

Équipe Algorithmes, Architectures, Analyse et Synthèse d'Images (A³SI)

Laboratoire d'Informatique Gaspard-Monge
UMR CNRS ENPC ESIEE UPEM 8049



11-12 décembre 2013

Composition actuelle de l'équipe

- 20 membres permanents, dont :
 - 13 enseignants-chercheurs
 - 6 chercheurs
 - 1 professeur émérite (Jean Serra)
 - 9 HDR
 - 11 ESIEE, 5 ENPC, 2 UPEM, 1 CNRS
- 1 chargé de recherche (CDD)
- 30 doctorants
- 3 post-doctorants

Thématiques de recherche et principaux résultats

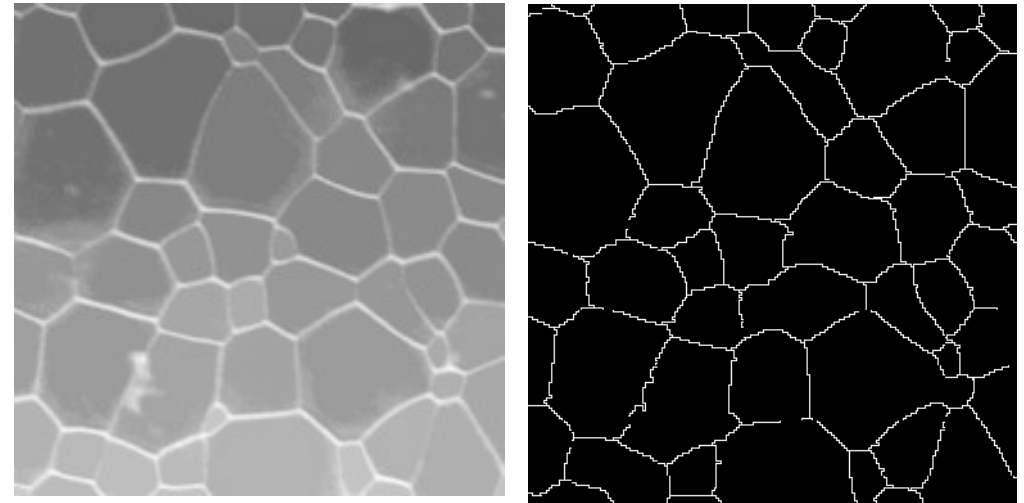
- Architectures dédiées pour l'imagerie
- Géométrie et topologie discrètes, géométrie algorithmique
- Morphologie mathématique, filtrage et analyse d'images
- Optimisation, apprentissage et traitement d'images
- Synthèse d'images et modélisation
- Vision, reconstruction de modèles 3D et sémantisation

Architectures dédiées pour l'imagerie

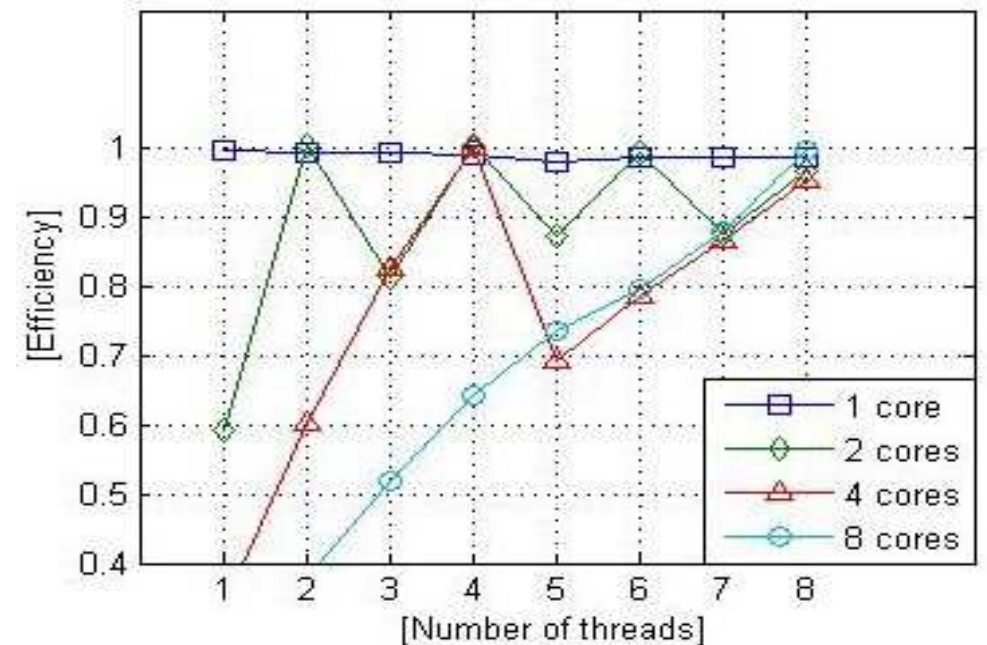
Parallélisation d'algorithmes

Participants A3SI : M. Akil, R. Mahmoudi

- Architecture parallèle multi-core / multi-thread à mémoire partagée
- Stratégie de parallélisation d'algorithmes de traitement d'images à base d'opérateurs topologiques
- Stratégie d'ordonnancement des threads et de distribution des données



	P4 660	E8400	E5335	E5405
Arch.	P 4	2 Duo	Quad-core	Octo-core
CPU Speed	3.60 GHz	3 GHz	2 GHz	2 GHz
Bus Speed	800 MHz	1333 MHz	1333 MHz	1333 MHz
L2 Size	800 MHz	6 MB	8 MB	12 MB
L2 Speed	3.6 GHz	3 GHz	2 GHz	2 GHz
package Type	LGA775	LGA775	LGA771	LGA771
Techno.	90 nm	45 nm	65 nm	45 nm

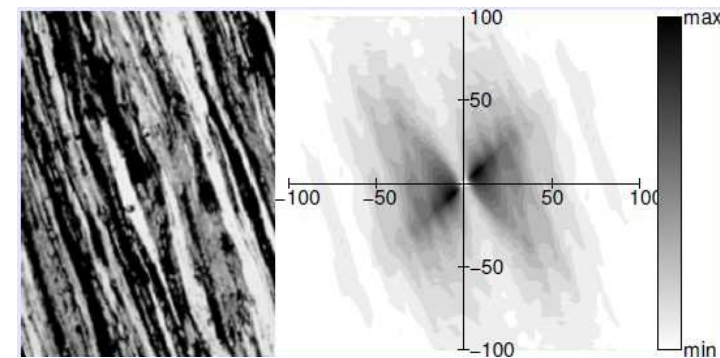


Architecture dédiée pour la morphologie mathématique

Participants A3SI : M. Akil, E. Dokládalo, J. Bartovsky

- Architecture matérielle parallèle dédiée et programmable pour des filtres morphologiques
- Premier processeur de voisinage de grande taille
 - Complexité de calcul constante
 - *Scalable* par la taille de la mémoire
 - Latence minimale
 - Voisinage programmable
- Applications pratiques
 - Filtres morphologiques composés par série (ouvertures/fermetures, filtres séquentiels)
 - Mesures de distributions de tailles et des angles

Exemple de calcul de distribution des angles



Résultats obtenus : opération d'ouverture
image SVGA, angle 45°

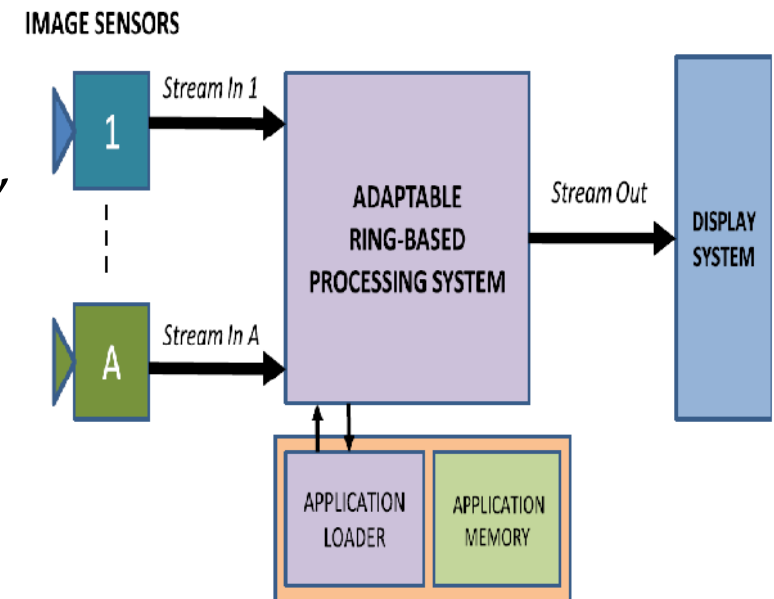
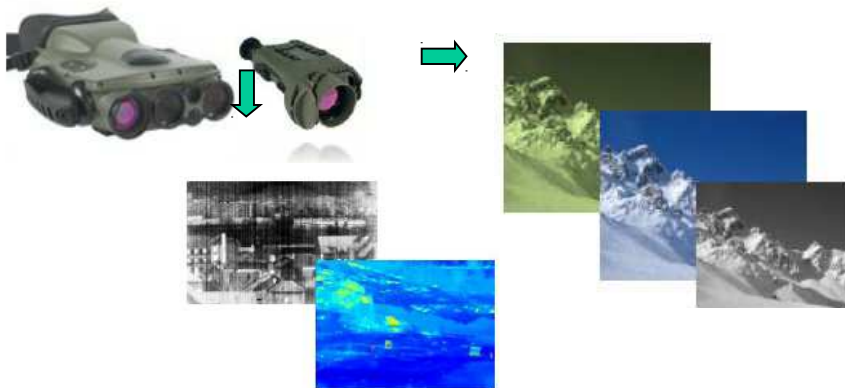
Longueur de l'élément structurant	15	31	63	127	255
Performance [MPix/s]	42.6	40.7	38.4	34.5	28.7
Latence [lignes]	10	21	44	89	180

Vision embarquée et réseau sur puce dynamiquement adaptable

Participants A3SI : M. Akil, E. Dokládalo, N. Ngan

- Système de type Network On-Chip
 - Gestion de plusieurs flux parallèles (potentiellement hétérogènes)
 - Structure dynamiquement adaptable (chemin de données, accès aux données)
 - Utilisation d'unités de traitement dédiées et/ou programmables réalisant une tâche (PE)
 - Flux d'instructions embarqué dans les données
- Applications
 - Equipements portables de vision : fusion d'images, amélioration d'image, détection des cibles

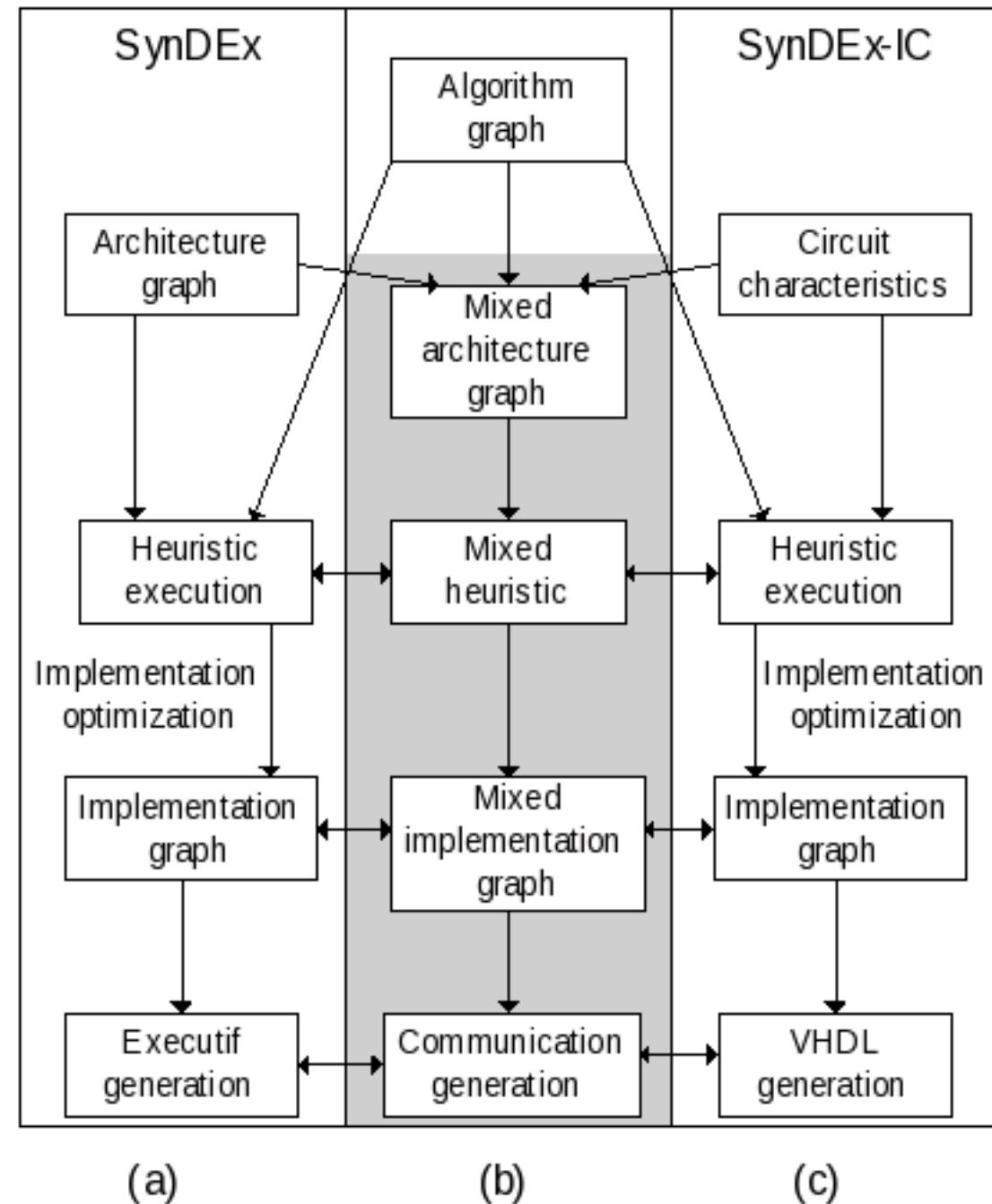
Système multi-capteur de vision portable



Méthodologie AAA et architecture parallèle multi-composants hétérogènes

Participants A3SI : M. Akil, T. Grandpierre, O. Feki

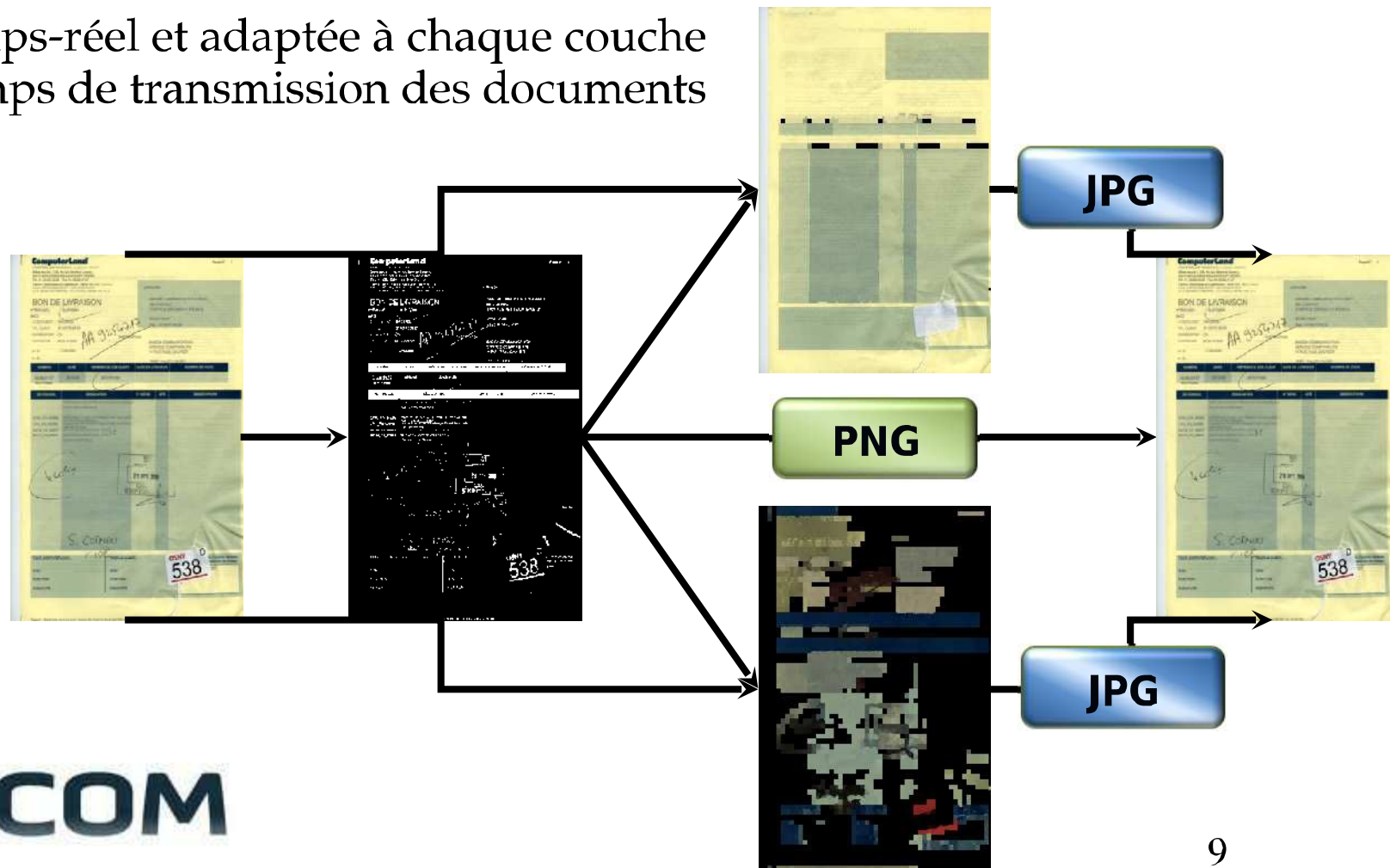
- Extension des modèles de graphes AAA afin de pouvoir faire du prototypage rapide ciblant des architectures mixtes programmables – reconfigurables
- Couplage des heuristiques :
 - AAA/SynDEx (INRIA)
 - AAA/SynDEx-IC (ESIEE/LIGM)
- Génération de code mixte



Projet « Demat+ »

Participants A3SI : M. Akil, R. Kachouri

- Vers la création d'un service dématérialisation de documents scannés
- Segmentation en couches
- Traitement temps-réel des différentes couches
- Compression temps-réel et adaptée à chaque couche
réduction des temps de transmission des documents

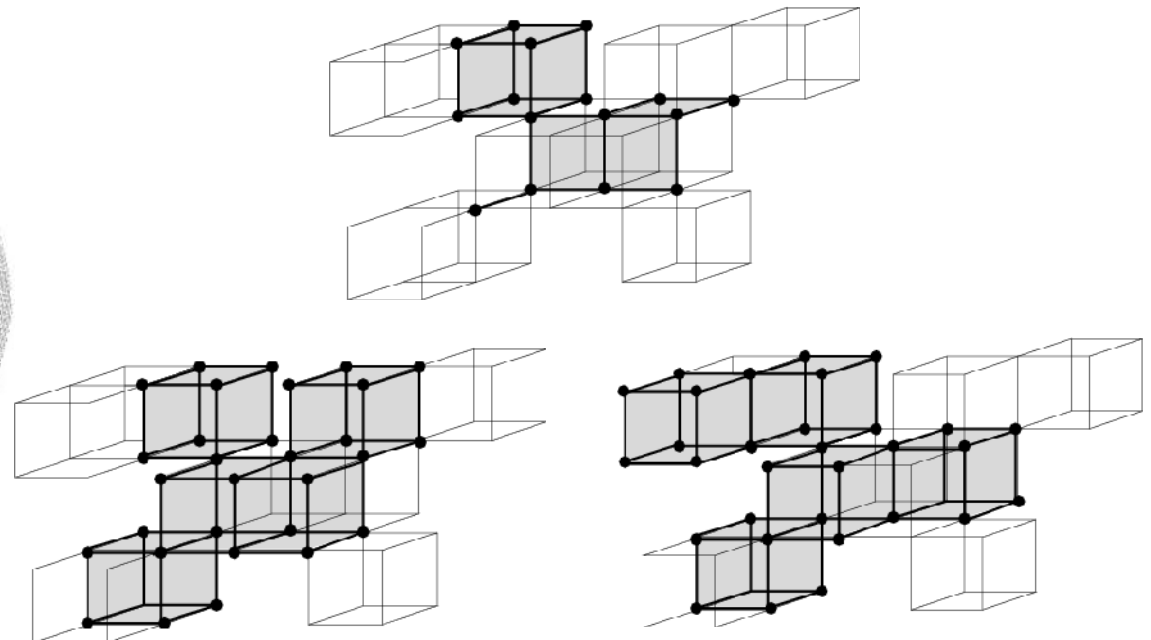
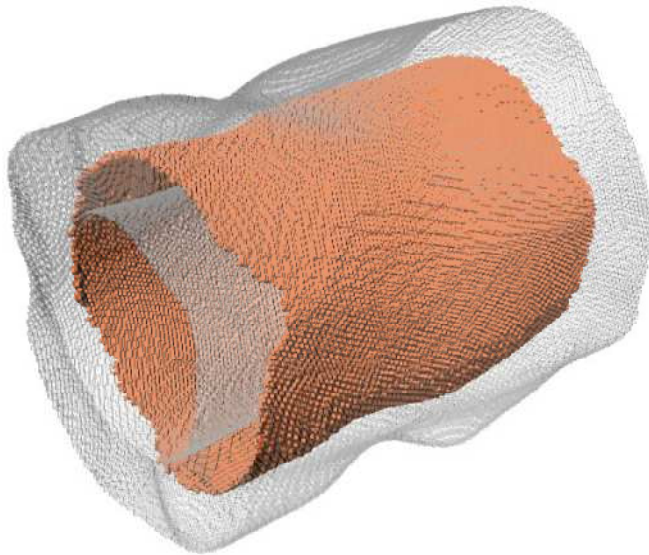
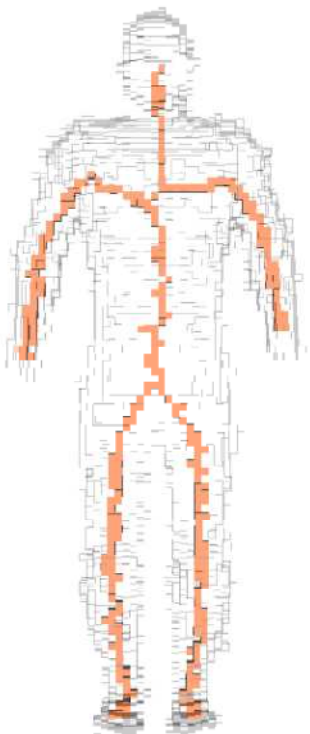


Géométrie et topologie discrètes, géométrie algorithmique

Noyaux critiques

Participants A3SI : G. Bertrand, M. Couprie

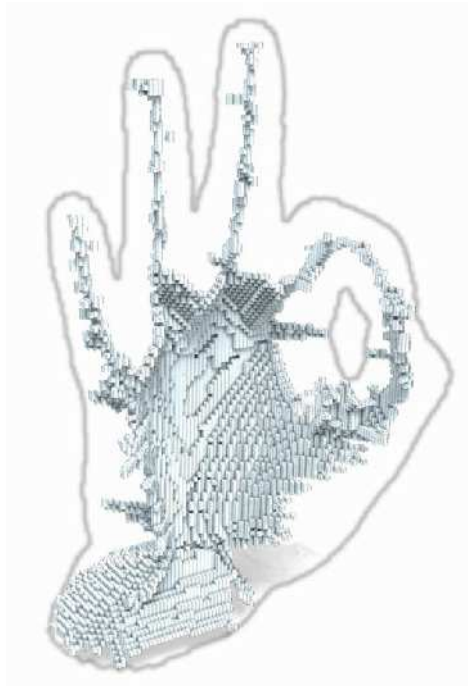
- Noyaux critiques : un cadre théorique, le plus général à ce jour, pour l'étude et la conception d'algorithmes parallèles d'amincissement homotopique
- Nouveaux algorithmes en 2D, en 3D
- Nouvelle caractérisation des points simples en 2D, 3D, 4D
- Propriétés de l'amincissement homotopique dans les variétés discrètes
- Propriétés montrant que le cadre des noyaux critiques contient et généralise les cadres proposés antérieurement



Squelettes euclidiens discrets

Participants A3SI : M. Couprie, H. Talbot, J. Chaussard, M. Postolski

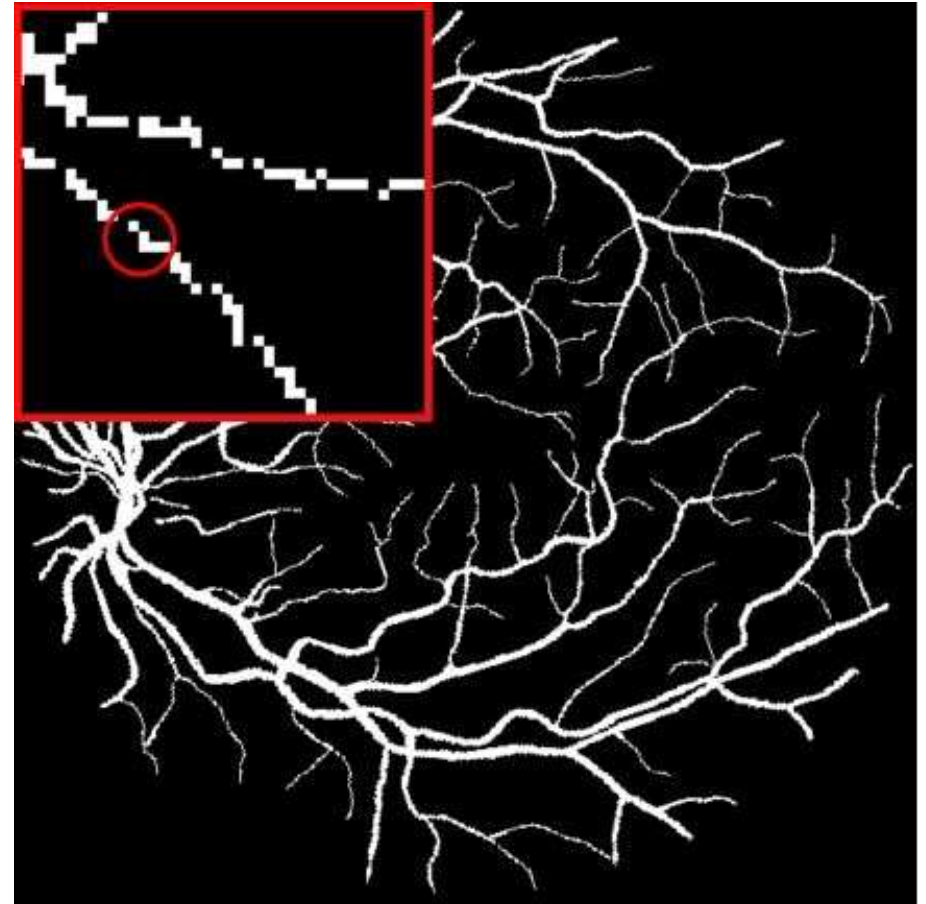
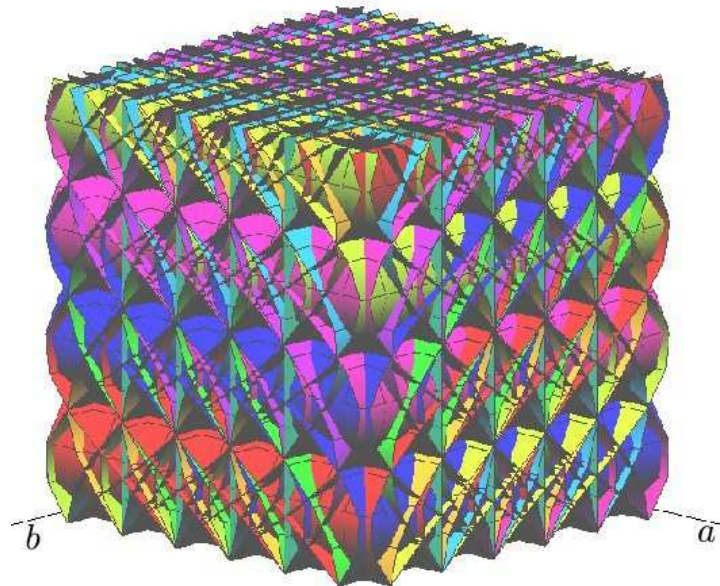
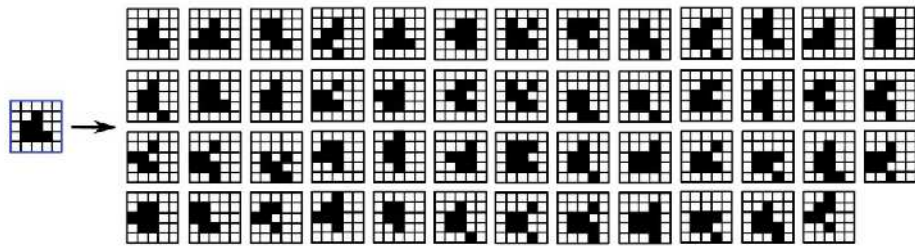
- Problématique de la stabilité des squelettes et méthodes de filtrage
- λ -medial axis
- Scale filtered Euclidean medial axis
- Topological maps and hierarchical Euclidean skeletons
- Propriétés (préservation de la topologie, stabilité...)
- Evaluations comparatives



Géométrie discrète

Participants A3SI : Y. Kenmochi, H. Talbot, Y. Thibault, Hoai Diem Phuc Ngo

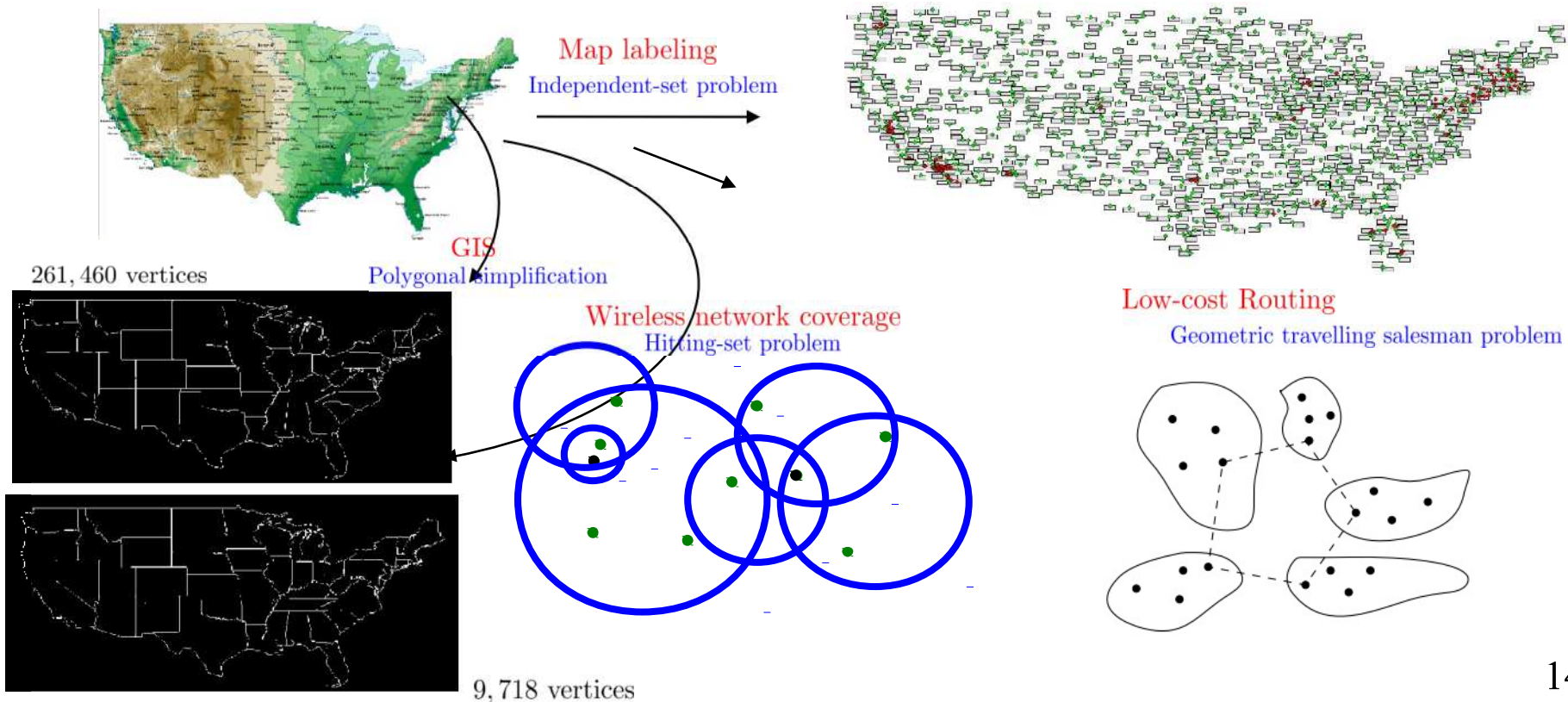
- Segmentation d'une surface discrète en morceaux de plans discrets
- Introduction d'une géométrie épipolaire discrète
- Etude des rotations discrètes
- Etude des transformations rigides discrètes : propriétés géométriques et topologiques, structure combinatoire



Problèmes d'optimisation à données géométriques

Participants A3SI : N. Mustafa, L. Buzer, E. Charrier, N. Bus

- Algorithmes à erreur bornée pour des problèmes NP-difficiles d'optimisation en géométrie (Independent set, set-cover, hitting-set, clustering, simplification, routage)
- Techniques structurales de la géométrie discrète combinées avec des techniques et algorithmes d'optimisation
 - Structurelles: Epsilon-nets, graphes planaires, geometric data-depth
 - Algorithmique: Randomisation, recherche locale, programmation linéaire, méthodes topologiques, algorithmes d'approximation
- Applications : bases de données, réseaux, informatique graphique, analyse de données, computational biology, visualisation de données...



Géométrie discrète et optimisation combinatoire

Participants A3SI : N. Mustafa, L. Buzer, É. Charrier, N. Bus

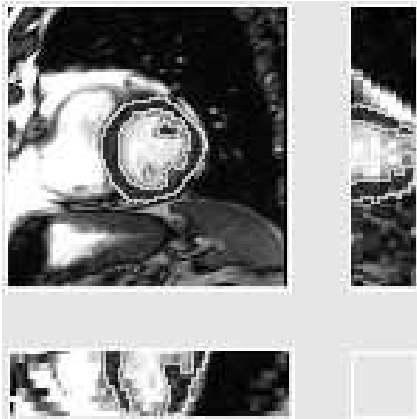
- Etude des conversions entre courbes, droites, surfaces, plans de l'espace euclidien et objets géométriques discrets
- Reconnaissance de primitives dans des images ou objets discrétisés
- Nouveaux algorithmes linéaires ou quasi-linéaires
- Premier algorithme quasi-linéaire pour la simplification optimale de chaînes polygonales, utile pour le rendu en synthèse d'images
- Nouvelle voie pour résoudre un problème ouvert depuis de nombreuses années, l'obtention de bornes optimales pour les *weak ε -nets*

Morphologie mathématique, filtrage et analyse d'images

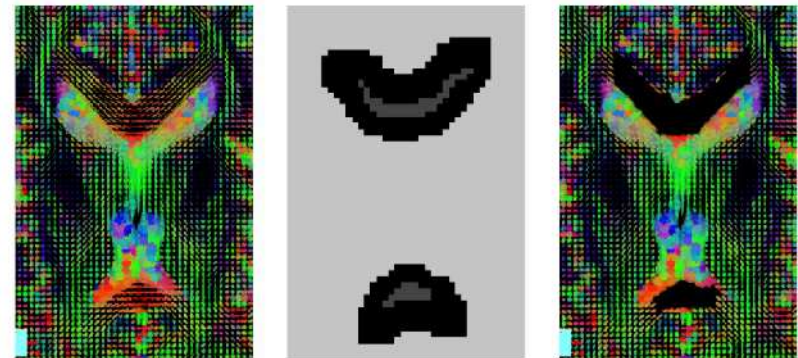
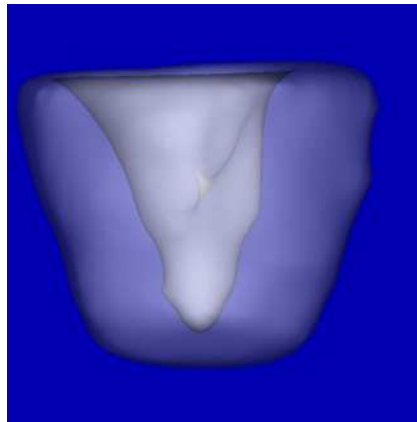
Watershed cuts : coupures par ligne de partage des eaux

Participants A3SI : G. Bertrand, M. Couprie, J. Cousty, L. Najman

- Un cadre théorique basé sur les graphes dans lequel toutes les définitions « naturelles » de la ligne de partage des eaux (LPE) sont équivalentes (propriétés démontrées)
- Lien avec l'optimisation combinatoire (Arbre de poids minimum)
- Algorithmes efficaces



Segmentation du ventricule gauche en 3D+t



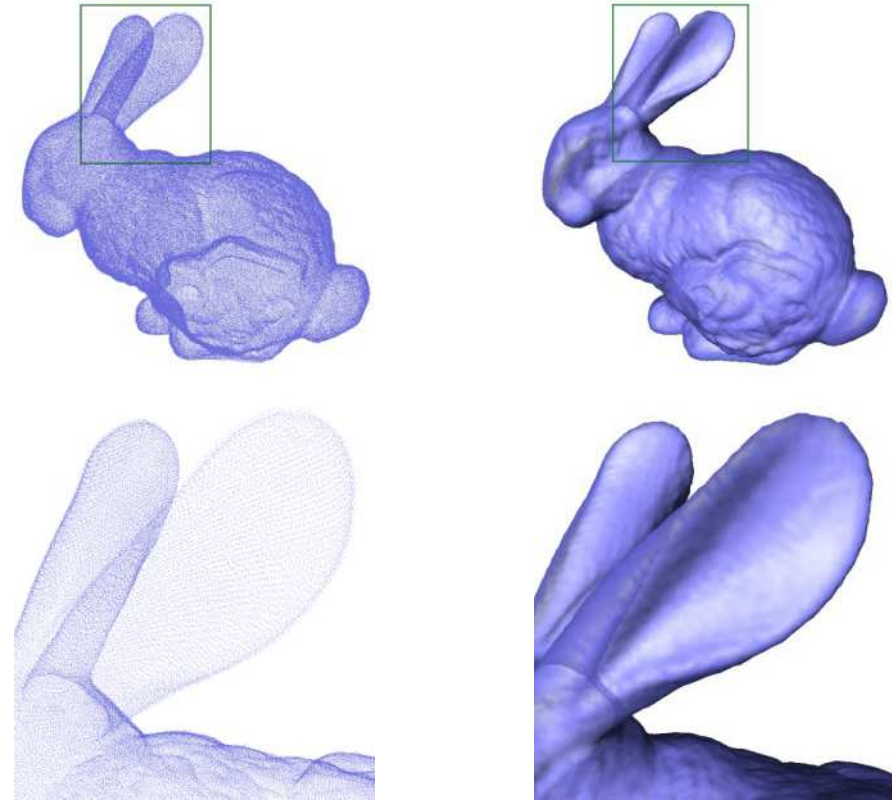
Segmentation d'image DTI
(Diffusion Tensor Images)

LPE puissance

Participants A3SI : J.Y. Audibert, M. Couprie, R. Keriven, L. Najman, H. Talbot, *C. Allène, C. Couprie*

- Un cadre unificateur pour différentes méthodes d'optimisation basées sur les graphes
- Coupures minimales, marcheur aléatoire, plus courts chemins, forêts de poids minimum, coupures par LPE
- Un nouvel algorithme combinant la LPE et les marches aléatoires

Travail commun avec L. Grady,
Siemens Research, Princeton



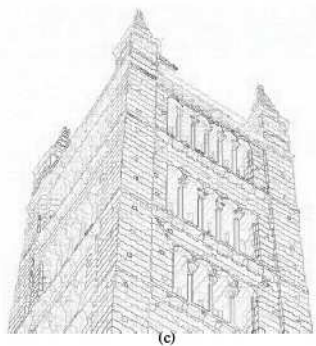
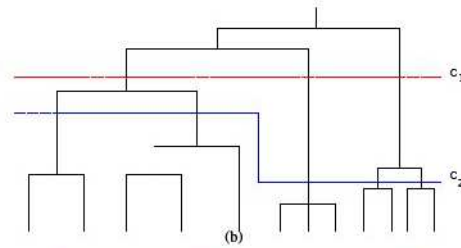
Reconstruction de surface avec la
LPE puissance

LPE Ultramétrique et optimisation dans les treillis énergétiques

Participants A3SI : J. Cousty, Y. Kenmochi, L. Najman, B. Perret, J. Serra, R. Kiran

- Théorème : bijection entre les segmentations hiérarchiques et les LPE ultramétriques
- Méthodologies pour le calcul de coupures optimales dans des hiérarchies
- Liens avec le filtrage connexe

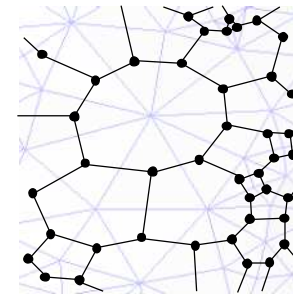
Collaboration avec S. Guimaraes,
PUC (Brésil)



Segmentation hiérarchique et filtrage



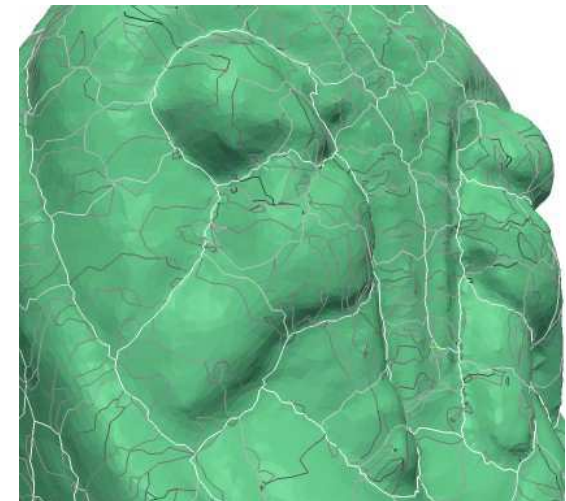
Triangulation



Graphe du maillage



Courbure

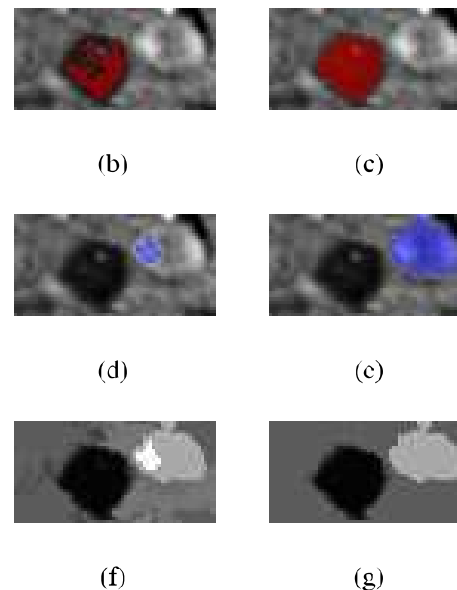
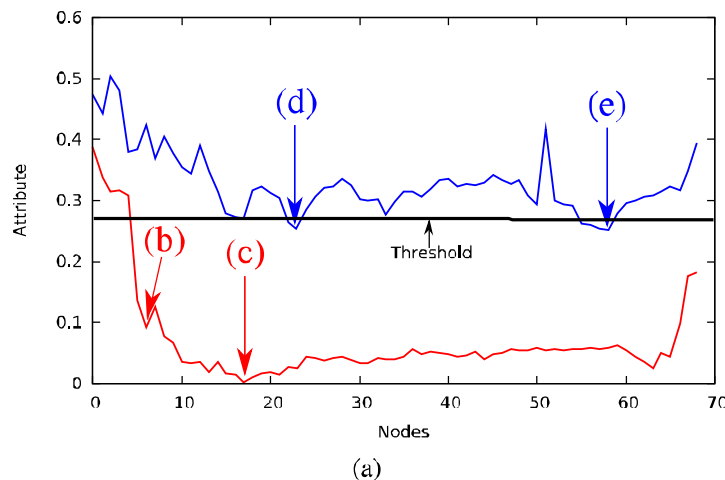
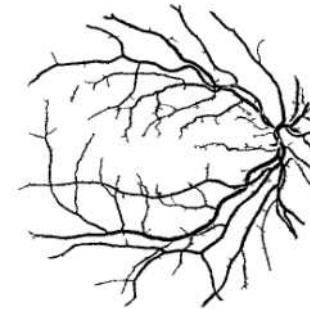
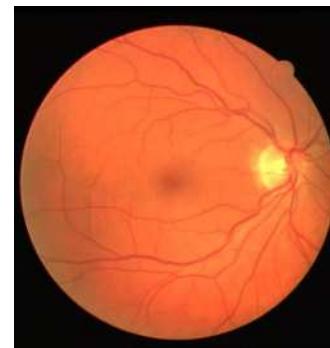
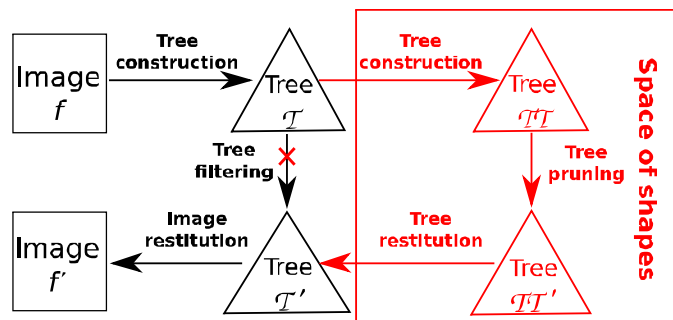


Filtrage dans les espaces de formes

Participants A3SI : L. Najman, Y. Xu

- Morphologie sur des graphes qui sont eux-mêmes des représentations hiérarchiques de l'image
- Une représentation multi-échelles

Travail commun avec T. Géraud, EPITA



Détection d'objets fins

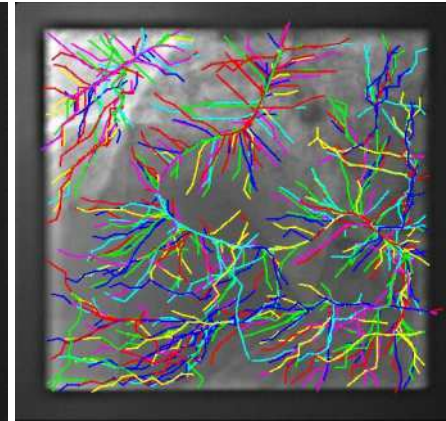
Participants A3SI : L. Najman, H. Talbot, V. Bismuth, O. Tankyevych

Nouveaux opérateurs :

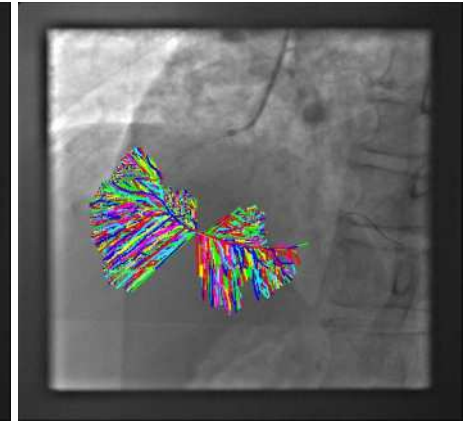
- Ouvertures par chemins basés sur le Hessien
- Ouvertures par chemins robustes
- Image de chemins polygonaux



(a)

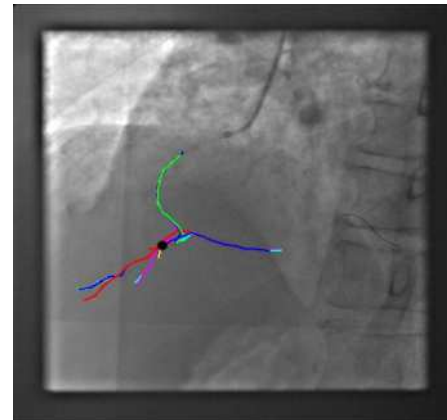


(b)

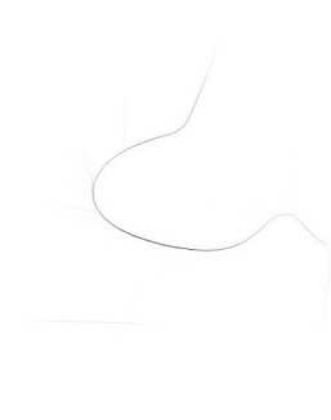


(c)

Collaboration avec :
R. Vaillant, GE HealthCare,
N. Passat, Univ. Strasbourg,
J. Chanussot, Univ. Grenoble



(d)



(e)

Images de chemins polygonaux
Détection de cathéters

Optimisation, apprentissage et traitement d'images

Optimisation convexe sur graphes, flots continus et surfaces minimales

Participants A3SI : L. Najman, H. Talbot, C. Couprie

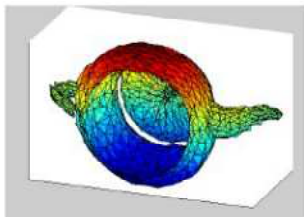
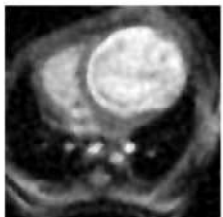
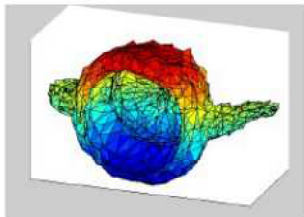
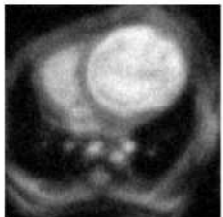
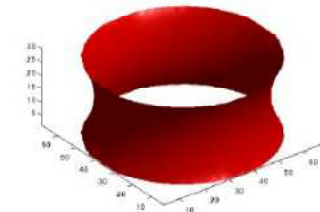
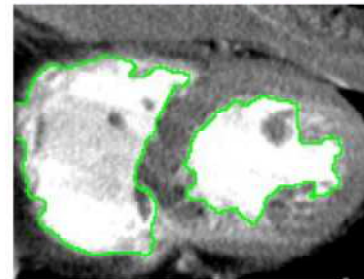
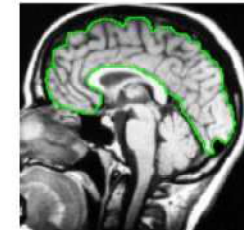
- Les formulations discrètes et continues de résolution de problèmes inverses sont peu compatibles entre elles

- Notre proposition : *Dual-Constrained Total Variation*, optimisation convexe sur graphes arbitraires

Travail conjoint avec J.C. Pesquet (équipe signal), et L. Grady (Siemens Research)

$$\min_x \underbrace{\max_{|A^T|F^2 \leq g^2} F^T(Ax)}_{\text{regularization}} + \underbrace{\frac{1}{2\lambda} \|Hx - f\|_2^2}_{\text{data fidelity}}$$

$$\begin{array}{ll} \text{maximize} & F_{st} \\ \text{s.t} & A^T F = 0 \\ & |A^T|F^2 \leq g^2 \end{array}$$



- La segmentation par surface minimale englobe de nombreuses méthodes (GAC, GC, TV etc)
- Notre proposition : une méthode dans le cadre du calcul discret, sans biais, et qui converge très rapidement (moins de 30 iterations)

Déconvolution aveugle

Participants A3SI : N. Komodakis

- La déconvolution aveugle est un problème difficile, non convexe
- Proposition : une approche hybride continue-discrète tenant compte de la quantification des données



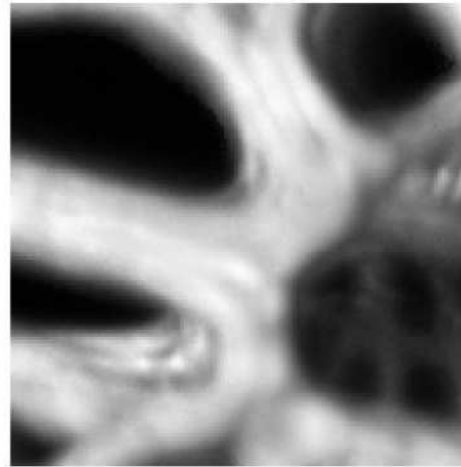
Bruit de Poisson-Gauss

Participants A3SI : H. Talbot, A. Jezierska

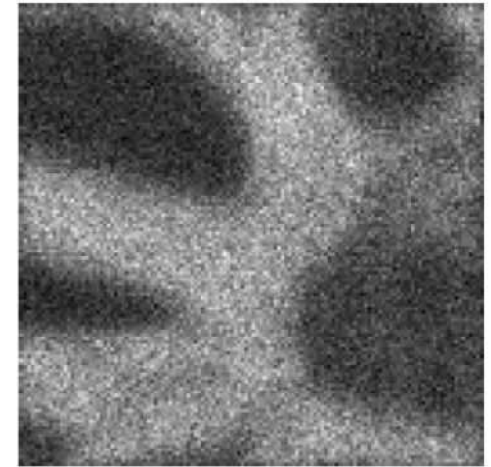
- Les formulations maximum-a-posteriori (MAP) présupposent un modèle de bruit, le plus souvent gaussien additif
- Notre proposition : terme de fidélité exact pour le bruit de Poisson-Gauss, très général

Travail conjoint avec l'équipe signal

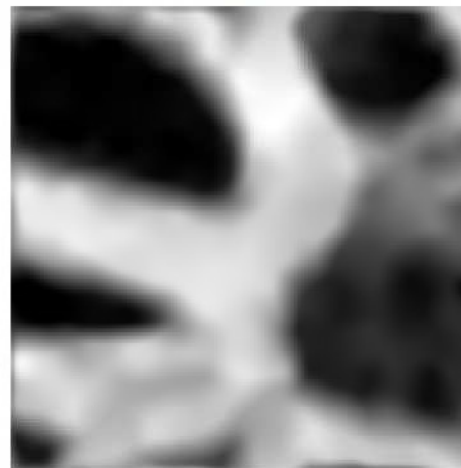
$$\Phi_i(u) = -\log \left(\sum_{n=0}^{+\infty} \frac{u^n e^{-u}}{n!} \frac{e^{-\left(\frac{y_i - n}{\sqrt{2}\sigma}\right)^2}}{\sqrt{2\pi}\sigma} \right)$$



original



degradé (snr=10.07dB)

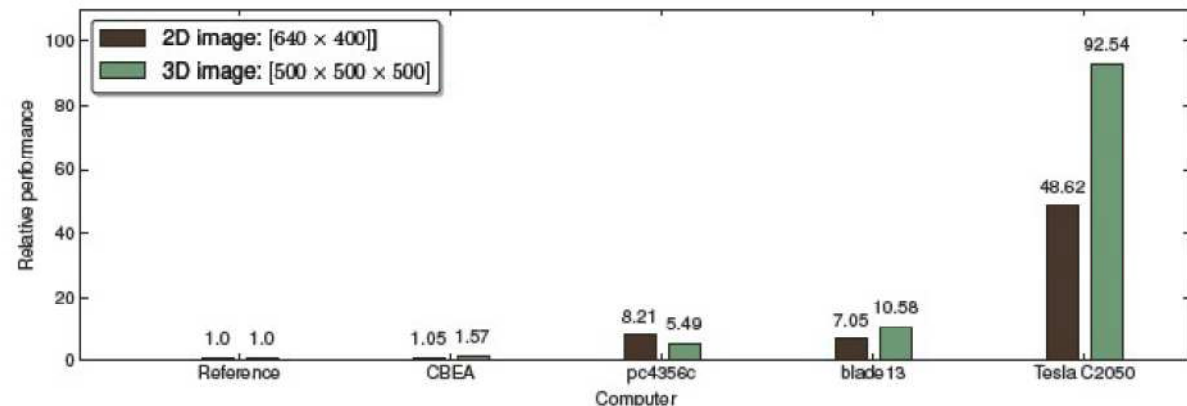
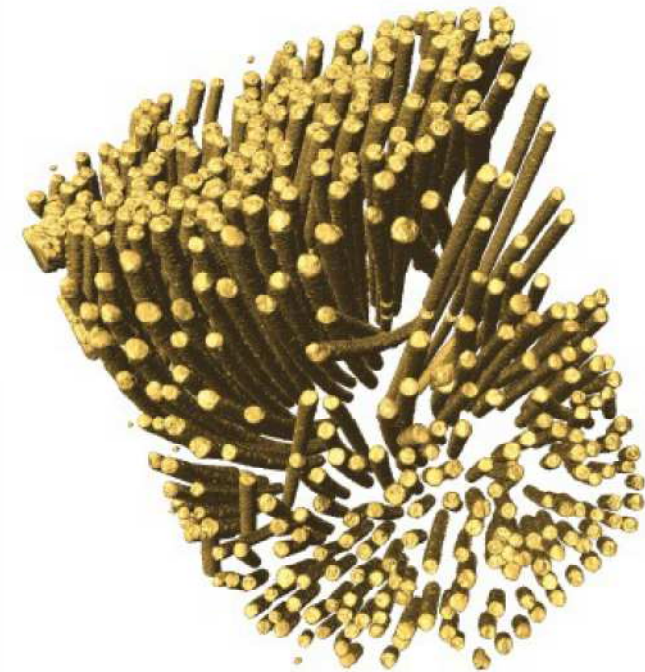
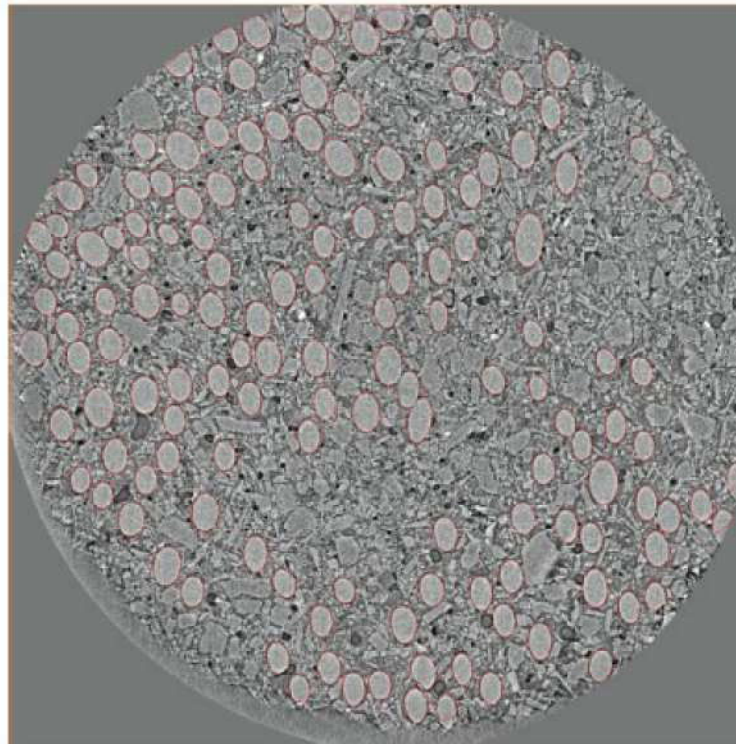


restauré (snr=21.5dB)

Accélération des calculs par GPU

Participants A3SI : H. Talbot, L. Marak

- Les calculs d'optimisation en imagerie demandent beaucoup de ressources mais sont souvent parallélisables
- Notre proposition : implantation des flots maximaux continus sur architecture multi-processeurs et GPU



Synthèse d'images et modélisation

Synthèse d'images et modélisation

Participants A3SI : V. Biri, L. Buzer, M. Couprie, N. Mustafa

Deux grands axes de recherche :

- Modélisation et rendu de scènes massives et volumiques
 - Complexité en termes de nombre de triangles, de sources lumineuses
 - Massive : ne tient pas en VRAM (mémoire video)
 - Volumique : données 3D, milieux gazeux participant...
- Géométrie discrète, synthèse d'images et réalité virtuelle

Rendu de scènes massives

Participants A3SI : V. Biri, A. Hérubel

- Streaming HDD <> RAM <> VRAM [OpenGL Insight 2012]
- Antialiasing : implémentation GPU du Morphological Anti-Aliasing [SIGGRAPH Talk 2010], [GRAPP 2011]

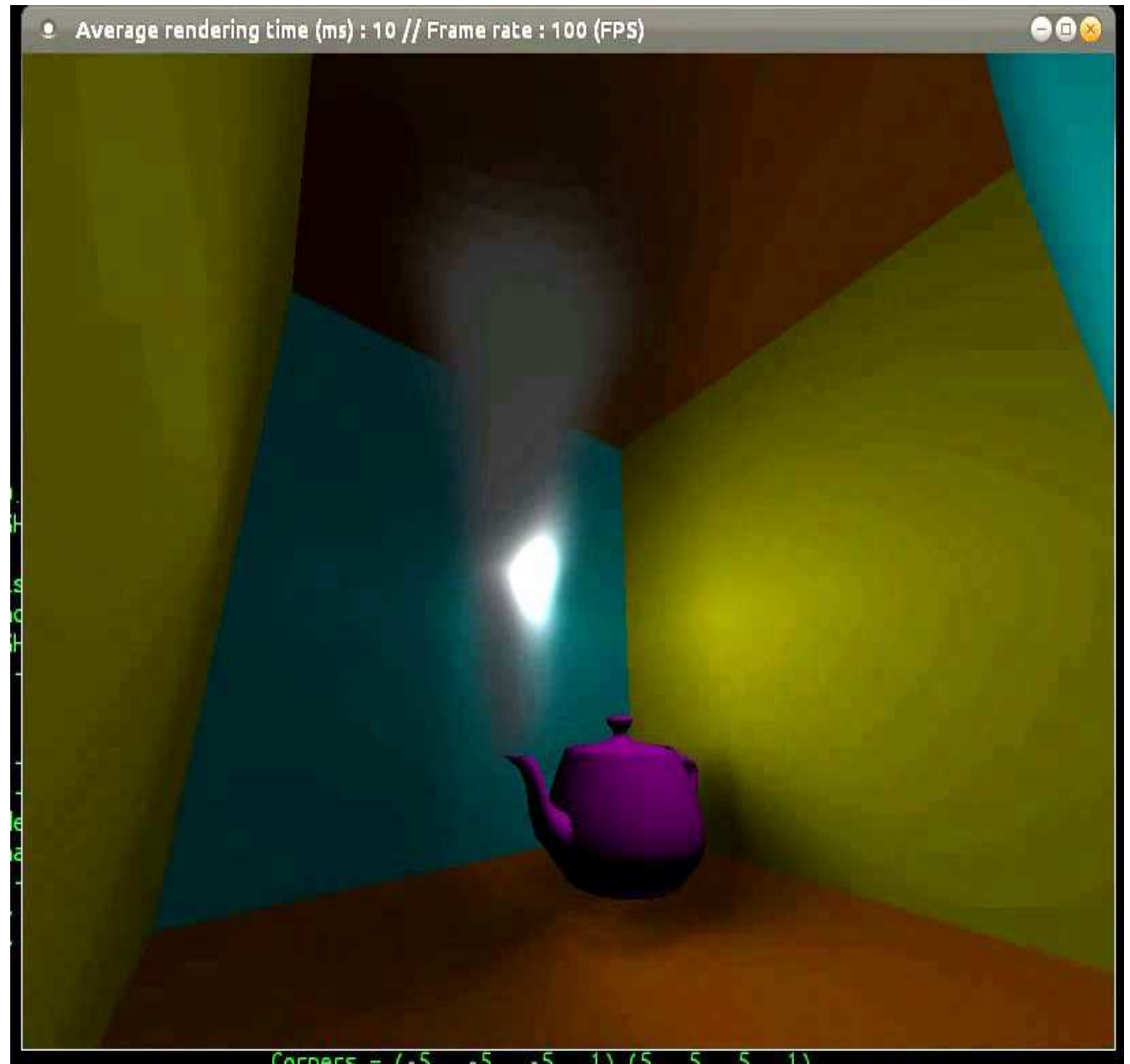


Rendu volumique

Participants A3SI : V. Biri, A. Giroud

- Milieux participants homogènes ou hétérogènes
- Sources de lumière mobiles
- Rendu temps réel
 - Via ondelettes
 - Via propagation dans des grilles 3D uniformes
 - Sans précalcul

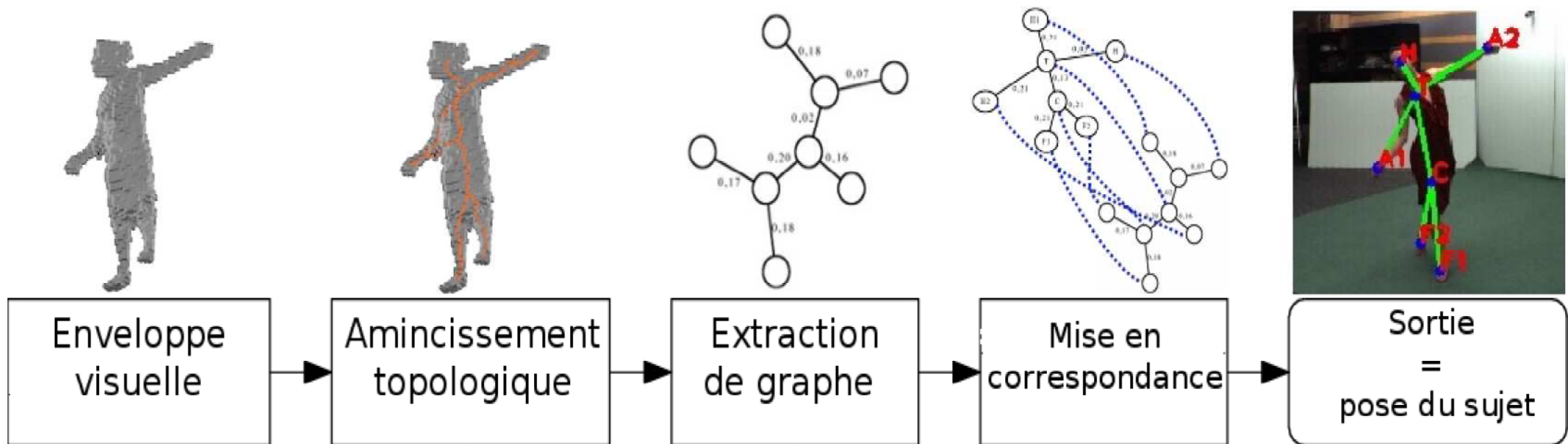
[WSCG 10], [GRAPP 11]



Réalité virtuelle et topologie : *motion capture*

Participants A3SI : V. Biri, M. Couprie, V. Nozick, B. Raynal

- Capture de mouvement en temps réel
- Extraction rapide de squelettes curvilignes 3D : nouveaux algorithmes, stratégie de parallélisation
- Nouvelle méthode de mise en correspondance d'arbres valués avec tolérance à différents types de bruit

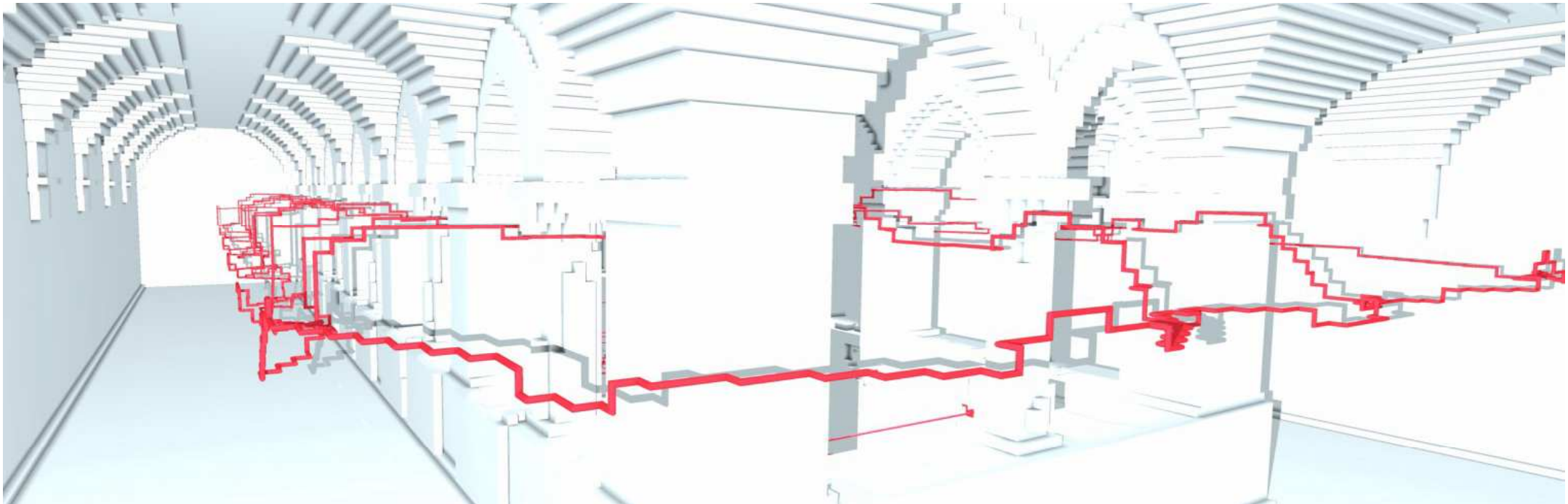


Synthèse d'images et topologie

Participants A3SI : V. Biri, M. Couprie, J. Chaussard, L. Noël

- Amélioration de l'illumination globale dans le cadre du path tracing (lancer de rayons) avec lumière indirecte (au moins trois rebonds)
- Exploitation du squelette du vide de la scène pour une résolution plus efficace de l'équation du rendu par « importance sampling »

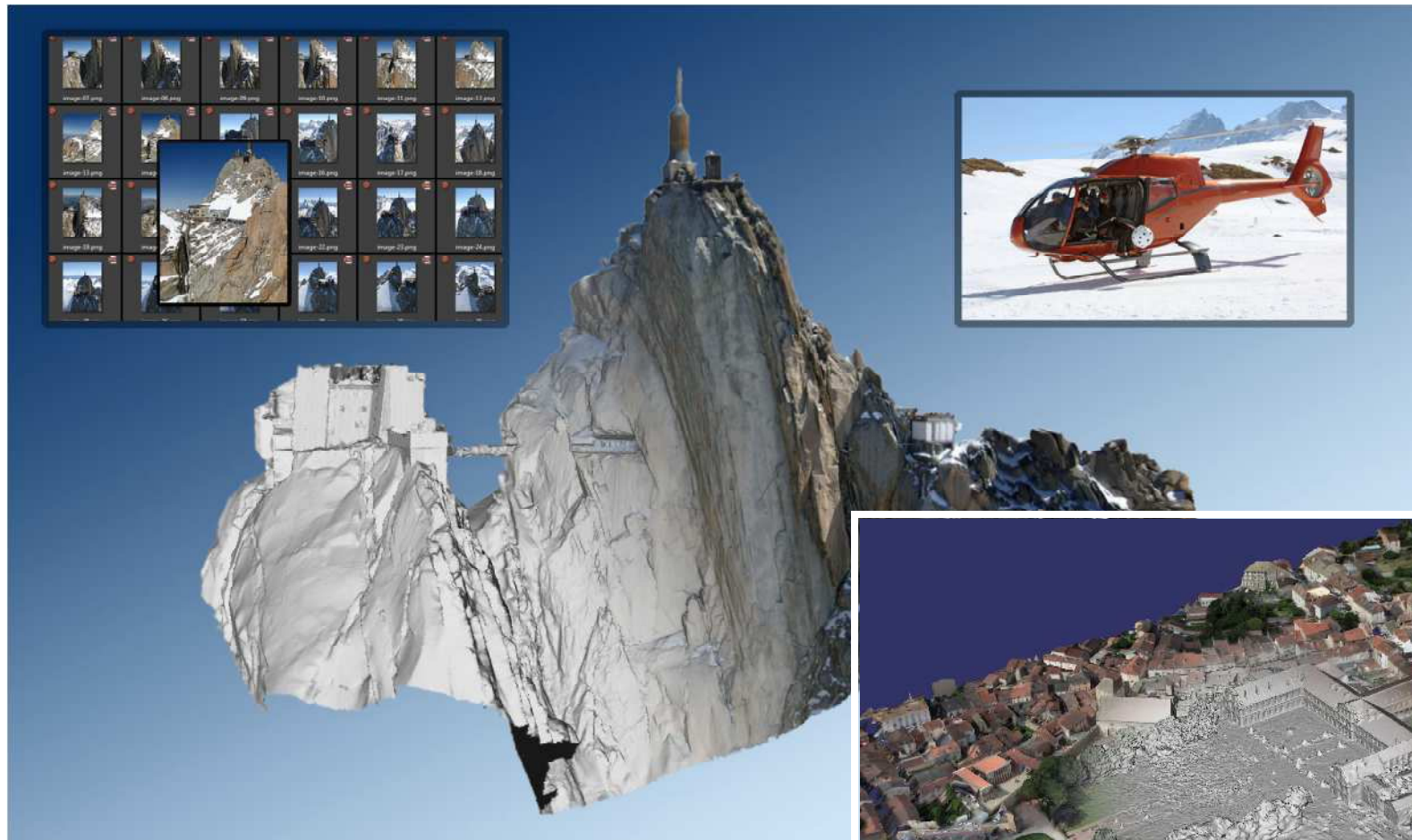
[SIG12], [EG 12], [DGCI 13]



Vision, reconstruction de modèles 3D et sémantisation

Reconstruction de modèles 3D à partir d'images

Participants A3SI : J.Y. Audibert, A. Dalalyan, M. de La Gorce, R. Keriven, R. Marlet, P. Monasse, J.Ph. Pons, A. Bourki, J. Courchay, A.L. Jachiet, P. Labatut, Z. Liu, P. Moulon, D. Ok, V. Rudakova, H. Vu



Cluny

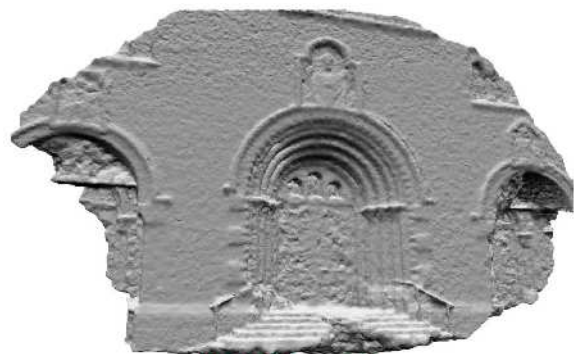
Pic de l'aiguille du midi



Performances sur des benchmarks internationaux

Participants A3SI : M. de La Gorce, R. Keriven, R. Marlet, P. Monasse, J.Ph. Pons,
P. Labatut, P. Moulon, D. Ok, H. Vu

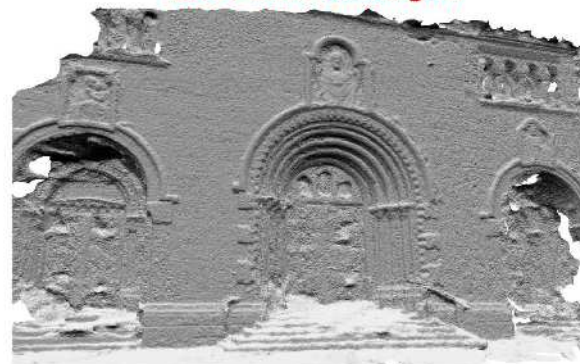
- Benchmark de Strecha et al. (CVPR 2008)
- Calibration fine et reconstruction 3D à partir d'images
- Nos modèles sont les plus complets et les plus précis (CVPR 2009)



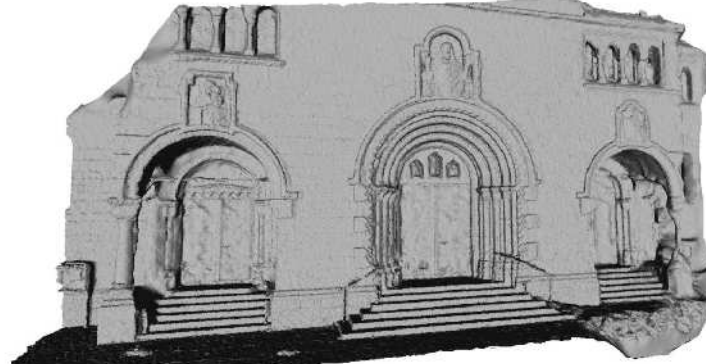
INRIA Grenoble
ENS / Univ. Washington



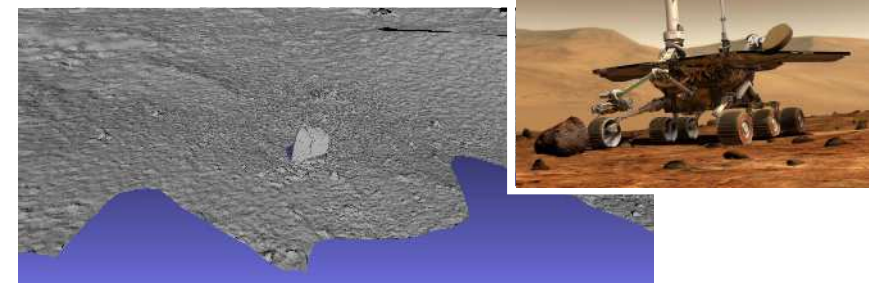
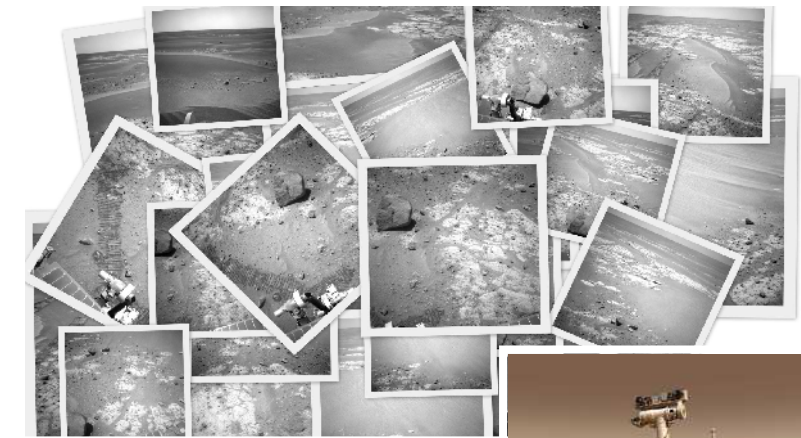
KU Leuven



LIGM Ecole des Ponts



- PRoVisG MARS 3D Challenge (2011)
- **1ère place**
- Tester/améliorer des robots d'exploration planétaire
- Tâches de calibration et reconstruction 3D



Applications de la reconstruction 3D

Participants A3SI : M. de La Gorce, R. Keriven, R. Marlet, P. Monasse, J.Ph. Pons, A. Boulc'h, A. Bourki, R. Gadde, M. Kozinski, P. Moulon, D. Ok, H. Vu

Partenaires industriels et collaborations

- Maquette numérique de bâtiments (BIM) : CSTB, Bouygues
- Décors de cinéma/publicité : Mikros Image
- Tourisme virtuel : ENSAM Cluny



Transfert de technologie

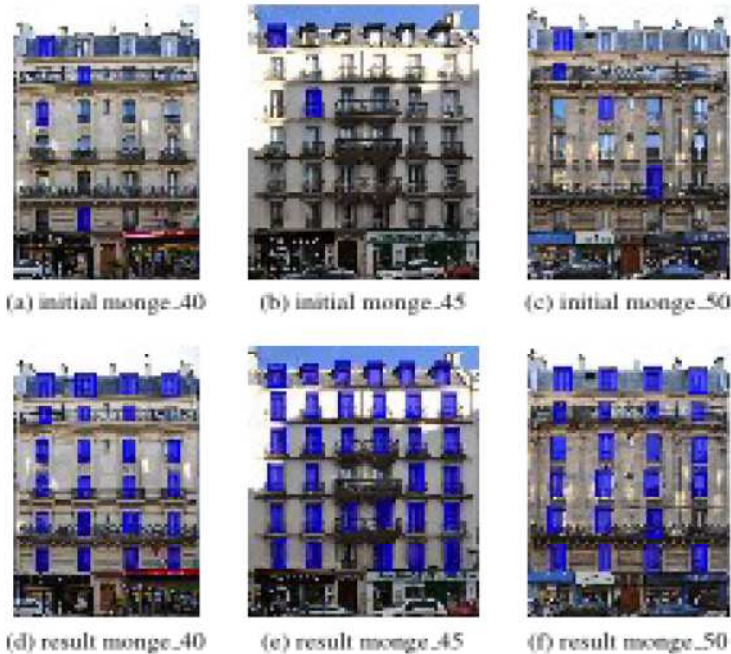
- Création d'une startup: Acute3D (2011)
- Fondateurs LIGM : R. Keriven (ENPC), J.-Ph. Pons (CSTB)
- 7 employés fin 2013
- Licences à des acteurs majeurs (Autodesk)
- Moteur du service web 123D Catch



AUTODESK® 123D®

Sémantisation automatique d'images

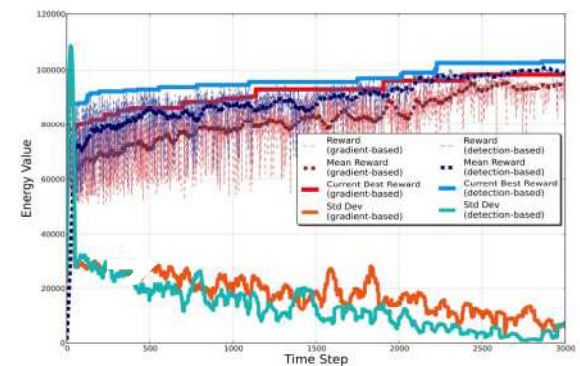
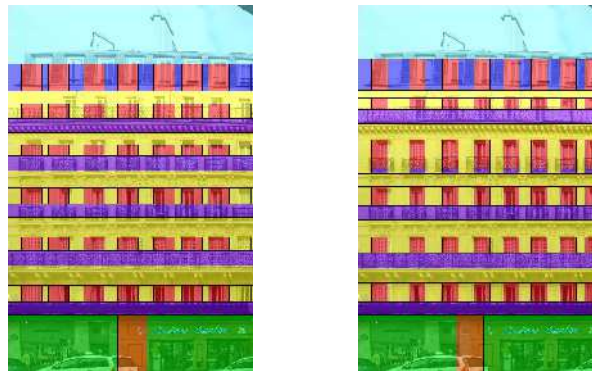
Participants A3SI : J.Y. Audibert, M. de La Gorce, R. Marlet, A. Boulc'h, A. Bourki, R. Gadde, M. Kozinski, F. Suzano Massa, A.M. Tousch



■ Analyse par grammaire de formes (ex. bâtiments)

- + précise
- + rapide
- + stable
- + générale

■ Détection robuste de motif répété (ex. fenêtres)

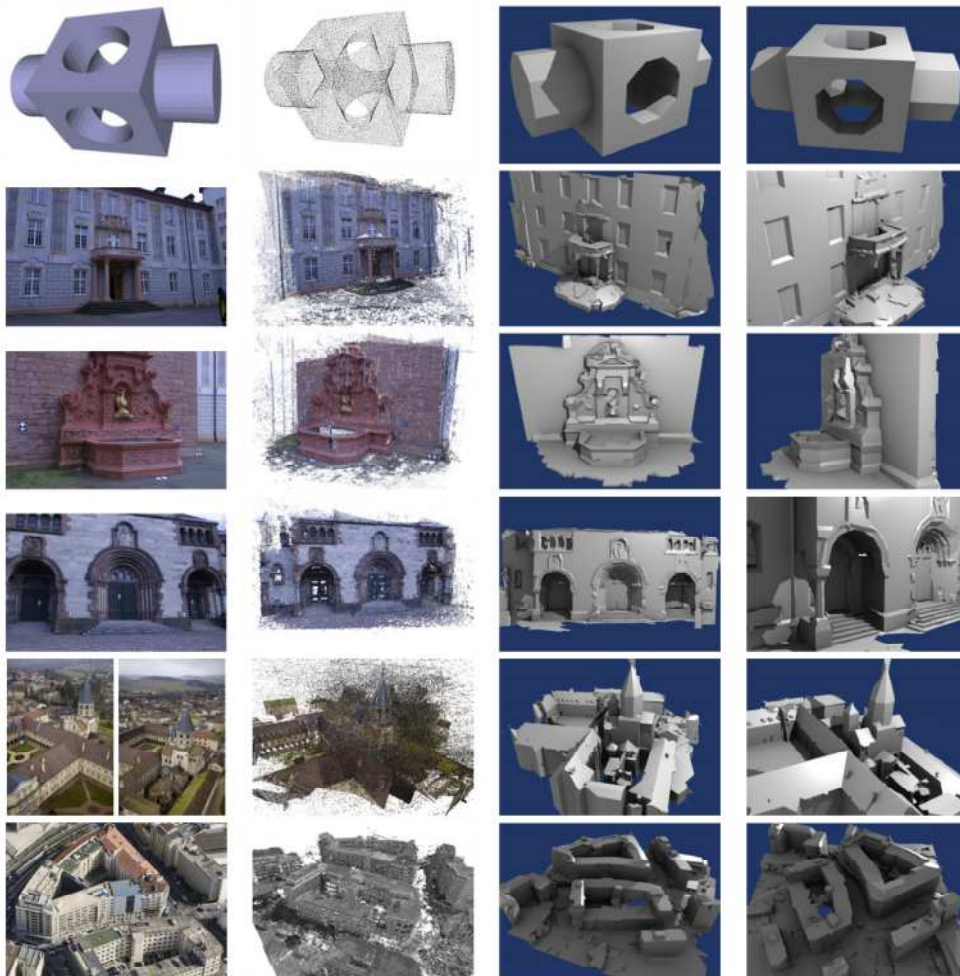


Collaboration avec N. Paragios

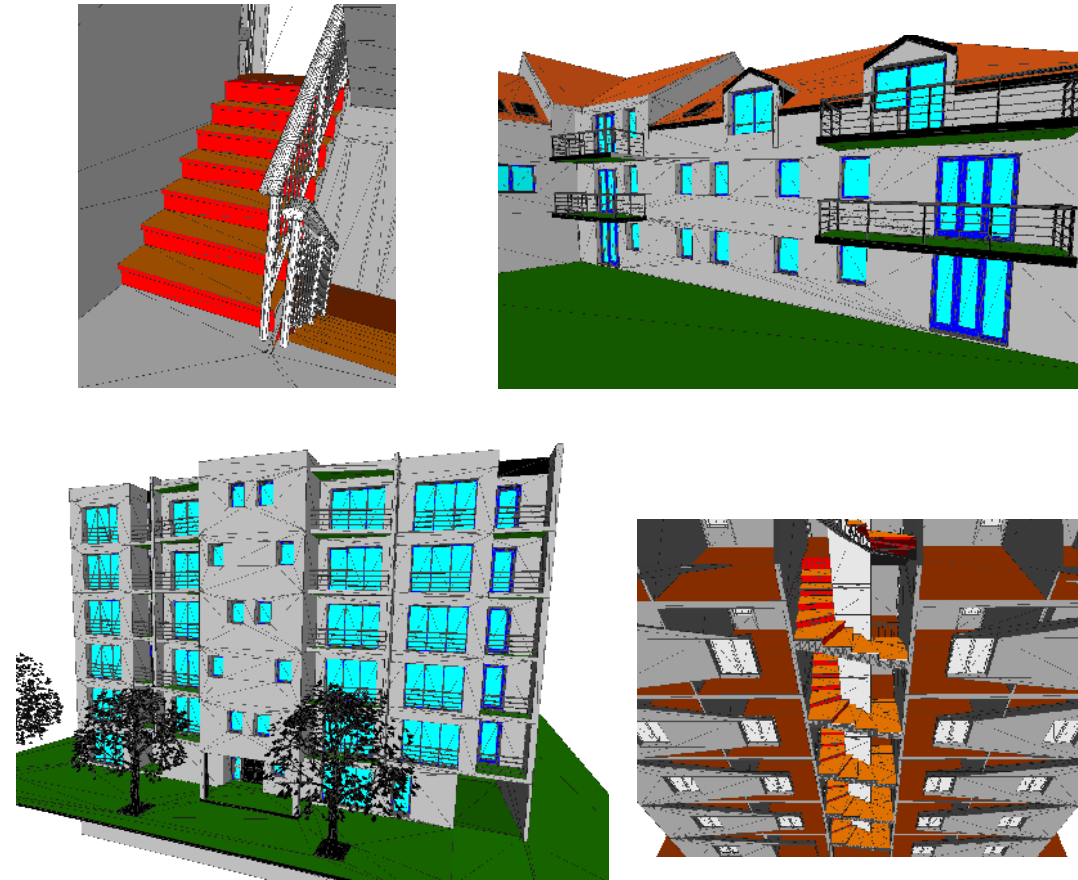
Sémantisation de modèles 3D

Participants A3SI : M. de La Gorce, R. Marlet, J.Ph. Pons, *P. Labatut*, A. Boulc'h, A.L. Jachiet

■ Reconstruction planaire par morceaux



■ Sémantisation automatique de modèles numériques



Collaboration avec S. Houllier,
O. Tournaire (CSTB)

Moyens matériels particuliers

- BladeCenter (IBM) : infrastructure pour le calcul parallèle haute performance
 - Une lame pour le calcul SMP (multiprocesseur symétrique), composée de 4 processeurs dual core partageant 32Go de données
 - 8 lames (8 cœurs chacune) pour le calcul parallèle de type cluster
 - 3 lames CELL équipées de 2 processeurs CELL à 9 cœurs
 - 7 téra-octets de stockage
- Salles de Réalité Virtuelle
 - Écran polarisé 5m x 3m
 - Vidéo-projecteur stéréoscopique
 - 5 caméras
 - 8 enceintes
 - Tapis sensitif
 - Capteurs de mouvement
 - Écran auto-stéréoscopique...

Bilan et perspectives

Production scientifique (2008-2012)

Publications (17-20 permanents)

- Collections, livres (COVS) : 24
- Articles de revues (ACL) : 93
- Actes de conférences (ACT) : 187
- Direction d'ouvrages (DO) : 2
- Brevets : 7

Rayonnement et attractivité académique

- 13 contrats institutionnels dont 10 ANR
- Nombreuses collaborations internationales (Universités de New York (NYU), Lodz, Monastir, West Bohemia...)
- Cinq membres sont éditeurs associés pour des revues
- Nombreuses participations aux activités éditoriales de revues et à des comités de conférence
- Organisation ou co-organisation de 14 conférences ou workshops
- Participation à des instances d'évaluation : ANR, COST-INRIA, ANRT, COFECUB...

Interactions de l'équipe avec son environnement

- 21 contrats industriels pour un montant global d'environ 1,2 M€
- 7 brevets
- Création, en 2011, de la startup Acute3D par R. Kériven et J.P. Pons
- Organisation à l'ESIEE de la finale française de la coupe FreeScale 2013, compétition internationale de véhicules intelligents (T. Grandpierre)
- Réalisations logicielles : 18 logiciels en licence libre. Citons en particulier :
 - Pink, Olena : bibliothèques de traitement d'images
 - OpenMVG : géométrie multi-vues
 - OrsaHomography : recalage d'images
 - OpenKN : synthèse d'images, modélisation et simulation
 - ImView : visualisation et analyse d'images

Prix, distinctions

- 2008 : Jean Serra élu à l'académie des sciences d'Uppsala (Suède)
- 2010 : Nabil Mustafa obtient un Young Researcher Award CGTA
- 2011 : compétition internationale ProVisG Mars 3D challenge remportée par des chercheurs de l'équipe (groupe IMAGINE)
- 2011 : Acute3D lauréat du concours national de création d'entreprises de technologies innovantes
- Trois prix : meilleure thèse (catégorie interdisciplinaire) de la fondation EADS en 2012, deuxième prix de thèse Gilles Kahn 2012, prix de thèse DGA en 2013 pour Camille Couprie, directeurs de thèse L. Najman et H. Talbot
- *Dernière minute :*
 - 06/11/13 : Mohamed Akil nommé Docteur Honoris Causa de University of West Bohemia (République Tchèque)
 - 2/10/13 : Article sur les LPE Ultramétriques parmi les 5 plus cités de JMIV depuis 2011

Formation par la recherche

- 30 thèses soutenues (2008-2012)
- 2 HDR soutenues (2008-2012) + 4 en 2013 (dont 3 en décembre !)
- Master 2 Signal, Image, Synthèse (SIS) : responsable V. Biri
- Participation au Master 2 MVA de l'ENS Cachan et au Master 2 IMA de l'UPMC-Télécom ParisTech
- Encadrement de nombreux stages M2
- Participation à des réseaux de formation internationaux : BRAFITEC, ERASMUS, ...
- Importantes responsabilités dans des filières de formation à l'ESIEE, UPEM, IMAC, ISBS

Organisation et vie de l'équipe

- Séminaire : toutes les 2 à 3 semaines
- Ateliers doctorants : deux fois par an
- Nombreuses collaborations intra-équipe
- Collaborations inter-équipes :
 - Fortes avec l'équipe Signal (thèses en commun, ...)
- Collaborations locales :
 - Avec le LAMA, dans le cadre du LabEx Bézout
 - Avec plusieurs équipes de l'UPEC, dans le domaine de la santé

Principaux objectifs

- Renforcement des six thématiques principales :
 - Architectures dédiées pour l'imagerie*
 - Géométrie et topologie discrètes, géométrie algorithmique*
 - Morphologie mathématique, filtrage et analyse d'images*
 - Optimisation, apprentissage et traitement d'images*
 - Synthèse d'images et modélisation*
 - Vision, reconstruction de modèles 3D et sémantisation*
- Renforcement des synergies intra-équipe
- Renforcement des synergies inter-équipes
 - Prolongement des relations avec l'équipe Signal
 - En création avec les équipes Modèles et Algorithmes, et Combinatoire (Nabil Mustafa, Xavier Goaoc, Johan Thapper)
- Maintien d'une bonne dynamique de collaborations académiques, industrielles et internationales

Nouvelles collaborations académiques

- Claire Mathieu, ENS Ulm – algorithmique, graphes
- Frédéric Meunier, CERMICS/ENPC – combinatoire, optimisation
- INPG, Université de Grenoble – segmentation, recalage, suivi de grains
- Université de Caen – modèles variationnels sur des graphes
- LAMA – Laurent Hauswirth, Pascal Romon – courbure discrète

Nouvelles collaborations avec des entreprises

- Thèse CIFRE avec Sagem Défense Sécurité - capteur de vision portable
- Thèse CIFRE avec SUBLAB – suivi de mouvement
- Thèse CIFRE avec KEOSYS – imagerie médicale, hiérarchies morphologiques
- IFPEN – imagerie biologique
- CEA – problèmes inverses en IRM
- L'Oréal – segmentation d'images
- Saint Gobain – imagerie tomographique 3D
- VideoStitch – calibration de dispositifs pour images panoramiques

Nouvelles collaborations internationales

- CSIRO (Australie) : segmentation vasculaire
- Technion Tel Aviv (Israël) : Ron Kimmel - surface matching
- Univ. Freiburg (Allemagne) : Frank Schmidt - surface matching
- Univ. Western Ontario (Canada) : Yuri Boykov, Olga Veksler – optimisation discrète
- Tunisie : architectures embarquées pour le médical
- UPC, UPF (Barcelone, Espagne) : Philippe Salembier, Feran Marques – hiérarchies
- HKUST (Hong Kong) : reconstruction urbaine sémantisée
- Rutgers (USA) : Mudassir Shabbir – géométrie algorithmique
- IISC (Inde) : Saurabh Ray – géométrie algorithmique
- IIIT (Inde) : Rajiv Raman – algorithmique, graphes

Questions