAN, LIP6) – La méthode multipôle rapide sur le processeur Cell : calcul du champ proche
- Jean-Luc Lamotte (PEQUAN, LIP6) – Le processeur CELL : architecture et programmation

2010

- Raffi Enficiaud (INRIA Paris-Rocquencourt, équipe-projet IMEDIA) – Yayi : Bibliothèque générique de traitement morphologique d’images
- Bertrand Meyer (École Polytechnique Fédérale de Zurich, Suisse) – Généricité et héritage en Eiffel
- Jean-Baptiste Fasquel (Université d’Angers, LISA) – Généricité en traitement d’images : niveau algorithmique et logiciel
- Roland Levillain (LRDE) – Architecture logicielle pour des outils génériques en traitement d’images
- Alban Linard (Université de Genève, équipe “Software Modeling and Verification, Suisse) – Diagrammes de Décision à la Demande (DDoD)
- Yann Cointepas (CEA/LNAO, NeuroSpin/IFR 49) – Interface générique pour la parallélisation d’applications de recherche en imagerie biomédicale
- Julien Lamy (Université de Strasbourg) – Généricité et topologie discrète en C++
- David Picard (ENSEA, Cergy-Pontoise) – Recherche d’images et indexation multimédia basées contenu
- Vincent Tariel (Ecole Polytechnique) – Programmation par propriétés : application au traitement d’image
- Rémi Forax (LIGM, Université Paris Est Marne-la-Vallée) – PHP.Reboot : un langage de script utilisant la JSR 292

D Les anciens étudiants-chercheurs du LRDE

Voici la liste des étudiants de l'EPITA qui ont été au LRDE durant leur scolarité. Sur les 94, 41 ont fait un DEA/M2 recherche (44%), 22 sont aujourd'hui docteur (23%) et 8 sont doctorants (8,5%).

Promotion 2000

- Amilcar Baptista (Manager chez Accenture, Paris, France)
- Yoann Fabre (Directeur R&D chez Epiphyte, Paris, DEA)
- Arnaud Flutre (Software Development Engineer 2 chez Microsoft, Seattle, USA)
- Emmanuel Marchand (Ingénieur Consultant chez Intelsys)
- Guillaume Pitel (Chef de Projet Recherche et Développement chez Epiphyte, Paris, Doctorat)
- Laurent Soubrevilla (Directeur Général, Epiphyte, Paris)

Promotion 2001

- Alexis Angelidis (Directeur Technique chez Pixar Animation Studios, USA, Doctorat)
- Vincent Berruchon (Ingénieur Conception/développement chez PROLOGISM, Paris)
- Maxime Colas-Des-Francis (RIQ, Réseau Internet Québec Inc., Canada)
- Jérôme Darbon (Chercheur CNRS au CMLA, ENS Cachan, France, Doctorat)
- Alexandre Duret-Lutz (Enseignant-chercheur au LRDE, France, Doctorat)
- Geoffroy Fouquier (Postdoctorant à Telecom Paristech, Doctorat)
- Renaud François (Ingénieur Système chez Cisco, Paris, France)
- Valentine Ogier-Galland (Communicatrice technique chez NexWave Solutions, Montpellier, France)
- Sébastien Uzeel (Consultant chez AUSY, France)
- Anthony Pinagot (Ingénieur Réseau chez Cogitis, Montpellier, France)
- Mickaël Strauss (chez HORIZON SOFTWARE, France)
- Sébastien Thellier (Chef de projet chez Atos Worldline)

Promotion 2002

- Jean Chalard (Ingénieur de Développement, WeatherNews, Japon)
- Rémi Coupet (Ingénieur Génie Logiciel, HSBC Private Bank, Genève)
- Ludovic Perrine
- Christophe Kiciak (Manager de l'activité tests d'intrusion, Provadys, Paris)
- Josselin Lebret (Ingénieur d'études chez Blue Infinity, Genève, Suisse)
- Jean-Marie Santoni-Costantini (Gameplay Programmer chez Dancing Dots, Paris, France)
- Pierre-Yves Strub (Postdoctorant chez INRIA / Microsoft Joint Center, Orsay, France, Doctorat)

- Nicolas Waniowski (Consultant chez Niji, Issy les Moulineaux, France)

Promotion 2003

- Robert Anisko (Consultant chez Murex, France)
- Clément Faure (chercheur EADS CCR, Toulouse, Doctorat)
- Ignacy Gawedzki (Postdoctorant au LRI, Orsay, France, Doctorat)
- Jean-Sébastien Mouret (Roaming Gameplay Programmer chez Ubisoft, Singapour)
- Quoc Peyrot (Externe en médecine, Hôpitaux de Paris, Master 2)
- Raphaël Poss (enseignant-chercheur Université d'Amsterdam, Pays-Bas, Master, PhD en cours)
- Yann Régis-Gianas (maître de conférence Paris 7, Doctorat)
- Emmanuel Turquin (Cadre Etudes techniques & Recherche chez The Bakery, Gémenos, France, Doctorat)

Promotion 2004

- Sylvain Berlemont (Postdoctorant à la Harvard Medical School, USA, Doctorat)
- Nicolas Burrus (Postdoctorant à l'University Carlos III of Madrid, Espagne, Doctorat)
- David Lesage (Ingénieur dans l'Industrie, Doctorat)
- Francis Maes (Postdoctorant à l'Université de Liège, Belgique, Doctorat)
- Jean-Baptiste Mouret (Maître de conférence Paris 6, ISIR, Doctorat)
- Benoît Perrot (Product Manager chez Dassault Systèmes, France)
- Maxime Rey (Ingénieur chez Thémis)
- Nicolas Tisserand (Lead Developpeur chez MixVibes, Gennevilliers, France)
- Astrid Wang (Chef de projet R&D chez Gemalto, Singapour)

Promotion 2005

- Thomas Claveirole (Ingénieur au LRI, Paris XI, Doctorat)
- Valentin David (Université de Bergen, Doctorat)
- Loïc Fosse (Ingénieur Développeur chez Eugen Systems, Paris, France)
- Giovanni Palma (Ingénieur de Recherche chez Genral Electrics Healthcare, Paris, Doctorat)
- Julien Roussel (Directeur du Développement chez Wevod, Paris, France, DEA)
- Niels van Vliet (chez Mitsubishi UFJ Securities, Londres, UK)
- Clément Vasseur (Ingénieur chez Freebox)

Promotion 2006

- Nicolas Despres (Directeur R&D chez Mobile Devices Ingénierie)
- Olivier Gournet (Développeur chez Freebox)
- Sarah O'Connor (Asset Manager à la Société Générale, Paris)
- Simon Odou (Docteur LRI, université Paris-Sud XI, Doctorat)

- Louis-Noël Pouchet (Postdoctorant à l’Ohio State University, Columbus, USA, Doctorat)
- Nicolas Pouillard (Doctorant dans l’équipe Gallium, INRIA Roquencourt, France, Master 2)
- Damien Thivolle (Doctorant dans l’équipe VASY, INRIA Rhone-Alpes, France, Master 2)

Promotion 2007

- Christophe Berger (Consultant IT Security, Devoteam, France, Master 2)
- Robert Bigaignon (Ingénieur Logiciel chez Syncsort, New York, USA)
- Alexandre Borghi (Doctorant au LRI, Université Paris-Sud 11, Master 2)
- Michael Cadilhac (Doctorant à l’Université de Montréal, Canada, Master 2)
- Guillaume Guirado (Ingénieur chez Thalès ?, France, Master 2)
- Thomas Largillier (Docteur LRI, université Paris-Sud XI, Doctorat)
- Johan Oudinet (Postdoctorant au Karlsruhe Institute of Technology, Karlsruhe, Allemagne, Doctorat)
- Florent Terrones (Ingénieur Logiciel chez Prosodie, Lyon, France)
- Nicolas Widynski (Docteur ENST, ParisTech Télécom, France, Doctorat)

Promotion 2008

- Samuel Charron (Ingénieur R&D chez Twenga, Paris, France)
- Charles-Alban Deledalle (Doctorant TelecomParisTech, France, Master 2)
- Renaud Durlin (Ingénieur R&D chez Dassault Systèmes, France)
- Jean-Philippe Garcia-Ballester (formation IUFM, Grenoble, France)
- Quentin Hocquet (Ingénieur R&D chez Gostai, Paris, France)
- Guillaume Lazzara (Ingénieur R&D au LRDE, France)
- Guillaume Leroi (Ingénieur d’études chez Key Consulting, France)
- Thomas Moulard (Doctorant, LAAS-CNRS, Toulouse, France, Master 2)
- Nicolas Neri (Stagiaire chez Emerald Vision, Paris, France)
- Nicolas Pierron (Doctorant, LIP6/Gostai, Paris, France, Master 2)
- Geoffroy Querol (Ingénieur IT/Quant chez Lunalogic, Paris, France)
- Benoît Sigoure (Ingénieur fiabilité chez StumbleUpon, San Francisco, USA)

Promotion 2009

- Alexandre Abraham (Stagiaire chez Thales Systèmes Aéroportés, France, Master 2)
- Nicolas Ballas (Doctorant au CEA Saclay, France, Master 2)
- Vivien Delmon (Doctorant chez Elekta, Issy Les Moulineaux, France, Master 2)
- Matthieu Garrigues (Ingénieur de Recherche à l’ENSTA, Paris, France)
- Ugo Jardonnet (Stagiaire INRIA, Paris, France, Master 2)
- Antoine Leblanc (Ingénieur de Recherche chez Altribe, Paris, France)
- Florian Lesaint (Formation en droit, Paris I, France, Master 2)

- Jimmy Ma (Ingénieur chez Syllabs, Paris, France, Master 2)
- Florian Quèze (Développeur chez Instantbird.org, France)
- Maxime Van-Noppen (Ingénieur de Recherche chez Altribe, Paris, France)

Promotion 2010

- Florent D'Halluin (Développeur à Stevens Institute of Technology, Hoboken, USA)
- Jérôme Galtier (?)
- Damien Lefortier (Ingénieur Logiciel chez Exalead, Paris, France)
- Vincent Ordy (Stagiaire chez Siemens Corporate Research, New York, USA)
- Guillaume Sadegh (Ingénieur R&D chez Exalead, Paris, France)
- Warren Seine (Directeur technique, Aerys, Paris, France)