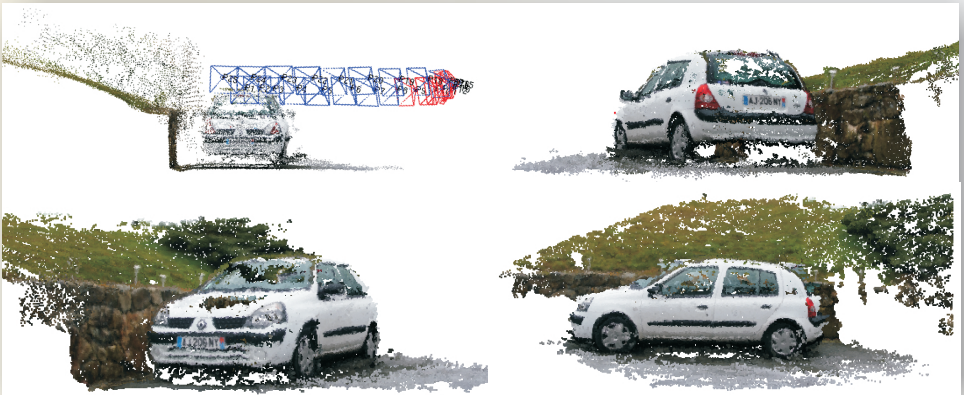


Année 2013

IRIT - ÉQUIPE VORTEX

- IMAGES ET 3D
- MULTIMÉDIA



Présentation

Le but de ce livret est de présenter aux visiteurs et partenaires potentiels les recherches menées durant l'année 2013 au sein de l'équipe VORTEX (Visual Object from Reality to EXpression) de l'IRIT, ou plus précisément au sein de la partie de cette équipe localisée à l'ENSEEIH. Le style adopté est volontairement concis. Nous espérons cependant que le lecteur sera suffisamment intéressé pour proposer des collaborations qui, si elles s'avèrent fructueuses, feront à leur tour l'objet d'une rubrique dans l'édition 2014.

La première partie de ce livret regroupe les actions de recherche portant sur l'analyse d'images, la vision par ordinateur et la modélisation 3D en général. La deuxième partie décrit les actions de recherche relatives au multimédia, pour lesquelles le rôle de l'utilisateur est souvent central. Enfin, les projets industriels forment la troisième partie. Chaque rubrique est présentée sur deux pages : la page de gauche décrit une action de recherche ou un projet, celle de droite l'illustre par un ou plusieurs exemples.

Bonne lecture !

Liste des personnels de l'équipe VORTEX-ENSEEIH au 1^{er} décembre 2013

Permanents :

- Sylvie CHAMBON, 05.34.32.21.78, schambon@enseeiht.fr
- Vincent CHARVILLAT, 05.34.32.21.71, charvi@enseeiht.fr
- Jean-Denis DUROU, 05.34.32.21.71, durou@irit.fr
- Simone GASPARINI, 05.34.32.21.72, sgaspari@enseeiht.fr
- Pierre GURDJOS, 05.34.32.21.77, pgurdjos@enseeiht.fr
- Zouhaier HAMROUNI, 05.34.32.21.75, hamrouni@enseeiht.fr
- Charly KREY, 05.34.32.21.74, krey@enseeiht.fr
- Géraldine MORIN, 05.34.32.21.70, morin@enseeiht.fr

Non permanents :

- Rabih AMHAZ, rabih.amhaz@enseeiht.fr
- Vincent ANGLADON, vincent.angladon@etu.enseeiht.fr
- Marie-Anne BAUDA, mbauda@imajing.fr
- Nicolas BERTRAND, nicolas.bertrand@isf.cc
- Lilian CALVET, lilian.calvet@enseeiht.fr
- Axel CARLIER, axel.carlier@enseeiht.fr
- Quoc-Viet DANG, quocviet.dang@enseeiht.fr
- Bastien DURIX, durix@toulouse-tech-transfer.com
- Thi Phuong NGHIEM, thi-phuong.nghiem@enseeiht.fr
- Yvain QUÉAU, yvain.queau@enseeiht.fr
- Benjamin ROLLET, rollet@toulouse-tech-transfer.com

Résolution des ambiguïtés de la stéréophotométrie non calibrée

Mots-clés : reconstruction 3D, stéréophotométrie, éclairage, méthodes variationnelles.

Dans ce travail, nous considérons le problème de la reconstruction 3D à partir de plusieurs photographies d'un même objet prises sous le même angle, mais sous différentes conditions d'éclairage. Cette technique, appelée *stéréophotométrie*, permet d'estimer à la fois une carte de profondeur et une carte d'albédo (texture). Lorsque les conditions d'éclairage ne sont pas parfaitement connues (*stéréophotométrie non calibrée*), le problème devient mal posé et il est nécessaire d'imposer des contraintes supplémentaires. La contrainte d'*intégrabilité* du champ de normales permet de résoudre le problème à une ambiguïté près, dite *ambiguïté de bas-relief généralisée*.

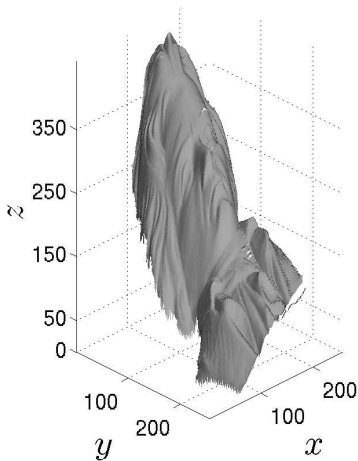
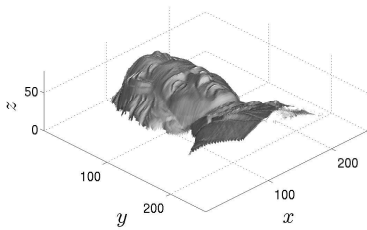
Nous proposons deux façons de résoudre cette ambiguïté résiduelle : en imposant une connaissance a priori sur les sources lumineuses (même intensité lumineuse pour les différentes sources) ou sur la régularité de la surface à reconstruire (au moyen de la variation totale). Dans les deux cas, nous proposons des méthodes de résolution efficaces, qui permettent de retrouver à la fois les informations géométriques (le relief), photométriques (albédo) et les conditions d'acquisition (éclairages).

Participants VORTEX : Jean-Denis DUROU, Yvain QUÉAU.

Participant extérieur : François LAUZE (Datalogisk Institut, Copenhague, Danemark).

Publication associée :

Yvain QUÉAU, François LAUZE, Jean-Denis DUROU, *Solving Uncalibrated Photometric Stereo using Total Variation*, Journal of Mathematical Vision and Imaging, 2014 (à paraître).



Exemple - Reconstruction 3D d'un objet par stéréophotométrie non calibrée. En haut : trois images d'un objet, acquises sous le même point de vue mais sous trois conditions d'éclairage différentes et inconnues. À gauche : vérité terrain, et déformation de cette vérité terrain par une transformation de bas-relief généralisée. À droite : modèle 3D estimé par résolution de l'ambiguïté de bas-relief généralisée (régularisation par la variation totale).

Prise en compte des ombres et des reflets pour la stéréophotométrie non calibrée

Mots-clés : reconstruction 3D, stéréophotométrie, ombres, reflets spéculaires.

La qualité de la reconstruction 3D par stéréophotométrie est très fortement conditionnée par l'absence de phénomènes physiques tels que les ombres ou les reflets spéculaires, qui constituent des écarts au modèle de réflexion parfaitement diffusant (modèle *lambertien*). Dans le cas de la stéréophotométrie non calibrée, à la fois la reconstruction 3D proprement dite et l'estimation des éclairages sont biaisées en présence de tels écarts au modèle, et il est nécessaire d'utiliser des techniques d'estimation robuste.

Nous montrons comment détecter ces défauts afin de commencer par les éliminer du processus de reconstruction 3D. Ceci nous permet d'estimer les paramètres d'éclairage de façon robuste, puis de nous ramener au problème de la *stéréophotométrie calibrée* (conditions d'éclairage connues). Grâce à la connaissance précise des conditions d'éclairage, nous pouvons ensuite effectuer une estimation du modèle 3D qui soit robuste aux ombres et aux reflets spéculaires.

Participants VORTEX : Vincent CHARVILLAT, Bastien DURIX, Jean-Denis DUROU, Yvain QUÉAU.

Publication associée :

Yvain QUÉAU, Jean-Denis DUROU, Bastien DURIX, Vincent CHARVILLAT
Stéréophotométrie non calibrée en présence d'écarts au modèle lambertien,
Traitement du Signal, 2014 (à paraître).



Exemple - Reconstruction 3D d'un objet en présence d'ombres. En haut : trois images (parmi huit) d'un objet acquises sous le même point de vue, mais sous trois éclairages différents inconnus. En bas : deux vues du modèle 3D estimé.

Similarités dans des modèles B-Rep basés NURBS et indexation 3D

Mots-clés : B-Rep basé NURBS, détection de similarités, symétrie, indexation 3D, transformée de Fourier.

De nombreux objets présentent des parties similaires, à une isométrie près. Les représentations de frontières (B-rep) basées NURBS, qui sont des standards en CAO, sont très utilisées. Dans ce travail, nous proposons deux algorithmes pour détecter les similarités dans un modèle B-Rep basé NURBS. Ces algorithmes peuvent non seulement identifier les couples de parties similaires mais aussi estimer les isométries correspondantes.

En utilisant la forme paramétrique des NURBS, le premier algorithme adapte l'approche classique du procédé par vote. Sachant que les correspondances entre parties similaires partagent les mêmes caractéristiques ou invariants, les candidats sont groupés suivant leurs caractéristiques pour définir une similarité dominante.

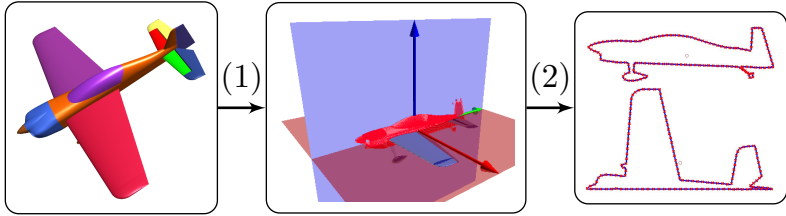
Le deuxième algorithme identifie les faces similaires en filtrant les isométries grâce aux ensembles de coins définissant leurs frontières. Parmi les isométries détectées, nous choisissons la symétrie en combinaison avec les descripteurs de Fourier pour proposer une caractéristique d'indexation des modèles B-Rep dans un répertoire. En utilisant la symétrie dominante d'un modèle B-Rep, nous définissons deux plans canoniques sur lesquels le modèle est projeté pour extraire ses silhouettes globales 2D. Les descripteurs de Fourier de ces silhouettes sont ensuite estimés, ce qui fournit des mesures d'indexation du modèle.

Participants VORTEX : Quoc-Viet DANG, Géraldine MORIN.

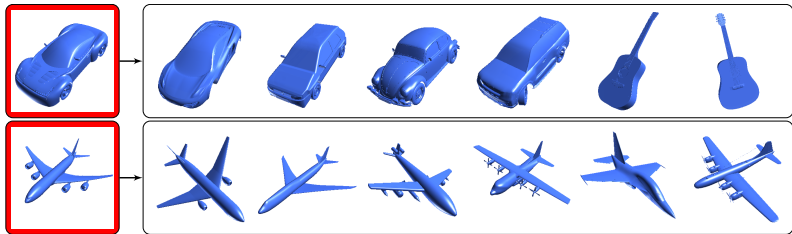
Participant extérieur : Sandrine MOUYSET (équipe IRIT-APO).

Publication associée :

Quoc-Viet DANG, Sandrine MOUYSET, Géraldine MORIN, *Similarity Detection for Free-form Parametric Models*, International Conference in Central Europe on Computer Graphics, Visualization and Computer Vision (WSCG 2013), Pilsen, République Tchèque, juin 2013.



Processus de l'estimation des descripteurs de Fourier - (1) Détection de symétrie. (2) Projection du demi-modèle sur les plans canoniques et extraction des silhouettes.



Résultats de deux requêtes dans un répertoire des modèles B-Rep - Boîtes de gauche (en rouge) : modèles de requêtes. Boîtes de droite : résultats ordonnés par mesure de similarité décroissante (de gauche à droite).

Segmentation de scènes urbaines par combinaison d'information

Mots-clés : segmentation, scène urbaine, superpixels, description géométrique, description sémantique.

Dans le contexte de la segmentation de scènes d'extérieur, nous travaillons sur des données uniques produites par un système propriétaire de relevé mobile de réseaux de transport, proposé par l'entreprise Imajing. Ce système fournit des séquences d'images géo-référencées enrichies par la détection et l'appariement de points d'intérêt permettant d'obtenir un nuage de points 3D (données 3D). Les séquences d'images présentent, d'une part, une redondance spatiale et, d'autre part, une redondance temporelle. Nous cherchons à segmenter les scènes urbaines en exploitant la particularité de ces données afin de proposer une description sémantique. Dans un premier temps, en utilisant des triplets d'images successives, nous avons obtenu une segmentation en trois classes : objets verticaux, ciel et sol.

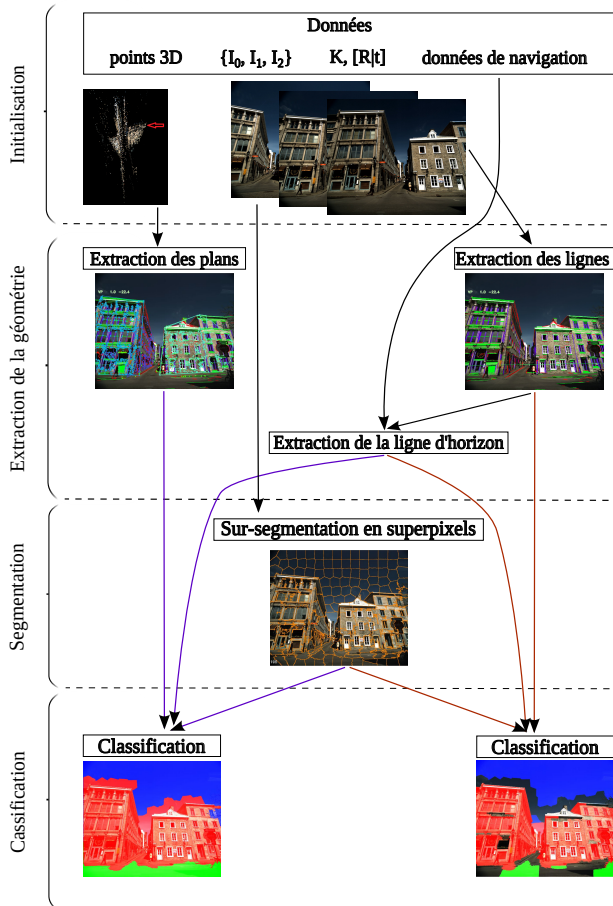
Notre démarche s'appuie sur l'exploitation d'une primitive intermédiaire, le superpixel, structure locale et cohérente qui, par rapport à la notion de *patch*, possède un support spatial perceptiblement plus cohérent mais moins régulier. L'originalité de l'approche proposée repose sur l'exploitation des informations géométriques disponibles (données 3D, données de navigation) et des informations géométriques extraites (lignes, lignes d'horizon, plans) pour construire les superpixels. Ainsi, les superpixels obtenus sont cohérents par rapport aux classes recherchées et permettent d'extraire directement la classification souhaitée.

Participants VORTEX : Marie-Anne BAUDA, Sylvie CHAMBON, Vincent CHARVILLAT.

Participants extérieurs : Mariana SPANGENBERG (société Imajing).

Publication associée :

Marie-Anne BAUDA, Sylvie CHAMBON, Mariana SPANGENBERG, Vincent CHARVILLAT, *Segmentation de scènes urbaines par combinaison d'information*, ORASIS 2013, Cluny, juin 2013.



Résumé de l'algorithme proposé - À partir des données disponibles, à l'**initialisation**, nous réalisons une étape intermédiaire d'**extraction de la géométrie**, afin d'adapter la construction des superpixels, dans l'étape de **segmentation**, aux objets d'intérêt dans la scène, en particulier les objets verticaux. Nous obtenons ainsi deux types de classification en trois classes (ciel en bleu, sol en vert et objets verticaux en rouge) : une classification dense à partir des plans et une classification partielle à partir des lignes. Nos travaux futurs porteront sur la mise en œuvre d'une classification dense en combinant les deux types d'information.

Détection de structures fines par sélection de chemins minimaux

Mots-clés : détection, structures fines, chemins minimaux, fissures, chaussées.

La détection de structures fines par traitement d'images est délicate, en particulier dans le cas des fissures de la chaussée. En effet, il s'agit de détecter des objets fins et sombres en présence d'une texture caractéristique du type de revêtement utilisé. Par conséquent, les approches ne prenant en compte que les caractéristiques photométriques fournissent des résultats de détection qui contiennent un grand nombre de fausses alarmes et de faux négatifs.

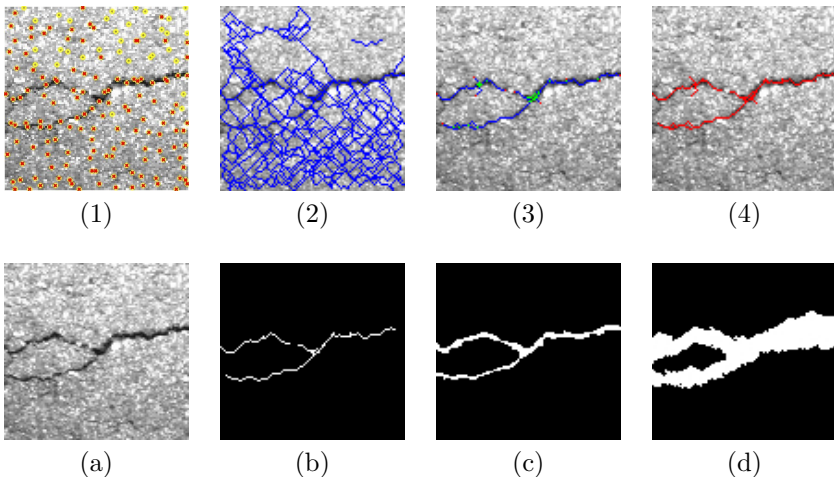
Notre démarche s'appuie sur un algorithme de recherche de chemins minimaux qui permet de prendre simultanément en compte deux types de caractéristiques des fissures : les caractéristiques photométriques (en supposant que les fissures correspondent à des pixels plus sombres que le fond de l'image) et les caractéristiques géométriques (ensemble de pixels connectés sans *a priori* de forme). Étant donné qu'il est coûteux de faire cette estimation pour chaque pixel de l'image, l'application de ce principe consiste à sélectionner un ensemble d'amorces dans l'image et à estimer les chemins minimaux deux à deux entre ces amorces. Les principales contributions de notre approche reposent sur la manière de sélectionner un sous-ensemble de ces chemins minimaux, pour distinguer ceux qui appartiennent à une fissure de ceux qui appartiennent au fond. Pour cela, nous nous appuyons, entre autres, sur l'étude des statistiques des niveaux de gris de l'image et des fissures, et sur la manière de connecter les chemins minimaux entre eux.

Participants VORTEX : Rabih AMHAZ, Sylvie CHAMBON.

Participants extérieurs : Vincent BALTAZART (IFSTTAR, Nantes), Jérôme IDIER (IRCCyN, Nantes).

Publication associée :

Rabih AMHAZ, Sylvie CHAMBON, Jérôme IDIER, Vincent BALTAZART, *Automatic Road Crack Detection Based on a Shortest-Path Algorithm*, GRETSI 2013, Brest, septembre 2013.



Étapes de l'algorithme proposé et résultats - L'étape (1) de **sélection des amorces** (croix rouges) est réalisée en sélectionnant un sous-ensemble des minima locaux (cercles jaunes). L'étape (2) d'**estimation des chemins minimaux** est réalisée grâce à l'algorithme de Dijkstra (chemins bleus) entre chaque paire d'amorces voisines. L'étape (3) de **sélection des chemins minimaux** est réalisée en utilisant le niveau de gris moyen des fissures pour tenter d'éliminer les chemins hors fissures. Enfin, l'étape (4) de **raffinage de la sélection**, qui est la plus délicate, consiste à éliminer les ramifications et les boucles. Pour cela, nous détectons les points de croisement (cercles verts) et les extrémités (cercles rouges). En (a), nous présentons une image originale, en (b) le résultat de la détection proposée, en (c) la segmentation manuelle à laquelle nous nous comparons, et en (d) le résultat obtenu par une approche existante, qui utilise également les chemins minimaux. Il apparaît que notre résultat est précis et présente peu de faux négatifs.

Calcul de la structure et du mouvement intégrant des points cycliques

Mots-clés : *Structure-and-Motion*, points cycliques, autocalibrage, factorisation projective.

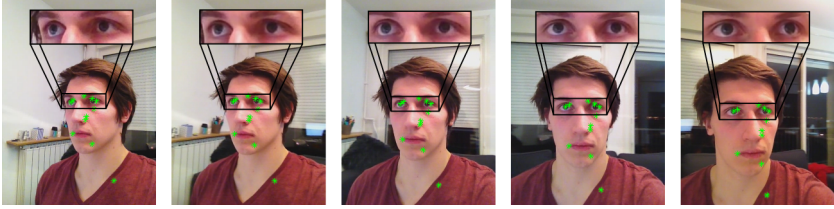
Le problème traité est celui du « calcul de la structure et du mouvement » (*Structure-and-Motion*), qui consiste à « expliquer » des trajectoires de points dits d'intérêt au sein d'une collection de photographies numériques par un certain mouvement de l'appareil (dont sa trajectoire) et des caractéristiques géométriques tridimensionnelles de la scène photographiée.

Dans ce travail, nous proposons les extensions de certaines méthodes du calcul de la structure et du mouvement à partir de données d'entrée comprenant des images de points naturels et de points cycliques. L'image d'une paire de points cycliques est une donnée délivrée par l'image d'une figure plane, constituée par exemple de cercles. Une méthode classique de calcul de la structure et du mouvement comporte en général deux étapes : une factorisation de l'ensemble des correspondances des points d'intérêt, qui fournit une reconstruction projective des caméras et des points ; l'autocalibrage de la caméra, qui consiste à déduire de la reconstruction obtenue une reconstruction euclidienne. Ce travail montre comment introduire les images des points cycliques dans ces deux étapes. Sa principale contribution est de fournir les fondements théoriques permettant de combiner les équations linéaires classiques de l'autocalibrage d'une caméra, en opérant dans l'espace projectif dual, avec de nouvelles équations reposant sur les images des points cycliques. Nous montrons que l'utilisation de telles primitives permet d'obtenir de meilleurs résultats que les approches classiques.

Participants VORTEX : Lilian CALVET, Pierre GURDJOS.

Publication associée :

Lilian CALVET, Pierre GURDJOS, *An Enhanced Structure-from-Motion Paradigm based on the Absolute Dual Quadric and Images of Circular Points*, IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV 2013), Sydney, Australie, décembre 2013.



Résultats sur données réelles - En haut : cinq vues d'un visage, où onze points peuvent être mis en correspondance, et où les points cycliques considérés sont les deux points d'intersection (complexes) des deux cercles parallèles que constituent les contours des iris. Aucune reconstruction euclidienne cohérente n'a pu être obtenue à partir des méthodes classiques du calcul de la structure et du mouvement. En bas : seule la méthode proposée faisant intervenir les points cycliques a pu fournir des caméras euclidiennes suffisamment précises pour effectuer une reconstruction 3D dense visible (ici sous trois points de vue différents).

Détection a contrario de lignes polygonales et d'arcs d'ellipses

Mots-clés : détection de primitives, approche a contrario, sélection de modèle.

Nous proposons un descripteur d'images fondé sur deux primitives : la ligne polygonale et l'arc d'ellipse. La difficulté consiste à obtenir des résultats fiables, c'est-à-dire à contrôler le nombre de fausses détections en s'affranchissant de tout réglage de paramètre.

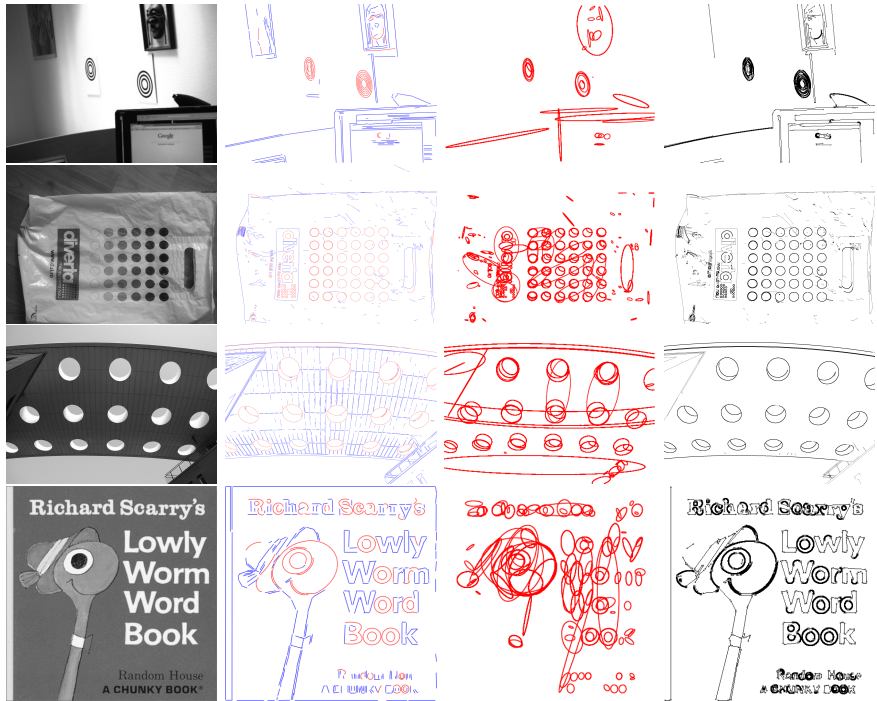
L'algorithme que nous décrivons, intitulé ELSDc, est une nouvelle version de ELSD (*Ellipse and Line Segment Detector*) où la détection est formulée comme un problème de tests d'hypothèses multiples (régions candidates au « support » d'une primitive discrétisée) dont la résolution comporte trois étapes. Tout d'abord, une liste de régions candidates est constituée (étape de sélection). Pour toute région candidate, le détecteur décide ensuite si cette région correspond à une instance d'une des deux primitives (étape de validation du modèle). Enfin, il identifie un modèle de primitive lorsque plusieurs interprétations sont possibles (étape de sélection du modèle). L'originalité de ce travail consiste à utiliser, pour les deux dernières étapes, un critère statistique ne dépendant d'aucun paramètre, fondé sur la théorie des approches a contrario, qui garantit que l'espérance du nombre de régions validées à tort (faux positifs) est inférieure ou égale à un seuil que l'on fixe généralement à 1. Ce critère évalue le degré de structuration d'une région : dans ELSD, il est égal au nombre de pixels « alignés » avec la primitive considérée; dans ELSDc, ce degré est une mesure continue et nous montrons que cela permet d'obtenir des performances supérieures à ELSD et aux algorithmes existants. L'algorithme ELSDc sera diffusé dans le domaine public sous la forme de programmes en C sous licence GNU (bit.ly/ELSDc).

Participant VORTEX : Pierre GURDJOS.

Participants extérieurs : Rafael GROMPONE VON GIOI (CMLA, ENS Cachan), Viorica PĂTRĂUCEAN (LIX, École Polytechnique, Palaiseau).

Publication associée :

Viorica PĂTRĂUCEAN, Pierre GURDJOS, Rafael GROMPONE VON GIOI, *A Joint Ellipse and Line Detection Using A Contrario Theory* (soumis).



Exemples - Évaluation des performances de ELSDc : les résultats obtenus ont été comparés à ceux des algorithmes d'Etemadi (*Robust segmentation of edge data*, International Conference on Image Processing and its Applications, 1992) et de Prasad et al. (*Edge curvature and convexity based ellipse detection method*, Pattern Recognition, volume 45, 2012). De gauche à droite : images originales, ELSDc, Prasad, Etemadi. Des tests en ligne peuvent être effectués à l'adresse suivante : bit.ly/ELSDc (user: demo, password: demo).

Modélisation réaliste d'une plante à partir d'une seule image

Mots-clés : modélisation 3D de plantes, squelettisation, analyse par synthèse.

Afin de créer des environnements virtuels agréables et réalistes, un effort doit être fourni pour modéliser les plantes, qui en constituent des éléments essentiels. Malgré les immenses progrès de la vision par ordinateur en matière de reconstruction 3D, les plantes restent difficiles à modéliser à cause de leur topologie très complexe. Ce travail vise à fournir, à partir d'une seule image d'une plante, un modèle biologiquement réaliste. Un tel modèle doit respecter les contraintes biologiques de son espèce, et être tel que sa reprojection soit la plus fidèle possible à l'image originale.

La première étape consiste à extraire de l'image le squelette de la plante. Or, la plupart du temps, aucune branche n'est visible. En outre, la qualité des images peut être très moyenne. Nous proposons une méthode de squelettisation originale : le squelette est extrait grâce à un partitionnement non déterministe du feuillage de l'image, ce qui garantit son réalisme. La deuxième étape consiste à modéliser la plante en trois dimensions. Notre autre contribution est l'utilisation de « L-systèmes » pour la création de modèles de plantes de différents types. Une boucle d'analyse par synthèse permet ensuite de choisir un modèle 3D parmi plusieurs squelettes. Le choix est fait grâce à un processus bayésien qui maximise le critère a posteriori. Le terme d'attache aux données (vraisemblance) mesure l'erreur de reprojection du modèle, tandis que la probabilité a priori mesure son réalisme.

Participants VORTEX : Vincent CHARVILLAT, Jérôme GUÉNARD, Pierre GURDJOS, Géraldine MORIN.

Participant extérieur : Frédéric BOUDON (projet Virtual Plants, INRIA, Montpellier).

Publication associée :

Jérôme GUÉNARD, Géraldine MORIN, Frédéric BOUDON, Vincent CHARVILLAT, *Reconstructing Plants in 3D from a single Image using Analysis by Synthesis*, International Symposium on Visual Computing, Rethymnon, Grèce, juillet-août 2013.



Modélisation d'arbres monopodiaux - En haut, de gauche à droite : image originale d'un ginkgo ; modèle 3D de son branchage ; modèle 3D complet produit par notre méthode, vu sous le même angle que dans l'image originale. En bas, de gauche à droite : image originale d'un liquidambar ; modèle rendu, vu sous le même angle que dans l'image originale ; modèle rendu, vu sous un autre angle.

Inférence de cartes d'intérêt 3D à partir de vidéos simultanées

Mots-clés : *crowdsourcing*, carte d'intérêt 3D.

Dans ce projet, nous nous intéressons à un problème émergent lié à la multiplication des appareils de capture vidéo. Il est assez fréquent de voir de nombreux membres d'un public filmer une même scène à l'aide de téléphones portables, d'appareils photographiques numériques ou encore de caméras vidéo. L'analyse de ces flux vidéo simultanés permet de mettre en évidence des zones de l'espace vers lesquelles convergent les angles de vue des différentes caméras, ce qui permet de matérialiser l'intérêt des spectateurs.

Notre travail s'articule en plusieurs étapes successives. Dans un premier temps, nous échantillons les zones situées dans le champ de vision d'au moins deux caméras. Le nuage de points ainsi obtenu peut être modélisé par un mélange de gaussiennes qui fournit une première approximation de la carte d'intérêt 3D recherchée. Les résultats obtenus à cette étape sont visibles sur la troisième ligne de la figure ci-contre. À ce stade, aucune information photométrique n'a été utilisée. Pour obtenir une carte plus précise, il convient d'obtenir un nuage de points plus réduit, mais composé de points présentant une cohérence photométrique. Nous utilisons un algorithme de l'état de l'art (PMVS, Furukawa et al.) pour cette étape, et obtenons une carte d'intérêt 3D représentée sur la quatrième ligne de la figure ci-contre, à comparer avec la deuxième ligne qui correspond à un algorithme existant de détection de saillance, et à des masques édités manuellement qui montrent les objets d'intérêt de la scène (dernière ligne).

Ces cartes d'intérêt 3D peuvent ensuite être utilisées dans de multiples situations, par exemple pour naviguer d'une vidéo à l'autre ou pour produire un résumé vidéo de l'événement filmé.

Participants VORTEX : Lilian CALVET, Axel CARLIER, Vincent CHARVILLAT, Pierre GURDJOS.

Participant extérieur : Wei Tsang OOI (National University of Singapore, Singapour).



Résultats - Première ligne : concert filmé simultanément sous quatre points de vue différents. Deuxième ligne : résultats d'un algorithme existant de saillance visuelle (Goferman et al.). Troisième et quatrième lignes : nos résultats (intermédiaire et final). Dernière ligne : masques édités manuellement, qui montrent les régions d'intérêt de l'image.

Ask'nSeek : segmentation d'images grâce à un jeu

Mots-clés : segmentation d'images, *crowdsourcing*, jeux sérieux.

Dans la continuité de travaux plus anciens, qui utilisent les données produites par le jeu Ask'nSeek, nous nous intéressons désormais à la segmentation d'images. L'analyse des parties jouées fournit, pour chaque image, des points associés à des objets dans l'image. Ces points sont situés soit sur les objets (avant-plan), soit en dehors (arrière-plan).

Nous utilisons un algorithme d'état de l'art (CPMC, Carreira et al.) afin de générer un ensemble de masques candidats, et nous sélectionnons le candidat qui s'accorde le mieux aux données produites par le jeu.

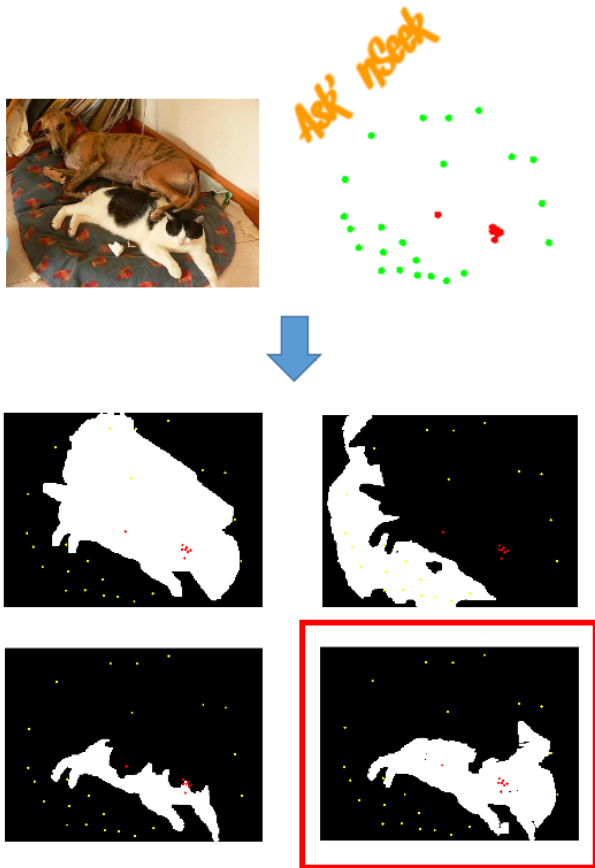
Une autre contribution de ce travail est la mise au point et l'évaluation d'un simulateur générant des données qui auraient pu être issues du jeu. Ce simulateur est évalué, afin de montrer que la segmentation obtenue à partir des données simulées est comparable (en termes de performance) à la segmentation obtenue à partir des données réelles. Le simulateur nous permet ensuite de déterminer le nombre de parties nécessaires pour obtenir une segmentation raisonnable d'une image.

Participants VORTEX : Axel CARLIER, Vincent CHARVILLAT, Amaia SALVADOR.

Participants extérieurs : Xavier GIRO-I-NIETO (Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelone, Espagne), Oge MARQUES (Florida Atlantic University, Boca Raton, États-Unis).

Publication associée :

Amaia SALVADOR, Axel CARLIER, Xavier GIRO-I-NIETO, Oge MARQUES, Vincent CHARVILLAT, *Crowdsourced Object Segmentation with a Game*, ACM Workshop on Crowdsourcing for Multimedia, Barcelone, Espagne, octobre 2013.



Exemple - En haut à gauche : image étudiée. En haut à droite : traces collectées grâce à Ask'nSeek (points sur le chat en rouge, en dehors du chat en vert). En bas : le masque qui explique le mieux les traces observées est sélectionné parmi un ensemble de masques candidats.

Décompression d'images JPEG2000 pour le cinéma numérique

Mots-clés : cinéma numérique, projection, JPEG2000, décompression, *multithreading*, VLC.

Les salles de cinéma sont passées à l'ère numérique. Pour la distribution des copies numériques de films, l'association DCI (*Digital Cinema Initiative*) a choisi d'encoder les films au format DCP (*Digital Cinema Package*). Notre activité est menée en collaboration avec les cinémas Utopia, qui forment un réseau de salles indépendantes. La principale exigence d'Utopia est de fournir des logiciels libres et gratuits pour le cinéma numérique. Le format DCP utilise la compression JPEG2000 pour la vidéo, en raison de son taux de compression élevé pour les grandes images. La réalisation d'une implantation efficace du codage et du décodage de ce format est complexe. Néanmoins, nous proposons une implantation améliorée du décodage pour la projection dans les salles obscures. Les équipements actuellement déployés dans les salles sont chers et leur maintenance est coûteuse, ce qui empêche les petites salles indépendantes de s'équiper.

Notre but est de proposer une solution logicielle adaptée à la projection des DCP. Notre solution réalise le décodage en temps réel et la projection, en s'appuyant sur des outils multimédia libres et standard comme le lecteur VLC et les bibliothèques libav/ffmpeg.

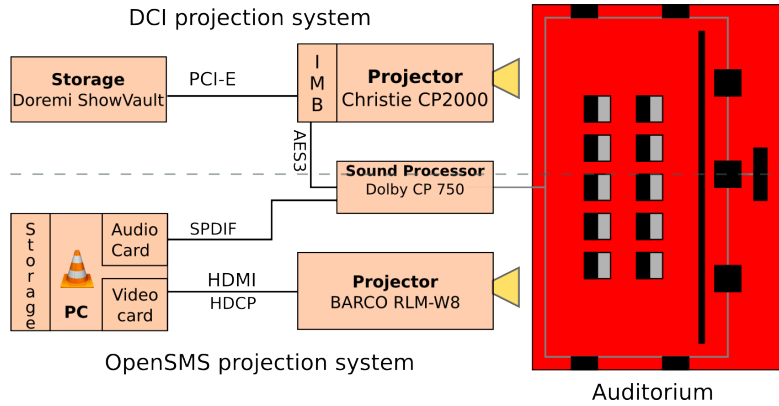
Participants VORTEX : Nicolas BERTRAND, Vincent CHARVILLAT, Jean-Denis DUROU, Simona PRODEA.

Participant extérieur : Carsten GRIWODZ (Simula Research Laboratory, Oslo, Norvège).

Publication associée :

Nicolas BERTRAND, Simona PRODEA, Jean-Denis DUROU, Carsten GRIWODZ, Vincent CHARVILLAT, *Lecture de DCP pour le cinéma numérique avec le lecteur multimédia VLC et libav/ffmpeg*, COmpression et REprésentation des Signaux Audiovisuels (CORESA 2013), Le Creusot, novembre 2013.

Partenaires : cinémas Utopia, association VideoLAN.



Comparaison entre les deux systèmes - Le *media bloc* du système actuel (DCI), intégré au projecteur, réalise le décodage. Notre système (OpenSMS) n'est pas intégré et peut être connecté à tout type de projecteur et à un écran standard.

Prévisualisation et *streaming* 3D

Mots-clés : transmission adaptative de contenus 3D, *streaming*.

Dans ce travail mené en collaboration avec l'Université de Singapour, nous nous intéressons à la transmission de contenus 3D au travers d'un réseau. Plus précisément, nous considérons des scénarios de visualisation d'objets 3D accessibles en *streaming*. Dans le cas du téléchargement, les utilisateurs subissent une latence importante avant de pouvoir interagir avec des modèles 3D de grande taille. Durant le temps de latence, des images-clés ou une vidéo peuvent être affichées et permettre ainsi de prévisualiser l'objet attendu par l'utilisateur. Ce scénario de prévisualisation pose deux problèmes : la bande passante qui devrait être réservée à la transmission du modèle 3D est limitée par les données de prévisualisation ; cette prévisualisation doit être optimisée en fonction des ressources disponibles.

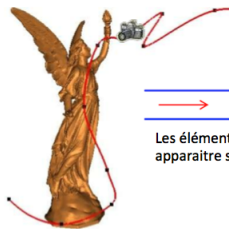
Nous proposons un scénario (appliqué à un modèle codé par un maillage progressif) qui consiste à planifier la transmission en *streaming* des éléments 3D (*vertex splits*) nécessaires pour afficher l'objet suivant un chemin de caméra optimisé. L'optimalité visée s'entend vis-à-vis de la perception de l'utilisateur (la prévisualisation doit être de bonne qualité), des ressources disponibles en bande passante (la vitesse et l'éloignement de la caméra peuvent être adaptés selon le débit) et, enfin, de la capacité du chemin de caméra à permettre une transmission complète de l'objet. Au travers d'une étude subjective des préférences des utilisateurs, nous évaluons plusieurs politiques de *streaming*.

Participants VORTEX : Axel CARLIER, Vincent CHARVILLAT, Géraldine MORIN.

Participants extérieurs : Wei Tsang OOI, Shanghong ZHAO (National University of Singapore, Singapour).

Publication associée :

Shanghong ZHAO, Wei Tsang OOI, Axel CARLIER, Géraldine MORIN, Vincent CHARVILLAT, *Bandwidth Adaptation for 3D Mesh Preview Streaming*, Transactions on Multimedia Computing, Communications, and Applications (à paraître).



Le serveur transmet
le modèle 3D.



Les éléments 3D du modèle sont transmis lorsqu'ils vont
apparaître sur la prévisualisation du client/utilisateur.



Le client visualise le modèle
pendant sa transmission,
suivant un chemin prédéfini.

Principe de notre approche - Scénario proposé pour conjointement prévisualiser et télécharger en *streaming* un maillage 3D.



Résultats - Comparaison d'une technique de prévisualisation via une vidéo (en haut) ou selon notre approche (en bas), sous les mêmes contraintes de débit et à deux instants séparés de 15 secondes le long d'un chemin de caméra optimisé.

Navigation dans des grandes scènes virtuelles 3D à partir de terminaux légers

Mots-clés : *Peer-Assisted Rendering*, représentations basées image, *Networked Virtual Environments*.

Dans une précédente contribution, nous avons proposé une solution appelée « PeAR : *Peer Assisted Rendering* », qui vise à permettre une navigation interactive dans un environnement virtuel 3D en réseau à partir d'un terminal dont les ressources sont limitées (par exemple un *smartphone*). Des solutions centralisées utilisant un serveur pour stocker des images « rendues » de la scène existent, mais elles « ne passent pas à l'échelle ». Nous avons proposé une solution distribuée, dans laquelle le client léger bénéficie d'un rendu simplifié qui utilise un algorithme de *warping*, à partir d'images rendues par d'autres clients. Plutôt que de télécharger le modèle 3D, le client léger reçoit des imposteurs rendus par d'autres clients naviguant au sein du même environnement virtuel et ayant plus de ressources (par exemple, des capacités de calcul ou de rendu disponibles). Nous appelons ces autres clients des *assistants*. L'information reçue par le client léger est traitée puis fusionnée pour obtenir, à un coût de calcul moindre, la scène rendue de son propre point de vue. Le but est de diminuer le poids des données transmises (moins que la transmission des objets 3D composant la scène) et le coût du calcul de rendu. Cette approche a donné lieu à une publication à la conférence *ACM Multimedia* en 2011.

Plus récemment, nous avons étudié une représentation différente, un *Sprite Tree*, qui permet de réutiliser plus directement les données images et profondeur issues du rendu des assistants. Ces images sont partitionnées en un ensemble de *sprites* et stockées dans un *octree* appelé *Sprite Tree*. Les *sprites* sont la base du rendu du client léger.

Participants VORTEX : Vincent CHARVILLAT, Géraldine MORIN.

Participants extérieurs : Wei Tsang OOI, Minhui ZHU (National University of Singapore, Singapour).

Publication associée :

Minhui ZHU, Géraldine MORIN, Wei Tsang OOI, Vincent CHARVILLAT, *Sprite Tree : Recycled Rendering in Networked Virtual Environments* (en préparation).

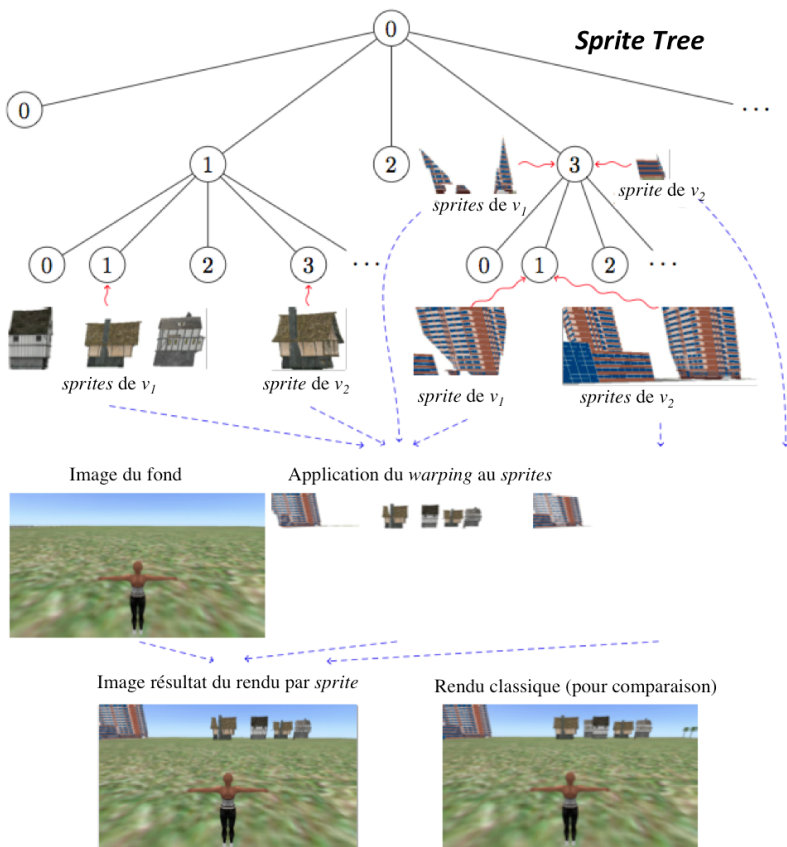


Illustration - Rendu par le client léger à partir d'un *Sprite Tree*, contenant des éléments transmis par deux assistants depuis les points de vue v_1 et v_2 .

Simplification des interactions avec des modèles 3D mis en ligne en utilisant le *crowdsourcing*

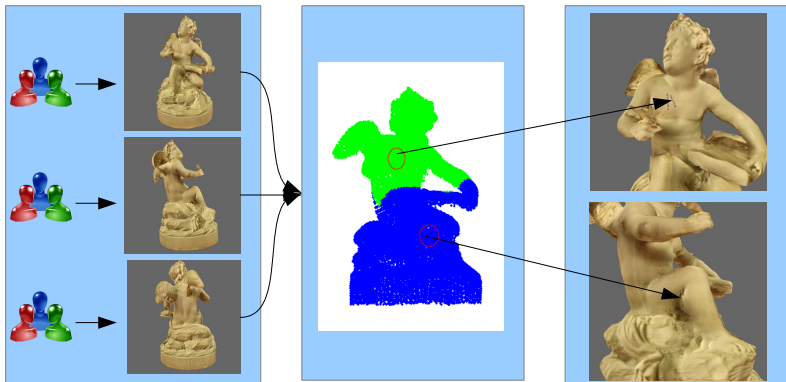
Mots-clés : interactions, *crowdsourcing*, Web3D.

Dans ce travail, nous proposons un nouveau paradigme pour simplifier les interactions avec des modèles 3D virtuels mis en ligne, à partir des navigations d'utilisateurs précédents. Nous recueillons des interactions 3D générées par les utilisateurs au cours de leurs navigations (colonne de gauche sur l'illustration ci-contre), puis nous analysons ces données pour déterminer les régions d'intérêt dans l'objet 3D (colonne centrale). Une pose correspondant à chaque région, appelée *recommended view*, est calculée et utilisée pour des recommandations aux utilisateurs suivants (colonne de droite). Ces poses recommandées visent à simplifier la navigation 3D, c'est-à-dire à réduire le nombre d'interactions en termes de translations, de rotations et de zooms nécessaires à l'utilisateur pour atteindre les régions souhaitées. Le temps de navigation 3D est, lui aussi, réduit. Nous proposons une mise en œuvre de ce paradigme s'appuyant sur les technologies du Web3D : X3D, HTML5, X3DOM et WebGL. Par une étude expérimentale, nous montrons que notre système permet aux utilisateurs de gagner en temps et en nombre d'interactions 3D pour identifier des régions significatives de l'objet 3D. L'interface que nous proposons permet aux utilisateurs d'effectuer des interactions 3D en ligne, en utilisant simplement quelques clics de souris. Nous montrons aussi que la détection des régions d'intérêt converge rapidement : l'analyse des traces d'une dizaine d'utilisateurs suffit à identifier les régions d'intérêt.

Participants VORTEX : Axel CARLIER, Vincent CHARVILLAT, Géraldine MORIN, Thi Phuong NGHIEM.

Publication associée :

Thi Phuong NGHIEM, Axel CARLIER, Géraldine MORIN, Vincent CHARVILLAT, *Towards 3D Crowdsourcing : Easing Web3D Navigation Using User Traces*, Euromedia, Lincoln, Royaume-Uni, juin 2013.



Pipeline - Illustration de la détection de régions d'intérêt (colonne centrale) à partir des traces de la navigation d'utilisateurs (colonne de gauche) et des poses associées (colonne de droite).

Projet RDM

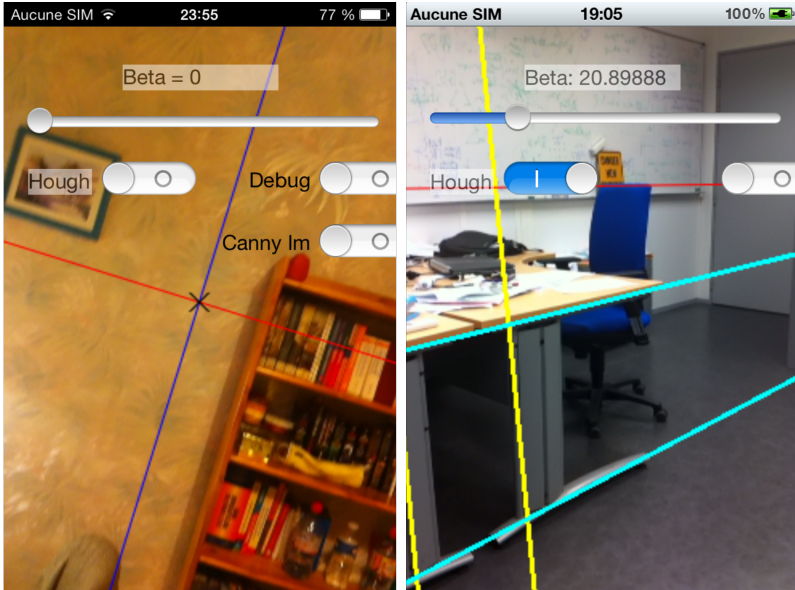
Mots-clés : reconstruction 3D, points de fuite, application mobile.

Le projet RDM (Reconstruction 3D sur Dispositifs Mobiles) a pour ambition de doter les dispositifs mobiles de la capacité à reconstruire en 3D des scènes intérieures.

Dans le cadre de ce projet, qui vient de débiter, nous avons commencé par nous intéresser aux différentes méthodes permettant d'estimer les points de fuite des images capturées. La puissance de calcul des *smartphones* ne permet pas d'envisager une solution par traitement d'images. Nous avons donc essayé de tirer parti des capteurs IMU et des interactions avec l'utilisateur. Nous nous plaçons dans le cadre d'un espace de Manhattan et supposons que les paramètres intrinsèques de la caméra sont connus. L'accéléromètre du téléphone fournit les paramètres de roulis et de tangage du téléphone, ce qui nous permet d'estimer la ligne d'horizon et le point de fuite des droites orthogonales au sol. Lors du lancement de l'application, l'utilisateur est prié de poser son téléphone contre un mur. Cette interaction permet de connaître l'écart initial d'orientation selon un axe vertical entre ce mur et le Nord magnétique, puis nous utilisons le magnétomètre du téléphone pour suivre cet écart lors des mouvements de l'utilisateur. Cette information supplémentaire nous permet de calculer et de dessiner sur l'écran les deux dernières lignes de fuite.

Participants VORTEX : Vincent ANGLADON, Vincent CHARVILLAT, Simone GASPARINI.

Partenaire : société Telequid.



Exemple - À gauche : capture d'écran montrant les lignes de fuite estimées (en rouge et en bleu). À droite : la ligne d'horizon est affichée en rouge ; les deux ensembles de droites (en jaune et en cyan), obtenus par transformation de Hough de l'image, convergent chacun vers un point de fuite.

Projet Réalité Augmentée

Mots-clés : Stéréophotométrie, réalité augmentée.

La société FittingBox propose une palette de logiciels de réalité augmentée, qui permettent de positionner des lunettes virtuelles sur un visage en s'appuyant sur la géométrie de celui-ci. Dans ce contexte, un aspect du réalisme n'a été que peu abordé : il s'agit de l'aspect photométrique du visage, qui est le sujet du projet Réalité Augmentée. Ce projet se décline en deux axes, qui sont deux facettes d'une même technique : la stéréophotométrie.

En premier lieu, ce projet permet d'améliorer le réalisme de l'incrustation des lunettes virtuelles, en détectant la source lumineuse d'une scène pour ensuite rééclairer la paire de lunettes virtuelle, ce qui en accroît le réalisme.

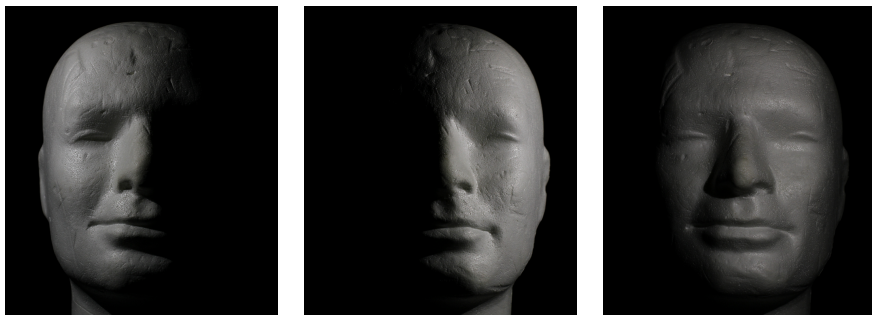
Dans un second temps, le procédé sera poussé un peu plus loin : connaissant la configuration lumineuse d'une scène pour un ensemble d'images, il est possible de reconstruire ladite scène en trois dimensions. Ceci permet la reconstruction 3D précise d'un visage, donc un suivi plus réaliste, le moyen de le rééclairer et bien d'autres applications.

Ce projet a également permis d'équiper une salle de démonstration de la technique stéréophotométrique dans nos locaux. Les diverses parties du projet y sont exposées : on y trouve une application FittingBox permettant l'incrustation de lunettes sur un visage et un rééclairage de la paire de lunettes en temps réel. Une autre installation permet de s'essayer au scannage 3D d'un visage ou de tout autre objet opaque.

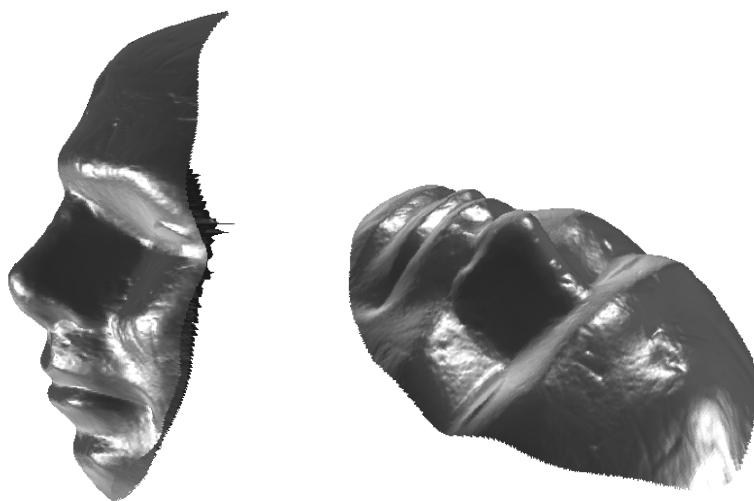
Participants VORTEX : Vincent CHARVILLAT, Jean-Denis DUROU.

Participants extérieurs : Ariel CHOUKROUN, Sylvain LE GALLOU (FBX), Bastien DURIX, Vincent MENNY, Benjamin ROLLET (TTT).

Partenaires : société FittingBox (FBX), Toulouse Tech Transfer (TTT).



Données - Photographies d'un visage en polystyrène prises sous trois éclairages différents.



Résultat - Reconstruction 3D par stéréophotométrie, à partir des trois photographies ci-dessus.

Projet SICASSE

Mots-clés : Recalage, classification.

Le projet SICASSE (Système Interactif de Collecte et d'Analyse d'informations pour la Surveillance et le Suivi d'Environnements naturels) a pour but l'étude de l'évolution au cours du temps d'environnements naturels montagnards. L'idée de base est qu'un randonneur soit assisté par son téléphone mobile afin de localiser un point d'intérêt écologique, puis prenne une photo de celui-ci pour l'envoyer sur un serveur.

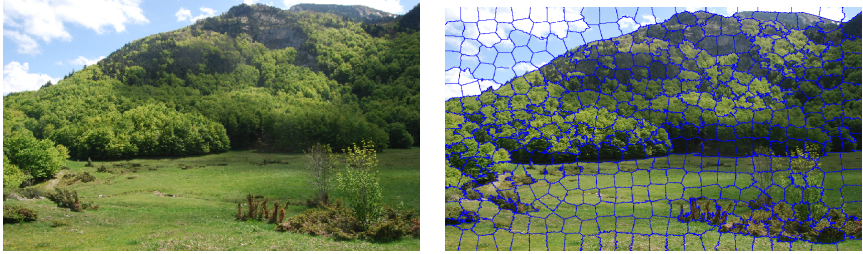
Le serveur vers lequel l'image est envoyée effectue deux traitements successifs. Tout d'abord, un recalage par rapport à une image de référence est effectué par mise en correspondance de points d'intérêt (de type ASIFT). Ceci permet de calculer une homographie qui corrigera l'image acquise par l'utilisateur.

La seconde étape est l'analyse et la classification de l'image. Pour ce faire, l'image est divisée en superpixels (ce qui découpe l'image en une sorte de mosaïque). Par la suite, ces superpixels sont classés en différentes catégories : ciel, eau, verdure, etc. La force du logiciel SICASSE est l'apprentissage de ces catégories suivant divers critères, ce qui lui donne une très grande autonomie, et une intervention minimale de l'utilisateur.

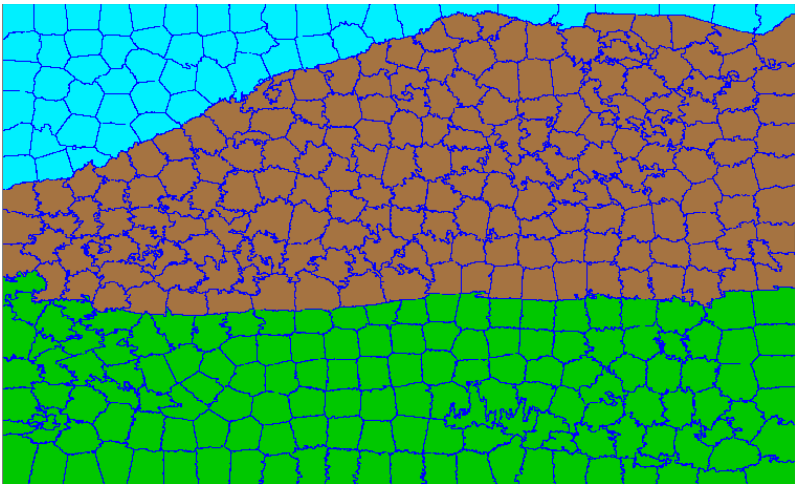
Participant VORTEX : Vincent CHARVILLAT.

Participants extérieurs : Gregory MOURA (OKTAL-SE), Bastien DURIX, Vincent MENNY, Minh-Tâm TRAN (TTT).

Partenaires : société OKTAL-SE, Toulouse Tech Transfer (TTT).



Exemple - Image originale et division en superpixels.



Résultat - Classification des superpixels en différentes catégories : bleu pour le ciel, marron pour la montagne et vert pour la plaine.

Projet TOURA

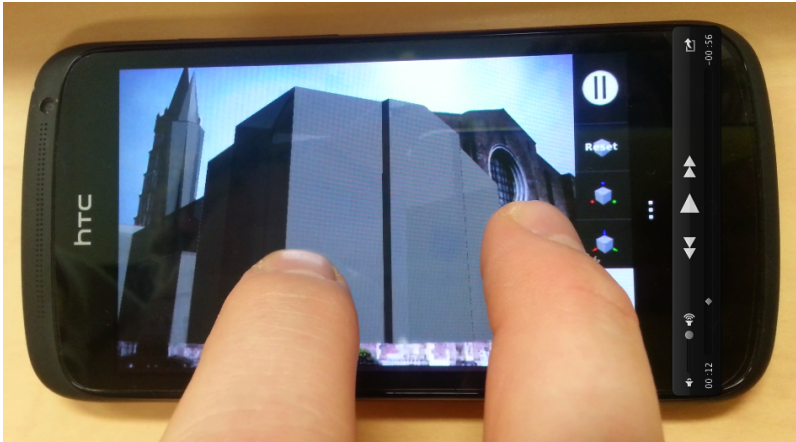
Mots-clés : réalité augmentée, application mobile, interactions 3D.

Le projet TOURA (TOURisme en Réalité Augmentée) s'est terminé en 2013 avec la production de plusieurs guides touristiques mobiles. Ces prototypes utilisent la réalité augmentée en 2D mais aussi en 3D. La version la plus aboutie a été conçue, en collaboration avec l'Office du Tourisme de Toulouse, par les trois partenaires du projet : les sociétés Magellium, Caminéo et le groupe VORTEX de l'IRIT. Avec cette version, le *smartphone* d'un touriste l'invite à découvrir Toulouse à travers les tableaux d'Henri Martin, le guide pas à pas à travers la ville rose, mêlant des images d'archives aux images réelles acquises par le visiteur. Les fonctionnalités de réalité augmentée 2D enrichissent par exemple l'image réelle d'un tableau d'Henri Martin avec des indices visuels synthétiques autour desquels s'articule un jeu de piste.

Techniquement et durant cette dernière année, le laboratoire a conçu un prototype original permettant au visiteur de manipuler sur *smartphone* un modèle 3D d'une partie de la ville de façon à le recaler sur des images ou sur des vidéos réelles. La figure ci-contre illustre le principe adopté avec un modèle 3D de la basilique Saint-Sernin à recaler sur une image réelle. Ce travail ouvre des perspectives scientifiques intéressantes en matière de construction et d'augmentation collaboratives de modèles urbains numériques.

Participants VORTEX : Vincent CHARVILLAT, James PACKER.

Partenaires : sociétés Caminéo et Magellium.



Exemple - Une application développée pour l'environnement Android permet le recalage d'un modèle 3D de bâtiment avec une image réelle.

Publications 2013

Articles dans des revues internationales :

Atsushi SHIMADA, Vincent CHARVILLAT, Hajime NAGAHARA, Rin-ichiro TANIGUCHI, *Geolocation based Landmark Detection and Annotation - Towards Clickable Real World*, IEEEJ Transactions on Electronics, Information and Systems, volume 133, numéro 1, pages 142-149, janvier 2013.

Contributions à des ouvrages de synthèse :

Stéphanie PRÉVOST, Cédric NIQUIN, Sylvie CHAMBON, Guillaume GALÈS, *Stéréo-corrélation, profondeur et disparité*, chapitre 7 de *Vidéo et TVHD 3D, de la capture à la diffusion – Principe, tendances et perspectives*, pages 147-164, collection *Traité IC2*, série *Traitement du signal et de l'image*, Hermès, septembre 2013.

Stéphanie PRÉVOST, Cédric NIQUIN, Sylvie CHAMBON, Guillaume GALÈS, *Multi- and Stereoscopic Matching, Depth and Disparity*, chapitre 7 de *3D Video : From Capture to Diffusion*, pages 137-156, Wiley, octobre 2013.

Conférences et workshops internationaux avec actes édités et comités de lecture :

Shanghong ZHAO, Wei Tsang OOI, Axel CARLIER, Géraldine MORIN, Vincent CHARVILLAT, *3D Mesh Preview Streaming*, ACM Multimedia Systems Conference (MMSys 2013), Oslo, Norvège, février-mars 2013.

Yvain QUÉAU, François LAUZE, Jean-Denis DUROU, *Solving the Uncalibrated Photometric Stereo Problem using Total Variation*, International Conference on Scale Space and Variational Methods in Computer Vision (SSVM 2013), LNCS 7893, pages 270-281, Schloss Seggau, Autriche, juin 2013.

Thi Phuong NGHIEM, Axel CARLIER, Géraldine MORIN, Vincent CHARVILLAT, *Towards 3D Crowdsourcing: Easing Web3D Navigation Using User Traces*, Euromedia, Lincoln, Royaume-Uni, juin 2013.

Quoc-Viet DANG, Sandrine MOUYSSET, Géraldine MORIN, *Similarity Detection for Freeform Parametric Models*, International Conference in Central Europe on Computer Graphics, Visualization and Computer Vision (WSCG 2013), Pilsen, République Tchèque, juin 2013.

Simone GASPARINI, Pascal BERTOLINO, *Stereo camera tracking for mobile devices*, IEEE International Workshop on Mobile Vision (IWMV 2013), Portland, États-Unis, juin 2013.

Jérôme GUÉNARD, Géraldine MORIN, Vincent CHARVILLAT, Frédéric BOUDON, *Realistic Plant Modeling from Images based on Analysis-by-Synthesis*, Curves and Surfaces, Oslo, Norvège, juillet 2013.

Jérôme GUÉNARD, Géraldine MORIN, Frédéric BOUDON, Vincent CHARVILLAT, *Reconstructing Plants in 3D from a single Image using Analysis by Synthesis*, International Symposium on Visual Computing, Rethymnon, Grèce, juillet-août 2013.

Amaira SALVADOR, Axel CARLIER, Xavier GIRO I NIETO, Vincent CHARVILLAT, *Crowdsourced Object Segmentation with a Game*, International ACM Workshop on Crowdsourcing for Multimedia, Barcelone, Espagne, octobre 2013.

Lilian CALVET, Pierre GURDJOS, *An Enhanced Structure-from-Motion Paradigm based on the Absolute Dual Quadric and Images of Circular Points*, IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV 2013), Sydney, Australie, décembre 2013.

Conférences et workshops nationaux avec actes édités et comités de lecture :

Marie-Anne BAUDA, Sylvie CHAMBON, Mariana SPANGENBERG, Vincent CHARVILLAT, *Segmentation de scènes urbaines par combinaison d'information*, ORASIS 2013, Cluny, juin 2013.

Yvain QUÉAU, Jean-Denis DUROU, *Résolution du problème de la stéréophotométrie non calibrée par estimation de l'intensité des éclairages*, ORASIS 2013, Cluny, juin 2013.

Bastien DURIX, Yvain QUÉAU, Vincent CHARVILLAT, Jean-Denis DUROU, *Quels prétraitements pour la stéréophotométrie non calibrée ?*, ORASIS 2013, Cluny, juin 2013.

Simone GASPARINI, Pascal BERTOLINO, *Suivi de caméra stéréo pour des applications de réalité augmentée sur téléphone mobile*, ORASIS 2013, Cluny, juin 2013.

Rabih AMHAZ, Sylvie CHAMBON, Jérôme IDIER, Vincent BALTAZART, *Automatic Road Crack Detection Based on a Shortest-Path Algorithm*, GRETSI 2013, Brest, septembre 2013.

Rabih AMHAZ, Sylvie CHAMBON, Jérôme IDIER, Vincent BALTAZART, *Une méthode de relevé automatique de fissures de chaussée fondée sur la recherche de chemins minimaux*, CMOI-FLUVISU 2013, Orléans, novembre 2013.

Nicolas BERTRAND, Simona PRODEA, Jean-Denis DUROU, Carsten GRIWODZ, Vincent CHARVILLAT, *Lecture de DCP pour le cinéma numérique avec le lecteur multimédia VLC et libav/ffmpeg*, COmpression et REprésentation des Signaux Audiovisuels (CORESA 2013), Le Creusot, novembre 2013.

Autres publications :

Wei Tsang OOI, Oge MARQUES, Vincent CHARVILLAT, Axel CARLIER, *Pushing the Envelope: Solving Hard Multimedia Problems with Crowdsourcing*, Special Issue on “Crowdsourcing-based multimedia systems”, IEEE Communications Society Multimedia Communications Technical Committee MMTC, E-Letter, pages 37-40, janvier 2013.

Thèses :

Jérôme GUÉNARD, *Synthèse de modèles de plantes et reconstructions de baies à partir d'images*, thèse de l'Université de Toulouse, octobre 2013.

Sommaire

Images et 3D

Résolution des ambiguïtés de la stéréophotométrie non calibrée	3
Prise en compte des ombres et des reflets en stéréophotométrie	5
Similarités dans des modèles B-Rep basés NURBS	7
Segmentation de scènes urbaines par combinaison d'information	9
Détection de structures fines par sélection de chemins minimaux	11
Calcul de la structure et du mouvement par les points cycliques	13
Détection <i>a contrario</i> de lignes polygonales et d'arcs d'ellipses	15
Modélisation réaliste d'une plante à partir d'une seule image	17

Multimédia

Inférence de cartes d'intérêt 3D à partir de vidéos simultanées	19
Détection d'objets et annotation d'images	21
Décompression d'images JPEG2000 pour le cinéma numérique	23
Prévisualisation et <i>streaming</i> 3D	25
Navigation dans des grandes scènes virtuelles 3D	27
Simplification des interactions en utilisant le <i>crowdsourcing</i> . .	29

Projets

Projet RDM	31
Projet Réalité Augmentée	33
Projet SICASSE	35
Projet TOURA	37

Publications 2013

39

**IRIT (UMR CNRS 5505)
ÉQUIPE VORTEX
(Visual Objects from Reality To EXpression)**

**ENSEEIH
2, rue Camichel, BP 7122
31071 TOULOUSE Cedex 7
05.34.32.21.71**