

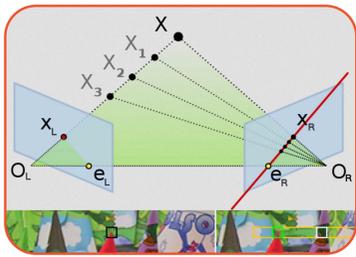
# Reconstruction 3D améliorée par réseau de neurones

CHERCHEUR PRINCIPAL ET COURRIEL :  
Olivier Leclerc  
leclerc.olivier@cdrin.com

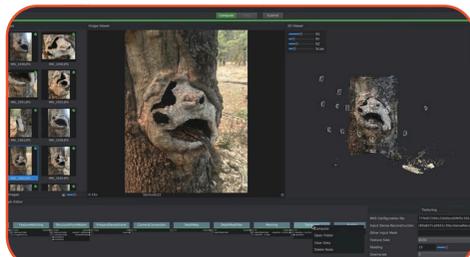
ÉQUIPE DE RÉALISATION :  
Pierre Lalancette, Mylaine Côté, Aly Henry

## Mise en contexte

La problématique du projet réside dans la nécessité d'améliorer l'étape cruciale de l'estimation de cartes de profondeur par correspondance stéréo dans le domaine de la photogrammétrie, en particulier pour des scénarios complexes tels que la reconstruction d'épaves sous-marines. Cette étape est essentielle pour obtenir des modèles 3D de haute qualité, mais elle présente des limitations lorsque les images sont dégradées. Le projet a été initié en réponse à ce défi technique et est mené par le CDRIN, en partenariat avec l'Institut de recherche en histoire maritime et archéologie subaquatique (IRHMAS). L'objectif principal de la recherche est d'explorer des approches basées sur l'apprentissage profond, en utilisant des réseaux de neurones, pour surpasser les limites des méthodes traditionnelles et améliorer la reconstruction 3D. Ce projet vise à répondre à un besoin spécifique dans le secteur de la créativité numérique, en permettant des résultats plus précis et complets pour des applications variées, de l'archéologie à l'industrie du divertissement.



Principe de la vision stéréo (perception de la profondeur), autant pour les humains que la machine



Exemple de session de travail dans le logiciel Meshroom

## Valeur ajoutée de la collaboration

La collaboration entre le CDRIN et le programme d'Animation 3D et synthèse d'images du Cégep de Matane (avec l'enseignant Pierre Lalancette et l'étudiant de troisième année, Aly Henry) débouchera sur l'élaboration d'une nouvelle méthodologie afin de faciliter la fabrication de scènes 3D et d'actifs virtuels. Le résultat du procédé pourrait amener à de meilleures numérisations 3D, utilisables sans une étape de reconstruction complète, permettant la création de décors ou d'objets rapidement et efficacement pour le film et le jeu vidéo. De plus, de nouveaux procédés de génération de données de synthèse devront être élaborés pour simuler des environnements hostiles à la capture d'images dans le contexte de l'entraînement des modèles d'IA.

## Résultats

Le projet est encore en cours, mais les résultats préliminaires sont une intégration fonctionnelle d'un module dans Meshroom. Le modèle généraliste fonctionne. Les scènes 3D sont presque terminées et l'entraînement spécifique aux milieux sous-marins sera réalisé sous peu. Au final, on pourra augmenter de façon significative la précision de la reconstruction sous-marine, et potentiellement utiliser la même méthodologie pour d'autres environnements par la suite.

## Autres transferts potentiels

L'enseignant Pierre Lalancette du programme d'Animation 3D et synthèse d'images du Cégep de Matane, et l'étudiant de troisième année, Aly Henry ont été impliqués dans ce projet. Ils ont contribué à la création des données synthétiques nécessaires à l'entraînement du modèle d'IA.

Ce type de données, pour le milieu qui nous intéresse, est pratiquement inexistant, et donc d'une grande valeur pour le projet.

## Suite idéale au projet

La nouvelle technologie de champs de radiance neuronales (NeRFs) pourrait être explorée et mise à profit pour créer encore plus d'opportunités avec la photogrammétrie.

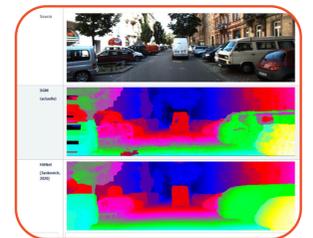
## Financement

Le projet a été financé par le Programme d'aide à la recherche et au transfert (PART) du ministère de l'Éducation du Québec.

## Hypothèse de départ et risque

L'hypothèse initiale est que les techniques traditionnelles d'estimation de profondeur sont supplantées en termes de précision par de nouvelles techniques mises de l'avant par la recherche. Ces techniques, à base d'intelligence artificielle, considèrent le problème de bout en bout, au moyen de modèles entraînés à prendre les décisions optimales sur des données réelles. Ces idées ont tout intérêt à être intégrées rapidement dans les logiciels de photogrammétrie.

Les résultats de la recherche étant évalués en laboratoire, le risque est que la précision ne soit pas au rendez-vous pour des images réelles dans des environnements variés. On doit entraîner le modèle à l'aide d'images représentatives des scènes où il sera utilisé. De plus, l'IA peut s'avérer très gourmande en ressources, ce qui pourrait limiter son impact.



Amélioration attendue de la carte de profondeur

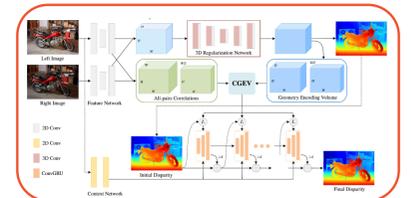


Diagramme de la méthode de perception de profondeur choisie (IGEV)

## Méthodologie

Une fois la recherche terminée et le modèle sélectionné, on doit l'implémenter à même un logiciel de photogrammétrie existant. Grâce à son architecture conviviale, et pour maximiser l'utilité pour l'apprentissage, nous avons choisi le logiciel à code source ouvert Meshroom.

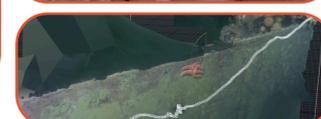
De l'autre côté, nous avons choisi les environnements sous-marins comme objectif. Des scènes 3D ont été conçues et modélisées pour en faire des données synthétiques. Celles-ci ont ensuite été utilisées pour entraîner le modèle d'IA.



Image synthétique tirée du travail de l'équipe de modélisation



Trous apparents dans la reconstruction d'une surface devant être continue



Une section reconstruite de l'épave du Scotsman

## Impact sur le développement durable

La reconstruction 3D de qualité est devenue une nécessité dans la production d'outils appuyant les scientifiques dans leur recherche, mais aussi dans la vulgarisation des avancées scientifiques, par exemple avec la réalisation d'expériences immersives (écoles, musées, expositions). Actuellement, l'équipement requis pour réaliser des numérisations de qualité est coûteux, et le processus de capture et de reconstruction est laborieux. Face à cela, la solution proposée par le CDRIN démocratise l'accès pour les plus petites entreprises et organisations. Étant donné le choix d'un outil ouvert comme Meshroom, le potentiel de transfert au milieu est très fort et potentiellement d'intérêt mondial.

## Impact du projet (pour les partenaires, autres transferts potentiels)

Le CDRIN offre à sa clientèle la possibilité de numériser des éléments du monde réel de manière plus rapide et qualitative. Cette avancée technologique trouve également des applications dans des domaines tels que l'aménagement du territoire, l'ingénierie, l'industrie manufacturière, l'archéologie et la muséologie. Le CDRIN a déjà mené des projets tels que la numérisation de costumes historiques à des fins d'archivage et de diffusion; la numérisation de parties du corps pour permettre la fabrication d'orthèses sur mesure; et la capture numérique de zones côtières et de mines à ciel ouvert comme supports pédagogiques. Le CDRIN a aussi numérisé une épave pour soutenir la recherche archéologique et sa mise en valeur muséale. En collaboration avec ses partenaires, le CDRIN poursuit le développement de projets similaires, nécessitant une méthode de reconstruction encore plus robuste et fiable, étant donné le caractère onéreux et précieux des images à traiter.