

De l'usage des cartographies dynamiques par le cinéma immersif

L'exemple du partenariat entre l'ILOI et une société de production (XD Productions)

Par Jacques PEYRACHE
 PDG de la société XD Productions
 et Alain SÉRAPHINE
 Président de l'ILOI

La troisième dimension que la photogrammétrie apporte à la cartographie, a d'abord été utilisée par l'armée. Mais, dès les années 1990, cette technologie émergente intéresse le monde de la recherche privée. Les images, dites « de synthèse », affichant encore leurs limites en matière de crédibilité tant sur le plan artistique qu'économique, la photogrammétrie va alors s'imposer comme l'un des enjeux de la recherche à destination des usages des industries du cinéma, de l'animation, du jeu vidéo, de la VR... Dans ce contexte, XD Productions, déjà très présent sur les logiciels de capture de mouvements pour l'animation 3D, va orienter ses recherches sur la vidéo volumétrique et développer des algorithmes de photogrammétrie dynamique. XD Productions va mettre au point un studio capable de réaliser la modélisation 3D automatique d'acteurs réels en mouvement. Pour contribuer à la réalisation d'un premier long-métrage cinéma appelé à valider son innovation, XD Productions a fait appel à l'ILOI, l'un de ses partenaires historiques qui, dès 1995, a fait de la formation à la création numérique un enjeu de développement pour un territoire insulaire, La Réunion.

Depuis les années 1980, les équipes françaises de l'Inria ont contribué activement aux découvertes de la photogrammétrie, lesquelles ont permis à notre armée de se doter d'outils performants pour le guidage de ses missiles balistiques.

Dans les années 1990, le laboratoire Robotvis, dirigé par le professeur Olivier Faugeras, au centre Inria de Sophia Antipolis, a œuvré au transfert de ces technologies pour servir à des applications civiles, orientées vers l'industrie audiovisuelle.

Des chercheurs comme Pascal Fua, Renaud Keriven, Luc Robert ou Cedric Niquin ont donc permis aux principes de la photogrammétrie de sortir du giron de la cartographie militaire pour entrer dans les domaines, ô combien plus complexes, de la reconstruction dense de surfaces gauches et de la reconstruction en 3D d'objets captés

dans la réalité par un couple de caméras calibrées (voir les références bibliographiques en fin d'article). Les premiers algorithmes publiés ont permis l'automatisation partielle des reconstructions 3D (scanérisation) basées sur des outils statistiques de stéréo-corrélation. Ils ont permis l'édition de meshes utilisables dans les *softs* 3D du marché. Les premières applications de modélisation de décors 3D destinées aux jeux vidéo et aux effets spéciaux cinéma et télévision ont été produites dès 1995.

En France, les laboratoires de Pixibox, de Medialab et de XD Productions ont ensuite développé de nouveaux outils, aujourd'hui utilisés quotidiennement par le *workflow* du cinéma d'animation. C'est déjà au cours de cette même période qu'un premier partenariat établi avec l'Institut de l'image de l'océan Indien (ILOI) permettra, par la formation, de contribuer à la création d'une industrie du cinéma d'animation (Pipangaï) sur l'île de La Réunion.

La vidéo volumétrique

La transcription tridimensionnelle de l'espace a donc représenté un progrès radical à la fin du XX^e siècle. Dès les années 2000, les limites de l'exercice ont vite poussé les laboratoires à intégrer dans leurs recherches un élément essentiel : le facteur temps. En effet, une reconstruction 3D automatique réalisée sur la base de 25 images par seconde permet d'envisager la transcription de la dynamique d'une scène afin d'assurer une modélisation 3D de la cinématique.

On aborde ici un sujet essentiel qui hante l'imaginaire de générations entières de réalisateurs de films : La modélisation 3D automatique d'acteurs réels en mouvement. C'est la révolution de la « vidéo volumétrique ».

Quelques laboratoires américains (FreeD, Microsoft, Intel) se sont, eux aussi, lancés dans ce type de recherche, sans arrivés à pallier, jusqu'à ce jour, les artefacts et le bruit géométrique induits par les incertitudes statistiques de la corrélation dynamique.

En France, le laboratoire de XD Productions a choisi une voie originale, appelée « SBVH » (Stereo Based Visual Hull). XD Productions a mené, depuis 2005, trois programmes de recherche portant sur le même sujet : « MELIES » (IST-2000-28700), « CINECUBE » (ANVAR-BPI 2008) et « RECOVER 3D » (PIA n°O120 65-405923). En s'associant au Crestic (Laboratoire de l'Université de Reims dirigé par Laurent Lucas), XD Productions a pu fiabiliser, dès 2012, un système temps réel de vidéo volumétrique exempt d'artefact.

Suite à ce succès, XD Productions a construit en 2016 un scanner géant (le Cyberdome) dédié à la production cinématographique au sein de ses studios de Bry-sur-Marne (500 m², 66 caméras 4K et 5 000 To de stockage). Par ailleurs, un studio (de 150 m², 32 caméras, 500 To de stockage) dédié à la formation a été construit au sein de l'Institut de l'image de l'océan Indien (ILOI), partenaire de XD Productions dans le cadre du programme de recherche PIA. C'est dans ces studios pilotes que des actions de formations spécifiques d'infographistes sont conduites afin d'apprendre à réaliser le Cinéma 3D du réel, des formations nécessaires à la validation des objectifs de la recherche. Depuis le 14 janvier 2019, afin de répondre aux attentes de XD Productions, et avec le concours de l'Afdas et de Pôle Emploi Île-de-France, l'ILOI a mis en place une action de formation « Préparation opérationnelle à l'emploi collectif (POIC) » à destination de vingt-cinq infographistes. Il s'agit de préparer une équipe de production qui, à partir des performances du studio de scan 3D d'acteurs en mouvement, devra être capable de contribuer à la réalisation d'un premier long-métrage cinéma (Amak-i Hayal).

Nous assistons là aussi à des mutations professionnelles qu'il s'agira d'accompagner et de préciser. Les conséquences esthétiques et économiques de ces nouvelles méthodes permettent d'envisager une baisse radicale des coûts de fabrication pour le cinéma et la télévision, ainsi que des perspectives de diffusion par Internet de

cinématiques immersives et interactives en complément des exploitations classiques de tout produit audiovisuel.

La troisième dimension ainsi apportée par la cartographie numérique est donc en train de transformer l'ensemble des méthodes de production d'images permettant par là même aux futurs artistes et industriels de l'audiovisuel d'afficher une productivité et une ubiquité commerciale dont les conséquences sont aujourd'hui incommensurables.

La formation au service de la recherche-crédation numérique : le « défi permanent » d'un territoire isolé, La Réunion

« Aucune carte du monde n'est digne d'un regard, si le pays de l'utopie n'y figure pas » (Oscar Wilde).

De tous temps, dans l'histoire de l'humanité, il a été difficile pour de tout petits territoires insulaires situés en marge des routes maritimes d'exister économiquement, voire culturellement sur la carte du monde.

L'émergence de la révolution numérique à la fin du XX^e siècle, qui très vite va permettre la communication en temps réel, ainsi qu'un nivellement entre les peuples en matière d'accès au savoir, s'imposera de fait comme une chance inespérée pour tout territoire jusque-là isolé et, par voie de conséquence, exclu de tout débat et de la compétition internationale.

C'est donc dans ce contexte que l'île de La Réunion, l'un des territoires insulaires français et européens les plus sinistrés sur le plan de l'emploi, s'est saisie de cette opportunité qui s'offrait à elle en faisant le pari de la formation de ses jeunes talents. L'ILOI voit ainsi le jour et commence à engager, dès 1994, ses premières actions de formation à la création numérique dans le but de faire naître des activités nouvelles sur une terre perdue au beau milieu de l'océan Indien, dont la population se situe au carrefour de différentes cultures par le jeu de migrations successives venant d'Europe, d'Afrique et d'Asie.

Les initiatives conjuguant les premiers résultats de la recherche menée par les laboratoires Pixibox, voire XD Productions, avec les stratégies de formation indispensables à l'adaptation aux mutations professionnelles qui s'annonçaient, permettront la naissance d'une industrie du cinéma d'animation (Pipangaï) à La Réunion. Ce seront plus de deux cents personnes formées par l'ILOI qui accéderont à l'emploi par le biais de cette société de production, et ce, pendant plus d'une quinzaine d'années. L'ILOI est aujourd'hui un établissement d'enseignement supérieur de formation professionnelle qui dispose d'un cursus complet dans les domaines du cinéma-audiovisuel, du cinéma d'animation 2D-3D, du jeu vidéo et de la création numérique interactive (en et hors ligne), validé par des diplômes d'État (licences et Masters) et porté par de solides partenariats entretenus depuis 2005 avec le monde universitaire, notamment l'EJCAM (École de journalisme et de communication d'Aix-Marseille) ainsi qu'avec le département Hyper-Média de l'Université de Paris 8.

L'ILOI est aussi un acteur de la formation continue et en alternance, apportant une réponse aux besoins des entreprises en matière de mutations professionnelles. L'Institut s'appuie sur un vaste réseau de professionnels locaux, nationaux et internationaux.

En deux décennies à peine, La Réunion, forte de ses formations et de ses productions, a acquis une place de choix tant sur la carte réelle du monde que sur les cartes des imaginaires des mondes immatériels du numérique, notamment dans les domaines du cinéma d'animation, du jeu vidéo, de la réalité virtuelle (VR)..., mais aussi dans tout ce qui touche à la « photogrammétrie ».

À titre d'exemple, on peut citer les différentes nominations aux César obtenues par Pipangaï pour des coproductions et la réalisation de films tels que *Adama et Zombillénium*, ce dernier ayant également fait partie de la sélection officielle du Festival de Cannes.

Une expérience de création artistique en photogrammétrie et en réalité virtuelle

« La carte a beaucoup à voir avec l'art, celui de dépeindre, celui d'écrire pour décrire (littérature) ou pour noter (musique) » (Gilles A.Tiberghien).

Pour mémoire, en 1997, Roger Pic, photographe de renom, ancien grand reporter, alors âgé de soixante-dix-sept ans, assure sur l'île de La Réunion, pour le compte de l'ILOI, l'encadrement d'une formation audiovisuelle numérique. Lui qui, tout au long de sa longue carrière aura bourlingué dans des lieux souvent improbables, devant s'accommoder d'un matériel cinéma et son encombrant, lourd et difficile d'entretien, avait à cette occasion eu l'immense joie de partager avec une génération de talents émergents son émerveillement devant la liberté que le numérique offrait déjà aux artistes, aux reporters et aux professionnels de l'audiovisuel, en général.

Dans une petite vidéo qu'il a réalisée sur l'exposition de sculptures que je présentais à ce moment-là dans un hangar des quais du port, je m'exprimais déjà ainsi : « mes sculptures et moi parlons de voyage et d'aller à la recherche du Nord, là où on dialectise, là où on problématise, où nous ne serons peut-être jamais du voyage. Mais, à l'heure du numérique, nous espérons bien que nous, qui sommes du Sud, pourrons enfin participer au débat ».

Depuis, grâce aux avancées réalisées et aux résultats des travaux de recherche sur la photogrammétrie, je me suis donné les moyens d'organiser une exposition en réalité virtuelle (VR), « Jeu de Dames ».

Pour l'organisation de cette exposition, j'ai été aidé principalement par Jean-François Lépinay, un développeur indépendant (société Bubblefish) qui est formateur à l'ILOI. Il a également participé pour le compte de l'ILOI aux côtés de XD Productions aux recherches appliquées nécessaires à la validation des travaux de recherche du studio Recover 3D. Jean-François Lépinay travaille également au sein d'un espace de *coworking*, un incubateur de projets qui réunit des auto-entrepreneurs et d'anciens stagiaires



« Caméra utilisée pour la capture de mouvements de personnages réels au sein d'une structure appelée le Cyberdôme (réalisation de productions VR (réalité virtuelle) et AR (réalité augmentée), ainsi que de vidéos volumétriques). »

en jeu vidéo ou en animation 3D de l'ILOI. Il s'agit ici de disposer d'une masse critique de compétences pour être capable de générer une dynamique en matière de recherche-crédation-production.

Cette exposition, qui a été présentée en février 2018 à Paris, à l'initiative d'une association proche de l'Unesco (Mémoire de l'Avenir), est une cartographie en 3D d'un échiquier qui, pour le moment, se présente sous la forme d'un carré de 15 mètres sur 15 ; une fois terminé, ses dimensions seront de 30 mètres sur 30. Il se présente comme un objet flottant dans l'espace et bordé sur deux de ses côtés par une tapisserie de 30 mètres de long et de 3 mètres de hauteur.

Sur l'échiquier sont disposées des sculptures, pour le moment au nombre de seize, dont plus de la moitié sont des pièces physiques ayant fait l'objet d'un traitement en photogrammétrie, alors que les autres sont des pièces modélisées en 3D traditionnel. Chacune de ces pièces fait sens et, comme sur la scène de la vie, elle pourrait faire sens autrement, par interaction avec l'autre. Elles sont de type humanoïde (un « peuple en devenir ») : elles sont pour la majeure partie de taille humaine, mais certaines peuvent mesurer plus de trois mètres et peser plusieurs centaines de kilos.

Les avantages d'un tel dispositif résident dans le fait qu'il permet :

- de faire voyager en temps réel une exposition qui était jusque-là entravée par son insularité ;
- à partir d'un espace d'une dizaine de mètres carrés à peine, à tout visiteur muni d'un casque de réalité virtuelle (VR) de réaliser une visite immersive complète des 225 m² de l'exposition, avec la possibilité de tourner autour de chacune des pièces sculpturales ;
- d'avoir une relation nouvelle et particulière par rapport à l'œuvre. En effet, vous avez l'espace d'exposition, les œuvres et les commentaires pour vous tout seul. De plus, les œuvres offrant leur transparence se laisseront habiter, elles permettront même au visiteur de découvrir l'exposition dans sa globalité au travers de

la translucidité de leur propre matière. C'est le cas, par exemple, de l'une des pièces, celle dénommée « Dame voilée et dévoilée », qui a été réalisée en hommage à Georges Wolinski, victime de la folie humaine dans les locaux de Charlie Hebdo, lequel fut également l'invité de l'ILOI en 2012 et avec qui Pipangai travailla sur un projet de film. Après avoir tombé tous les voiles restait encore à la Dame la pudeur. De ce fait, la sculpture nous dit : « Et si la vraie nudité était la transparence, et si elle était en verre et contre tous ? »

Aujourd'hui, il est déjà envisageable de rendre possible pour tout un chacun de réaliser dans l'immédiateté une visite virtuelle de cette exposition, partout dans le monde. Au moment de la parution de cet article dans *Les Annales des Mines*, les lecteurs intéressés pourront même (peut-être) se prêter au jeu (www.jeudedames.re).

Une visite de l'exposition en 3D sous la forme d'un jeu vidéo et utilisant des géodispositifs est en cours de développement afin de permettre à tous ceux qui ne disposeraient pas encore d'un casque VR de pouvoir quand même en profiter.

Nous concluons en observant que grâce aux performances et aux perspectives de nouveaux usages qu'offrent ces cartographies reconstituées en 3D par le biais de la photogrammétrie ainsi qu'aux visites réalisées en immersion VR, tout territoire est désormais à même de préserver et de valoriser son patrimoine. En dépit de l'étroitesse de son territoire et de son isolement géographique, l'île de La Réunion, à l'instar de beaucoup d'autres

petits territoires, peut nourrir plus que jamais ses rêves de « pays de l'utopie » à la condition de croire et d'investir encore et encore dans la formation de ses talents.

Références bibliographiques

FUA P. (1991), "A parallel stereo algorithm that produces dense depthmaps and preserves image features", RR-1369, Inria, [inria-00075191](https://hal.inria.fr/inria-00075191), version 1.

FAUGERAS O. & KERIVEN R. (1996), "Variational Principles, Surface Evolution, PDE's, Level Set Methods and the Stereo Problem", RR-3021, Inria, <https://hal.inria.fr/inria-00073673>

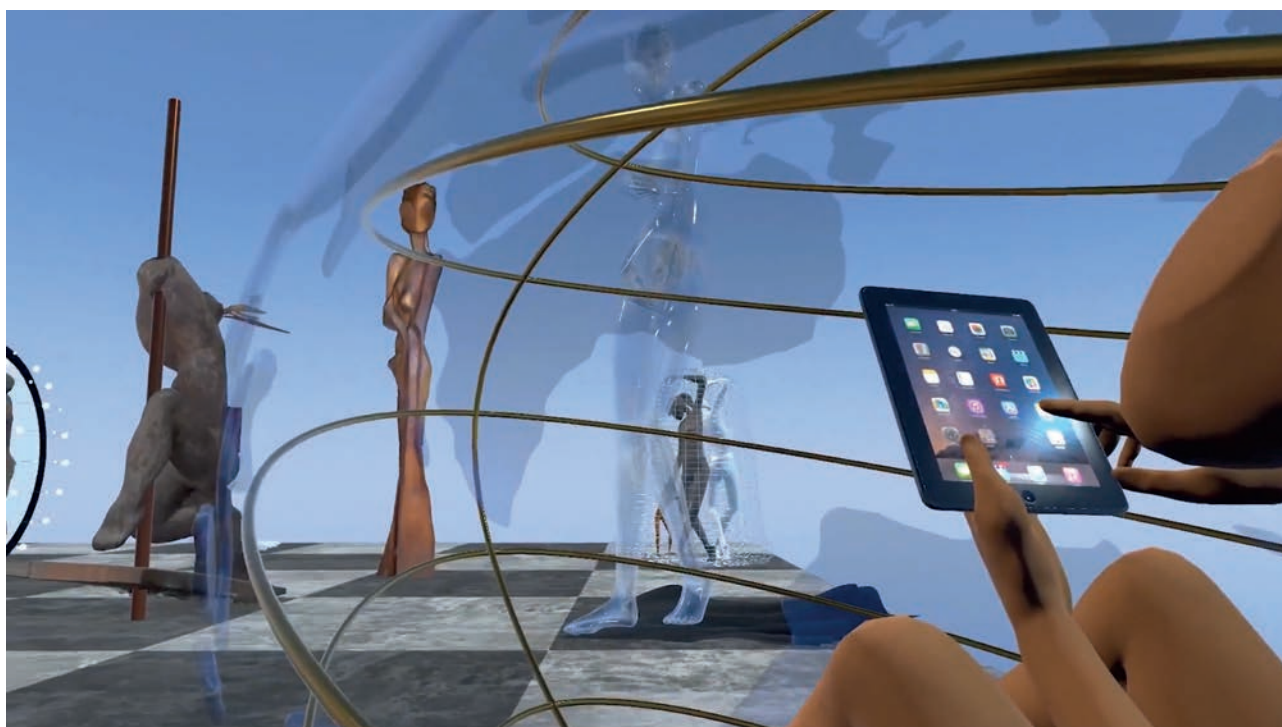
PRÉVOST S., NIQUIN C., CHAMBON S. & GALES G., *Stéréo-corrélation, profondeur et disparité*, CRESTIC.

NIQUIN C., *Reconstruction du relief et mixage réel virtuel par caméra relief multi-points de vues*, CRESTIC.

SÉRAPHINE Alain, « Jeu de Dames », www.jeudedames.re. Réalisation technique : Lépinay (Jean-Francois) (Jeff.lepinay@gmail.com), Bubblefish Entertainment (2018).

Exposition Alain Séraphine. Petite vidéo de Roger Pic (1997) visualisable à l'adresse suivante : <https://www.youtube.com/watch?v=A8dRI2vDILw>

TIBERGHEN Gilles A., « Poétique et rhétorique de la carte dans l'art contemporain », *L'Espace géographique*, 2010/3 (tome 39), pp. 197-210 (DOI : 10.3917/eh.393.0197), www.cairn.info/revue-espace-geographique-2010-3-page-197.htm



Extrait du petit film de présentation de l'exposition en réalité virtuelle, « Jeu de Dames » (www.jeudedames.re). Vidéo réalisée par Roger Pic.