

## DETECTION PAR SATELLITE DU BLANCHISSEMENT DES RECIFS CORALLIENS

### ENCADREMENT PROJET

- **Coordinateur** : Sébastien Travadel et Franck Guarnieri
- **Encadrants** : Sébastien Travadel, Luca Istrate et Philippe Blanc
- **Centre (s) de recherche concerné (s)** : CRC, OIE
- **Lieux** : Sophia-Antipolis

### RESUME

Les récifs coralliens, lieux majeurs de la biodiversité marine, sont fortement menacés par les épisodes de blanchissement à répétition. Pour autant, il n'existe pas de cartographie à grande échelle de leur état. Le recours aux satellites, couplé à des algorithmes d'apprentissage statistique pour l'identification automatique des zones critiques, paraît une piste intéressante. Cependant, l'entraînement de ces algorithmes s'appuie sur des quantités importantes de données, représentatives d'un large spectre de conditions de prise de vue. En comparaison, peu d'images satellites et de relevés *in situ* sont disponibles, compte-tenu des difficultés d'acquisition. Afin de pallier ce manque de données, les centres de recherche CRC et OIE de Mines Paris développent depuis plus de deux ans un simulateur d'images satellites, destiné à être mis à disposition de la communauté océanographique avec le concours du CNES.

### CONTEXTE ET PROBLEMATIQUE

Les récifs coralliens abritent environ vingt-cinq pourcents de la biodiversité marine et font vivre cinq cents millions de personnes directement. Pourtant, ils sont en passe de disparaître à travers le monde d'ici dix ans, agressés par des épisodes de blanchissement à répétition provoqués par le réchauffement de l'Océan. Afin de mieux cerner les mécanismes de résilience développés par certains types de coraux et, lorsque cela est possible, de mettre en œuvre des mesures d'urgence de préservation, il est nécessaire de cartographier le phénomène systématiquement à grande échelle. L'utilisation à la d'images satellite civiles, qui couvrent de larges régions jusqu'à des résolutions de l'ordre de 50 cm, ainsi que des algorithmes de *Machine Learning* pour la segmentation et l'identification des zones blanchies, pourrait fournir une solution efficace.

L'entraînement d'algorithmes d'apprentissage statistique nécessite toutefois des volumes importants de données qualifiées, pour couvrir un large spectre de conditions opérationnelles qui déterminent les propriétés de l'image (caractéristiques optiques du ciel, état de la surface de l'eau, composition de la colonne d'eau, nature du fond, etc.). Or, la disponibilité limitée des constellations satellites rend impossible une collecte de données à l'échelle requise. Afin de dépasser cette limitation et compte tenu des nombreuses autres applications possibles pour la surveillance de l'Océan, les centres de recherche CRC et OIE de Mines Paris développent depuis plus de deux ans, avec le concours des élèves de l'école, un simulateur d'images des satellites, qui a déjà montré des résultats prometteurs pour la détection de pollutions de surface.

Le MIG OCEAN vise désormais à tester la possibilité d'identifier automatiquement des zones sous-marines de récifs coralliens blanchis, à partir des images très haute-résolution Pléiades. Pour cela, les élèves devront compléter le simulateur par des modules de propagation des rayons lumineux depuis la surface de l'eau jusqu'au fond, intégrant l'absorption et les différents types de diffusion par les particules en suspension, ainsi que les propriétés de réflexion des récifs coralliens.

## OBJECTIFS ET ORGANISATION

L'objectif est d'évaluer dans quelle mesure une cartographie du blanchissement du corail pourrait être mise à disposition des océanographes à partir des images de la constellation Pléiades. Dans cette perspective, les élèves devront s'organiser pour, collectivement :

- réaliser (en Python) les modules de simulation de propagation sous-marine et les intégrer au simulateur de propagation de surface ;
- générer un jeu massif d'images synthétiques contenant divers fonds (notamment des coraux blanchis ou non) et selon des conditions opérationnelles variées, puis entraîner des algorithmes d'apprentissage statistique sur ces données ;
- tester leur performance sur des images d'archives de zones pour lesquelles le CRILOBE a effectué des relevés *in situ* (Polynésie).

*Le rendu du MIG OCEAN ne sera pas un rapport, mais le code informatique lui-même, qui devra être organisé et commenté de manière rigoureuse. Un accompagnement méthodologique sera mis en place à cette fin. Une note de synthèse (trois pages) sera également remise au jury.*

## VISITES

Deux visites sont prévues, au cours desquelles une conférence par des experts sera donnée :

- le Centre Scientifique de Monaco, où seront présentés ces étranges créatures, à la fois animales, végétales et minérales, ainsi que les stress environnementaux auxquels elles font face et les enjeux de leur préservation ;
- le site de fabrication des satellites de Thalès Alenia Space (Cannes), où des ingénieurs présenteront les caractéristiques des satellites de la constellation Pléiades et les grands principes de l'imagerie satellite.

Par ailleurs, trois conférences seront organisées sur Sophia Antipolis :

- la société ACRI présentera les principes de propagation des rayons lumineux en milieu sous-marin et ses applications à l'océanographie ;
- la Fondation Tara Océan présentera ses travaux de recensement de l'état des coraux ;
- le CNES présentera l'utilisation des constellations satellites pour l'observation de l'Océan.

## MINI-PROJETS

Les élèves se répartiront en mini-groupes pour développer les modules de simulation de la propagation des rayons lumineux depuis la surface de la mer jusqu'au fonds marins, puis entraîner et tester différents algorithmes d'apprentissage statistique. Cela inclut : la création d'une scène de simulation (soit une colonne d'eau inhomogène et un relief sous-marin) ; la modélisation de l'absorption et des différents modes de diffusion par les particules en suspension ; la modélisation de la réflexion par des fonds marins de nature variée (notamment des coraux blanchis ou non) ; le test de plusieurs familles d'algorithmes d'apprentissage ; l'analyse d'images réelles pour calibrer et tester les modèles à partir de relevés effectués sur zone par des plongeurs ; l'intégration du code dans le simulateur existant. Par ailleurs, tous les élèves devront contribuer à une revue de littérature sur les moyens d'évaluation du blanchissement des coraux.

Une présentation des résultats sera en outre organisée le vendredi 8 décembre au matin devant des experts du CRILOBE, du CNES, de Tara Océan, de la société ACRI et de l'Institut Océanographique de Monaco.

**PROGRAMME PREVISIONNEL**

Date	Matin		Après-midi
<b>Dimanche 19</b>			Arrivée à Sophia Antipolis
<b>Lundi 20</b>	Conférence sur les coraux par le CRIOBE		Présentation par ACRI des modèles de propagation sous-marine
<b>Mardi 21</b>	Introduction à la génération d'images par <i>ray tracing</i>		Visite du Centre Scientifique de Monaco
<b>Mercredi 22</b>	Visite de Thalès Alenia Space (Cannes)		Présentation par le CNES des moyens de surveillance de l'Océan par satellite  Présentation par Tara Océan des activités de recensement du blanchissement du corail
<b>Jeudi 23</b>	Crash-course d'ingénierie logicielle et travaux pratiques sur les structures de données en Python		
<b>Vendredi 24</b>	Méthode bibliographique	Organisation	Premier abord des images satellite et prise en main du module de simulation existant
<b>Lundi 27</b>	Projet		
<b>Mardi 28</b>			
<b>Mercredi 29</b>			
<b>Jeudi 30</b>			
<b>Vendredi 1<sup>er</sup></b>			
<b>Lundi 4</b>	Projet		
<b>Mardi 5</b>			
<b>Mercredi 6</b>			
<b>Jeudi 7</b>	Structuration du rapport et consolidation du code / préparation de la présentation		
<b>Vendredi 8</b>	Présentation des travaux à des experts		Présentation des séquences Migs sur Sophia

**INFORMATIONS COMPLEMENTAIRES ET CONTACTS**

Les élèves seront hébergés sur Sophia Antipolis en résidence étudiante à proximité du site de l'Ecole. Le transport vers Sophia s'effectuera en train le dimanche 19 novembre, préférentiellement depuis Paris.

Pour toute information complémentaire, contacter Sébastien Travadel :

- **E-mail** : [sebastien.travadel@mines-paristech.fr](mailto:sebastien.travadel@mines-paristech.fr)
- **Tél** : 06 47 93 17 25