

## Procedural underwater 3D scenes generation for submarine robotic exploration

**Supervisors:** Noura Faraj (noura.faraj@lirmm.fr), computer graphics, ICAR, LIRMM

Karen GODARY-DEJEAN (karen.godary-dejean@umontpellier.fr), robotics, EXPLORE, LIRMM.

**Location:** LIRMM, 860 rue de Saint Priest, 34095 Montpellier.

**Duration:** 6-month, Master 2 in Computer Science internship.

**Requirements:** Good programming skills (C++), notions of computer graphics (OpenGL, GLSL).

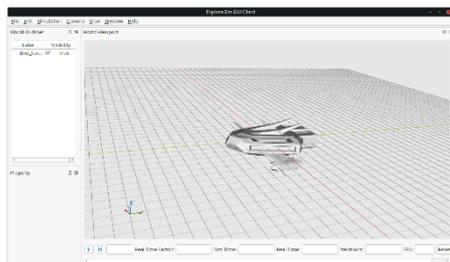
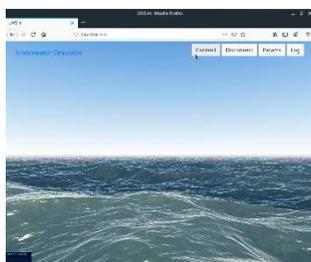
**PhD perspectives:** contingent to funding, and the fit between the topic and the student, a PhD position could be offered following the internship.

### Context

This internship is part of a collaboration between the EXPLORE (Robotics) and ICAR (IT) teams of LIRMM, and marine biologists from CUFR de Mayotte and UMR MARBEC. In this context, the underwater robot is a tool at the service of biologists, carrying sensors for the recovery of data on marine biodiversity. Robots allow to obtain **data at large scales**, over long periods of time and in previously inaccessible locations. In particular, the robot can acquire data (tens of millions of points captured in a few minutes) allowing the 3D reconstruction of a reef, for example by photogrammetry. We therefore wish to use a 3D simulator to verify the robot behavior performing autonomous missions in complex, dynamic and partially unknown environments [1]. The underwater environment is particularly complex to simulate realistically because it requires to manage and process a **large amount of data in real time**: a large virtual world (seabed to explore), complex static objects (coral potatoes, wrecks ...) and animated (fish, algae, driftnets ...) all visualized interactively in an aquatic environment (simulation of complex fluid for rendering and animation).

### Topic

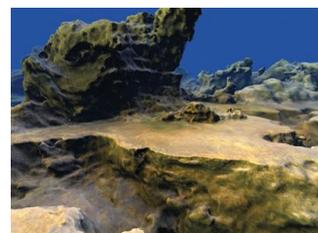
During a previous internship, a simulator prototype was developed [2]. The goal of this work is to extend it by integrating real and realistic high-resolution models of the underwater environment. For this, we propose to use data provided by biologists for instance 3D models of coral reefs in Mayotte: around **twenty 3D**



**reconstructions of a few hundred million points** are already available and 5 to 10 models will be acquired during new explorations scheduled for April. As a first step, we will propose methods allowing to make these models usable for simulations while preserving the strict constraint of interactivity. To do so, we will set up a level

of detail (LOD) system adapted to seabed data (resolution for the essential characteristics of the model defined thanks to the expertise of biologists / roboticists). This will allow physics calculations (collisions, response to simulated sensors, etc.) to be performed on low-resolution data and display a high-resolution visual model.

Working only on acquired models does not use the full potential of a simulator. Indeed, we want to be able to anticipate complex scenarios (topology of the region to be explored) and validate the robot's behavior to ensure its safe navigation. For this, the work will focus, as a second step, on the procedural generation of content [3] to **create 3D models** of realistic, complex, large and rich underwater environments automatically thanks to **original generative methods** using a set of rules deduced from existing models.



The proposed techniques will be implemented in the aforementioned simulator. The goal of this internship is to make usable the large volumes of data acquired from the seabed and to explore a first procedural generation approach. This internship will be anchored in a multidisciplinary scientific research project **and may be followed by a doctoral thesis** on the problems of generating 3D data of the marine environment (static and then animated flora and fauna).

# Génération procédurale d'environnements sous-marins 3D animés pour la robotique

**Encadrantes** : Noura Faraj (noura.faraj@lirimm.fr), informatique, ICAR, LIRMM et

Karen GODARY-DEJEAN (karen.godary-dejean@umontpellier.fr), robotique, EXPLORE, LIRMM.

**Lieu** : LIRMM, 860 rue de Saint Priest, 34095 Montpellier.

**Durée** : 6 mois, stage de Master 2 en informatique.

**Prérequis** : Bonnes compétences en C++, notions de programmation graphique (OpenGL, GLSL).

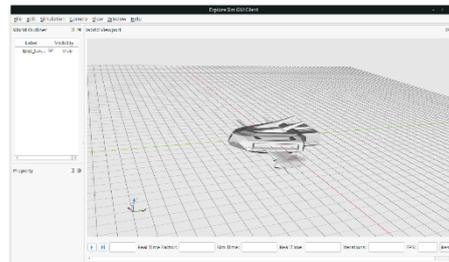
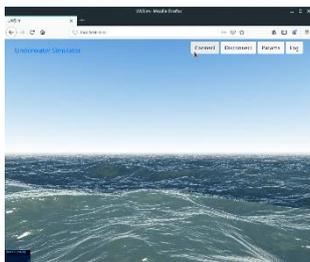
**Poursuite en thèse** : suivant la disponibilité du financement et de l'adéquation du candidat au sujet, nous proposerons un sujet de thèse dans la continuité du stage.

## Contexte

Ce stage s'inscrit dans le cadre d'une collaboration entre les équipes EXPLORE (Robotique) et ICAR (Informatique) du LIRMM, et des biologistes marins du CUFR de Mayotte et de l'UMR MARBEC. Dans notre contexte, le robot sous-marin est un outil au service des biologistes, porteur de capteurs pour la récupération de données sur la biodiversité marine. Les robots permettent d'obtenir des **données à grandes échelles**, pendant de longues périodes et dans des lieux jusqu'alors inaccessibles. En particulier, le robot peut acquérir des données permettant la reconstruction 3D d'un récif (dizaines de millions de points capturés en quelques minutes), par exemple par photogrammétrie. Nous souhaitons donc utiliser un simulateur 3D pour vérifier a priori le comportement du robot effectuant des missions autonomes en environnements complexes, dynamiques et partiellement inconnus [1]. L'environnement sous-marin est particulièrement complexe à simuler de façon réaliste car il faut gérer et traiter en temps réel une **grande quantité de données** : un monde virtuel de grande taille (fonds à explorer), des objets complexes statiques (patates de corail, épaves...) et animés (poissons, algues, filets dérivants...) le tout visualisé interactivement dans un milieu aquatique (simulation de fluide complexe pour le rendu et l'animation).

## Problématique

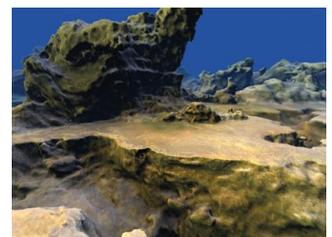
Lors d'un stage précédent, une base logicielle de simulateur a été développée [2]. La suite de ces travaux est de l'enrichir pour permettre l'intégration de modèles réels et réalistes haute résolution des fonds marins. Pour cela, nous proposons d'utiliser des données fournis par les biologistes de modèles 3D des récifs coralliens de Mayotte : une **vingtaine de reconstructions 3D de quelques centaines de millions de points** et **5 à 10 modèles**



seront acquis lors de nouvelles explorations prévues en avril. Dans un premier temps, il faudra proposer des méthodes permettant de rendre ces modèles utilisables pour les simulations tout en préservant la **contrainte strict** d'interactivité. Pour cela, nous mettrons en place un système de niveaux de détails (LOD) adapté aux données de fonds

marins (résolution pour les caractéristiques essentielles du modèle définies grâce à l'expertise des biologistes/roboticiens). Cela permettra d'effectuer les calculs de la physique (collisions, réponse aux capteurs simulés...) sur des données basse résolution et d'afficher un modèle visuel haute-résolution.

Le fait de travailler uniquement sur des modèles acquis ne permet pas de tirer profit au maximum de l'utilisation d'un simulateur. En effet, nous souhaitons pouvoir anticiper des scénarios complexes (topologie de la région à explorer) et valider le comportement du robot pour assurer sa navigation sûre. Pour cela nous travaillerons dans un second temps sur la génération procédurale de contenu [3] pour **créer des modèles 3D** d'environnements sous-marins variés, réalistes, complexes, grands et riches automatiquement grâce à des **méthodes originales génératives** en utilisant un ensemble de règles déduites des modèles existants.



Les techniques seront **implémentées dans le logiciel de simulation** mentionné. Le but de ce stage est de rendre utilisables les grands volumes de données acquises de fonds marins et d'explorer une première approche de génération procédurale. Ce stage s'ancrera dans un projet de recherche scientifique pluri-disciplinaire et **pourra être suivi d'une thèse de doctorat sur les problématiques de génération de données 3D d'environnement marin** (fond, faune et flore statique puis animée).

- [1] **Virtual Worlds for Testing Robot Navigation: a Study on the Difficulty Level.** Thierry Sotiropoulos, Jérémie Guiochet, Félix Ingrand, Hélène Waeselynck. *In Proceedings of the European Dependable Computing Conference (EDCC 2016)*.
- [2] **Simulateur temps réel 3D de fonds marins pour la robotique,** Yang Chen, *rapport de stage* 2019.
- [3] **Data-driven authoring of large-scale ecosystems.** Kapp, Konrad, et al. *ACM Transactions on Graphics (TOG 2020)*.