



Laboratoire  
d'Informatique  
de Robotique  
et de Microélectronique  
de Montpellier



UPVD  
Université de Perpignan Via Domitia

# LIRMM

RAPPORT D'ACTIVITÉS 2005-2008  
BILAN ET PROJET



## Equipe-projet DALI

Digits, Architectures et Logiciels Informatiques

Responsable : Philippe Langlois

# DALI de UPVD @ LIRMM : contexte et motivation

Jeune équipe de recherche créée *ex nihilo* en 2003

- soutenue par une ACI Jeune chercheur 2003-2006,
- associée au laboratoire ELIAUS en 2007-2010,
- propose de devenir une nouvelle équipe-projet du LIRMM pour 2011-2014.

# DALI de UPVD @ LIRMM : contexte et motivation

Jeune équipe de recherche créée *ex nihilo* en 2003

- soutenue par une ACI Jeune chercheur 2003-2006,
- associée au laboratoire ELIAUS en 2007-2010,
- propose de devenir une nouvelle équipe-projet du LIRMM pour 2011-2014.

Recrutements récents, importants, jeunes et d'origine extérieure variée

Année	Chercheur	Emploi	Âge	Origine	PEDR
2003	B. Goossens	PR	47	LIAFA, U. Paris 7	X
2003	Ph. Langlois	PR	40	IUT Perpignan	X
2004	D. Defour	MCF	27	LIP, ENS Lyon	X
2005	D. Parello	MCF	28	LRI, U. Orsay	-
2006	Ch. Nègre	MCF	29	LIRMM, U. Montpellier 2	-
2007	M. Martel	MCF HDR	34	LIST, CEA Saclay	X

# DALI de UPVD @ LIRMM : contexte et motivation

Jeune équipe de recherche créée *ex nihilo* en 2003

- soutenue par une ACI Jeune chercheur 2003-2006,
- associée au laboratoire ELIAUS en 2007-2010,
- propose de devenir une nouvelle équipe-projet du LIRMM pour 2011-2014.

## Composition

- 7 emplois permanents E/C de 27ème section au 1er septembre 2009
- dont 1 ATER recherche récurrent
- 5 doctorants : 3 en FI, 2 en FC et 2 co-tutelles

## A venir

- 2010 : +1 E/C, -2 soutenances

# DALI de UPVD @ LIRMM : mots-clés

## Contexte scientifique et enjeux

Augmentation de la complexité des modèles, des architectures et des environnements, des volumes de calcul et de l'impact sociétal

## DALI : une unité thématique

Maîtriser et améliorer la qualité numérique et la haute performance des calculs

## Domaines d'expertise

architecture et micro-architecture, simulateurs et compilateurs, arithmétique des ordinateurs et validation numérique

## Domaines d'application

algorithmique numérique, cryptographie, systèmes embarqués critiques, calcul formel, calcul scientifique, théorie du contrôle

# Bilan scientifique

- 1 Présentation générale
- 2 Bilan scientifique : deux résultats significatifs et une synthèse**
- 3 Production, reconnaissance et positionnement scientifiques
- 4 Synthèse et analyse
- 5 Projets scientifique

# Interaction matériel $\leftrightarrow$ logiciel : un premier exemple

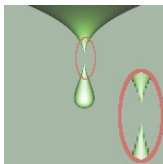
**Objectif** : tracé sûr et rapide de surface implicite

**Solution** : arithmétique d'intervalles et GPU (collab. U. Girona, Catal. Esp.).



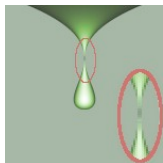
Approximation polygonale

- rapide sur GPU (< 1 seconde) mais imprécis



Lancer de rayons : plus précis mais sans garantie

- Recherche de racines : heuristiques
- 2 secondes sur GPU



Lancer de rayons **garanti** avec **Boost.Interval on GPU**

- Recherche exhaustive des racines : Newton intervalle
- **2 secondes sur GPU** (137 secondes sur CPU)

# Interaction matériel $\leftrightarrow$ logiciel : un second exemple

**Motivation** : Améliorer et valider la précision en utilisant uniquement l'arithmétique IEEE-754.

**Nos contributions** . . .

- Algorithmes compensés : précis, validés (preuves et bornes dynamiques fines) et rapides
- Applications actuelles : briques de base du calcul scientifique

. . . et la réponse à une question ouverte par S.M. Rump et al. (SISC,05)

*Pourquoi ces algorithmes sont plus rapides que le décompte des opérations flottantes et que les meilleures solutions concurrentes : "double-double" de U.C. Berkeley ?*

Grâce à un niveau élevé de parallélisme d'instruction (ILP).



# Les algorithmes compensés ont un important potentiel de vitesse de calcul

Ratios (R.) : normalisés vs. Horner.

	CompHorner	DDHorner
R. #cycles mesurés	2.7 – 3.2	8.5 – 9.7
R. # Flop	11	14
IPC idéal théorique	11	1.6

*Pourquoi ces algorithmes sont plus rapides que le décompte des opérations flottantes et que les meilleures solutions concurrentes : “double-double” de U.C. Berkeley ?*

Grâce à un niveau élevé de parallélisme d'instruction (ILP).

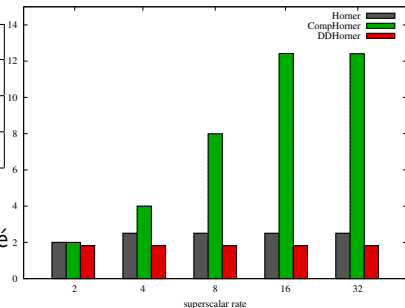
# Les algorithmes compensés ont un important potentiel de vitesse de calcul

Ratios (R.) : normalisés vs. Horner.

	CompHorner	DDHorner
R. #cycles mesurés	2.7 – 3.2	8.5 – 9.7
R. # Flop	11	14
IPC idéal théorique	11	1.6

La simulation d'un processeur idéal et de degré super-scalaire paramétrable

- confirme les IPC théoriques
- et le parallélisme d'instruction de la compensation.



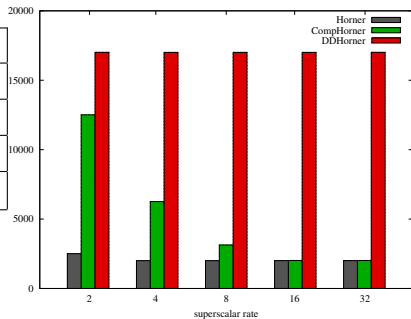
IPC en fonction du degré super-scalaire simulé

# Les algorithmes compensés ont un important potentiel de vitesse de calcul

Ratios (R.) : normalisés vs. Horner.

	CompHorner	DDHorner
R. #cycles mesurés	2.7 – 3.2	8.5 – 9.7
R. # Flop	11	14
IPC idéal théorique	11	1.6
R. #cycles idéal	$\approx 1$	$\approx 8.75$

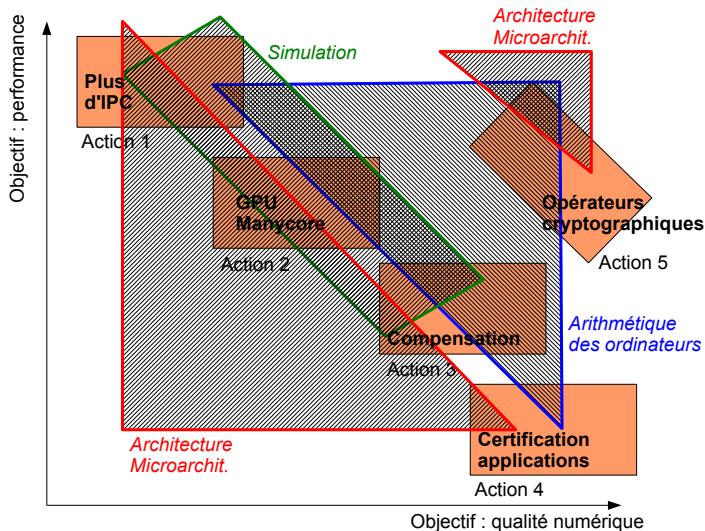
- La solution double-double atteint ses performances maximales sur les processeurs actuels.
- La compensation exhibe un potentiel d'un **doublage de précision à coût constant sur les processeurs de demain.**



# cycles en fonction  
du degré super-scalaire simulé

# Qualité numérique et haute performance des calculs

2006-2009 : organisée autour de 5 actions de recherche



# Résultats significatifs : arithmétique et matériel

## Simulation : membre du consortium Unisim

- Un simulateur de processeur générique multi-cœur : [OoOSim](#) [HiPEAC'09]
- Un simulateur fonctionnel de GPU NVidia G80 : [Barra](#) [RNC'08]
- Amélioration des performances du simulateur [HiPEAC'09]

## Micro-architecture et IPC

- Algos. matériels pour augmenter le degré superscalaire [FGCS :05 ; TSI :06]

## Architectures émergentes et arithmétique

- Arithmétique d'intervalles pour GPU : [Boost-Interval](#) [RNC'98]
- Simulation numérique de récepteurs solaires sur GPU [CPC :08]
- Consommation énergétique [LNCS :09]
- Veille technologique [RSTI :08]

# Résultats significatifs : arithmétique et logiciel

## Amélioration et certification de la précision

- Compensation de l'éval. polynomiale et de  $Tx = b$  [INV-IEEE-Scan'06]
- Arrondi fidèle de l'évaluation polynomiale [IEEE-Arith'07]
- Transformation sémantique pour la précision [SAS'07 ; INV-NSV'08]

## Certification et applications

- Pseudozéros de polynômes intervalles [ACM-SAC'06]
- Stabilité garantie en théorie du contrôle [TIA :07]
- Résolution garantie des ODE [IEEE-Scan'06]
- Interprétation abstraite et systèmes hybrides [ESOP'08 ; VMCAI'08]
- Interprétation abstraite pour Simulink [IEEE-ICISS'09 ; TSI :09]

## Arithmétique et opérateurs cryptographiques

- Nouvelles représentations des corps finis [FNNTA :07]
- Nouveaux algorithmes sur les corps finis [IEEE-Arith'09]
- Nouvelles formules sur les courbes elliptiques [NordSec'05]

# Bilan scientifique quantifié

- 1 Présentation générale
- 2 Bilan scientifique : deux résultats significatifs et une synthèse
- 3 Production, reconnaissance et positionnement scientifiques**
- 4 Synthèse et analyse
- 5 Projets scientifique

# Publications et logiciels

## Publications

	2005	2006	2007	2008	<i>ratio 05-08</i>
# permanents E-C	3	5	6	7	7
Journaux internat. (ACLi)	3	3	3	3	0.57
Actes intern. sélect. (ACTIs)	3	9	12	10	1.62
Invitations intern. (INV)		1		1	0.10
<b>Ratio international</b>					<b>2.29</b>
Journaux nat. (ACLn)		1		2	0.14
Invitations nat. (INVn)	1		1	1	0.14

*IEEE Trans. Computers, Future Gen. Comp. Syst., J. System Arch., Theor. Inform. Appl., J. High Order and Symb. Comp., J. Formal Meth. Syst. Design, Finite Fields and Appl., ACM Trans. Math. Softw., J. Comp. Appl. Math., Japan J. Ind. Appl. Math.*

## Logiciels

OoOSim, Barra, Boost.Interval-GPU, Massane (CEA-Airbus)



# Reconnaissance internationale

## Conférencier invité dans des conférences internationales

- SCAN'06 : Scientific Computing & Applied Numerics, Duisburg, Allemagne
- NSV'08 : International Workshop on Numerical Abstraction for Software Validation, Princeton, Etats-Unis
- INVA'09 : International Workshop of Validated Algorithms, Miyako, Japon

## Invitations de longue durée

- Département ECE, University of Waterloo, Canada

## Animation scientifique internationale et édition

- Session “Validated computing” du 21st ACM Symposium on Applied Computing, Dijon, 2006 : co-organisation avec S.M. Rump (T.U. Hamburg)
- 17th Intern. Static Analysis Symp. : organisation du [SAS'2010 à Perpignan](#)
- Editeur revue NOLTA : *Non Linear Theory and Appl.*

# Les deux premiers docteurs immédiatement recrutés comme MCF

Novembre 2005 : première thèse en informatique de l'UPVD

S. Graillat : allocataire normalien 2003-2005

*Fiabilité des algorithmes numériques : pseudosolutions structurées et précision*

2006 : recruté comme MCF à l'Université Paris 6

Equipe PEQUAN au LIP6

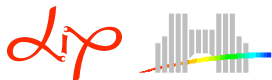


N. Louvet : allocataire ACI JC 2005-2007

*Algorithmes compensés en arithmétique flottante : précision, validation, perfs*

2008 : recruté comme MCF à l'Université Lyon 1

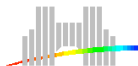
Projet Arénaire au LIP, ENS Lyon



# Exemples de contrats ou programmes de recherche financés hors budget récurrent et ACI JC

## EVAFlo : Evaluation et Validation Automatique pour le Flottant

- ANR Blanc 2006-2010 avec ENS Lyon, INRIA Sophia et CEA : 35 k€



## GP-GPU : collaboration et veille technologique

- Nvidia, ATI par donation de matériel 2007-2009 : 18 k€



## MASSANE : développement d'un outil pour la validation de systèmes de commandes de vol numériques

- Airbus et CEA, 2007-2010 : 50k€



# DALI dans son environnement national

## Diffusion et animation scientifique

- Cours écoles thématiques ARCHI'05, '07, '09, RAIM'08, '09
- Formation continue du CNRS en 2005 et 2009
- Journées Arinews GDR ALP-ASR : Perpignan'05
- Organisation Sympa'06, Canet-en-roussillon
- Journées Thème Emergent CNRS : co-organisation et gestion d'une action nationale GPU-Manycore (GDR ASR)

## Jurys

- Participation jury "Meilleures thèses" SPECIF (04-06)
- Jurys de thèses hors DALI (14 + 3 dont 8 rapports), d'HDR (2 dont 1 rapport)

# DALI au quotidien, dans son environnement proche

## DALI @ UPVD : unité de lieu, dimension humaine, dynamisme

- Séminaire DALI : 35 séances en 2005-2008 dont 29 intervenants extérieurs
- <http://webdali.univ-perp.fr>
- Alstom 2009 : challenge robotique entre X, ENSAM et UPVD
- Responsabilités pédagogiques, habilitations licence et master, VP TIC

## DALI @ LIRMM

- Master informatique de l'UM2 : un cours renouvelé depuis 2004.
- Intégrations croisées : Ch. Nègre, P. Giorgi
- Commissions de spécialistes 27ème section de l'UPVD (2004 →), de l'UM3

## DALI @ Languedoc-Roussillon

- Comité d'orientation COSTI depuis sa création
- projet HPC@LR, actions de Transferts-LR, AAP "Chercheur d'avenir"

# Synthèse et analyse

	<b>Positif</b> (pour atteindre l'objectif)	<b>Négatif</b> (pour atteindre l'objectif)
<b>Origine interne</b> (organisationnelle)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Une véritable équipe projet : unité thématique</li><li>• Bonne production scientifique</li><li>• Jeunesse et dynamisme</li><li>• Visibilité et reconnaissance par la communauté</li><li>• Potentiel de montée en puissance</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Logiciels : développement et diffusion</li><li>• Crypto « à la DALI »</li><li>• Invités et collaborations internationales</li></ul>
<b>Origine externe</b> (environnement)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Complémentarité thématique par rapport au LIRMM</li><li>• Soutien des tutelles</li><li>• Extension de la visibilité à la discipline</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Nouvelle configuration pour l'UPVD, le LIRMM-UM2-ED</li><li>• Vivier d'étudiants de Master</li><li>• Potentiel local de partenariat industriel</li><li>• Masse critique et investissement local</li></ul>

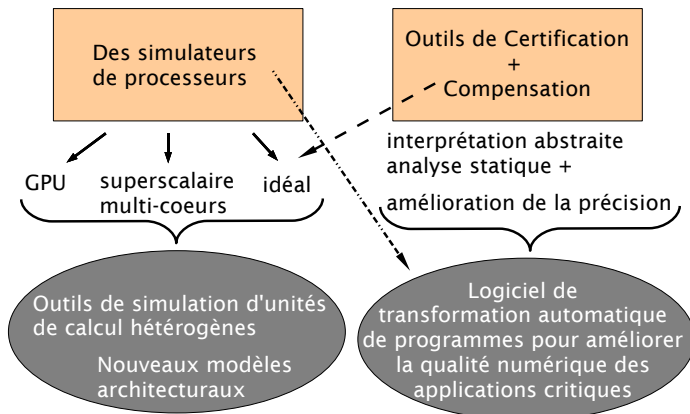
# Projet scientifique

- 1 Présentation générale
- 2 Bilan scientifique : deux résultats significatifs et une synthèse
- 3 Production, reconnaissance et positionnement scientifiques
- 4 Synthèse et analyse
- 5 Projets scientifique

# Des résultats récents ... et structurants

## Deux projets fédérateurs à forte valeur ajoutée logicielle

- Plateforme logicielle de simulation de processeurs génériques
- Logiciel de transformation automatique de codes embarqués critiques





# Simulateurs et nouvelles architectures hétérogènes

## Des simulateurs utiles aux non-experts : les programmeurs

- Aujourd'hui : simulateur = outils de l'architecte
- Notre ambition : le programmeur complète et affine sa vision de la chaîne de production logicielle

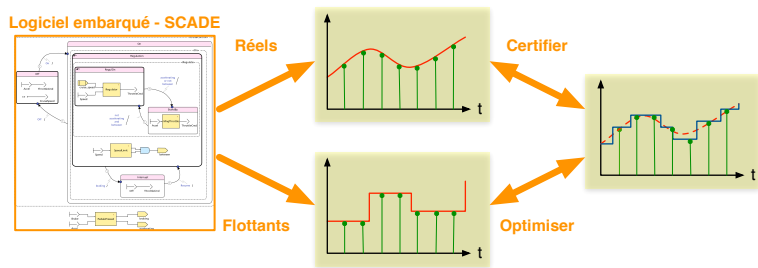
## Valider les nouveaux modèles micro-architecturaux

- Objectif : permettre une approche expérimentale **validée**

## De nouveaux simulateurs pour les nouvelles architectures hétérogènes

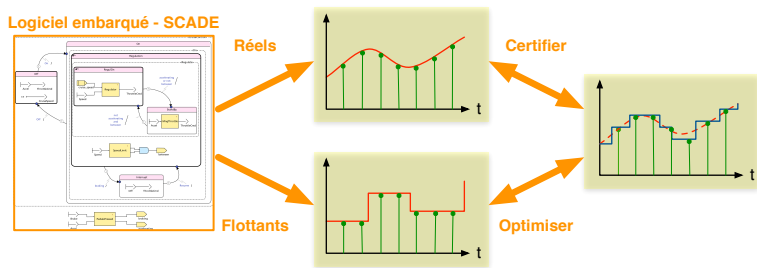
- Besoin : complexité et évolutivité
  - GPU, multi-coeurs, unités reconfigurables, ...
- Verrou : suivre cette complexification par des choix de développement anticipés

# Un logiciel de transformation automatique de codes numériques embarqués critiques



- Améliorer et certifier la distance entre résultats réels et flottants
- Optimisation multi-critères : précision / temps de calcul / taille de code
- Par interprétation abstraite : automatiquement, pour toutes les exécutions, pour des grands codes — en  $O(10000)$  LOC

# Un logiciel de transformation automatique de codes numériques embarqués critiques



**SARDANES** : un projet ambitieux et déjà fortement soutenu

Collaboration avec l'ENS et UBO



Sélectionné et financé par

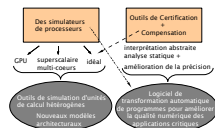
- la Fondation Aéronautique et Espace, 2009-2012 (300k€)
- Chercheurs d'avenir 2009 de la Région LR (100k€)



# Projet scientifique de DALI de l'UPVD@LIRMM : synthèse

## Deux projets fédérateurs à forte valeur ajoutée logicielle

- Plateforme de simulation de processeurs génériques
- Transformation automatique de codes critiques



## Des développements amonts plus fondamentaux

- Nouveaux algorithmes précis et rapides (Japon-Allemagne-Paris-Lyon)
- Nouvelle approche en géométrie algorithmique certifiée (ANR GeoFlot)
- Nouvelle génération de hachage (SHA-3 du NIST, U. Waterloo)

## Des interactions avec les EP du LIRMM

- ARITH : calcul intensif symbolique-numérique et applications
- MAB : GPU et fiabilité numérique pour le séquençage génomique
- SysMIC : simulation d'architectures hétérogènes

# Questions - Suggestions - Discussion

Merci pour votre attention.

Vos questions? Vos suggestions.

Discussion avec l'équipe



**DALI**  
*Digital Architectures et Logiciels Informatiques*



**ELIAUS**



**UPVD**  
Université de Perpignan *Via Domitia*

Equipe-projet DALI :

qualité numérique et haute performance des calculs

<http://webdali.univ-perp.fr>

Comité de visite pour l'évaluation AERES

2-3 décembre 2009, LIRMM, Montpellier

# Questions - Suggestions - Discussion

Merci pour votre attention.

Vos questions ? Vos suggestions.

Discussion avec l'équipe






Equipe-projet DALI :  
qualité numérique et haute performance des calculs

<http://webdali.univ-perp.fr>

Comité de visite pour l'évaluation AERES  
2-3 décembre 2009, LIRMM, Montpellier

## Plus de détails

- Doctorants en cours 
- Actions et collaborations scientifiques internationales 
- Aspects financiers 

## Doctorants actuellement au sein de DALI

**M. Bouache.** "Simulation de processeurs hautes performances"

FC : financement Université Boumerdès (Algérie), AVEROES, soutenance prévue fin 2010

**S. Collange.** "GPGPU"

allocataire ED E2 (UPVD), soutenance prévue fin 2010

**A. El Moussaoui.** "Traitement parallèle des instructions "

FC : financement BCU, Amer. Univ. Liban, soutenance prévue 2011

**C. Ke.** "Extraction parallèle des instructions "

financement société "véhicules urbains", Chine, soutenance prévue fin 2011

**A. Ioualalen.** "Transformation automatique de codes embarqués critiques "

financement FNRAE, soutenance prévue fin 2012



# Actions et collaborations scientifiques

## Collaborations internationales en cours

- A. Hasan à Université de Waterloo, Canada : opérateurs cryptographiques et courbes elliptiques
- W. Taha à Rice University, US : simulation certifiée de processus physiques
- Esterel Technologies et Airbus : développement d'un logiciel d'analyse et transformation pour SCADE
- S. Oishi et S.M. Rump à Waseda University, Tokyo : algorithmes numériques précis et validés
- J.-L. Gaudiot à U. California Irvine, US : processeurs haute-performances
- M. Mezghiche, Université Boumerdès, Algérie : processeurs haute-performances

▶ [Autres détails](#)

## Aspects financiers

