

## DETECTION PAR SATELLITE DES POLLUTIONS PLASTIQUES EN MER

### ENCADREMENT PROJET

- **Coordinateur** : Sébastien Travadel
- **Encadrants** : Franck Guarnieri, Luca Istrate, Philippe Blanc, Manon Nagy (3A)
- **Centres de recherche concernés** : CRC et OIE
- **Lieu** : Sophia Antipolis

### RESUME

Les découvertes récentes en biologie marine ont révélé les effets catastrophiques sur le vivant et le climat de la pollution de l'Océan par les plastiques. Pour autant, la cartographie précise de cette pollution demeure limitée. Le recours aux satellites paraît une piste intéressante, mais la mise au point d'algorithmes de détection automatique de déchets à l'aide d'apprentissage statistique requiert des bases de données d'images importantes. Pour pallier le manque de mesures *in situ*, il est proposé aux élèves du MIG OCEAN, en collaboration avec le CNES (Centre National d'Etudes Spatiales) et la Fondation Tara Océan, de développer un simulateur d'images satellite de la constellation très haute-résolution Pléiades, d'entraîner des algorithmes de segmentation sur ces images synthétiques, puis de mesurer leur performance sur des images réelles de cibles macro-plastiques immergées en mer Méditerranée. Il s'agit ainsi d'évaluer dans quelle mesure un tel outil pourrait aboutir à une cartographie en temps réel à destination des décideurs publics.

### CONTEXTE ET PROBLEMATIQUE

Les océanographes ont démontré les impacts considérables des plastiques en décomposition sur le milieu marin : contamination de l'ensemble de la chaîne trophique, bouleversement des équilibres entre espèces et, plus récemment, dérèglement de la « pompe à carbone » - ce gigantesque mécanisme par lequel l'Océan absorbe plus de 30% du CO<sub>2</sub> anthropique.

La quantification et le suivi précis de cette pollution demeurent toutefois problématiques à l'échelle des espaces maritimes. L'utilisation conjointe d'images satellite civiles, qui couvrent de larges régions jusqu'à des résolutions de quelques dizaines de centimètres, et d'algorithmes de détection à base d'apprentissage statistique (*Machine Learning*), pourrait offrir une solution efficace, du moins pour les macro-plastiques.

Si les algorithmes de *Machine Learning* ont montré leur performance pour segmenter des images, leur entraînement pour discriminer spécifiquement les déchets plastiques d'autres objets ou de l'eau nécessite des volumes significatifs de données qualifiées. Or, la disponibilité limitée des constellations de satellites et la difficulté à valider la nature des débris flottants rendent impossible une collecte de données à grande échelle. Afin de dépasser cette limitation, les centres

de recherche CRC et OIE de Mines Paris ont développé un simulateur d'images des satellites Sentinel 2 (10 m de résolution), qui a montré des résultats prometteurs.

En partenariat avec le CNES et la Fondation Tara Océan, le MIG OCEAN vise à tester une démarche similaire sur les images de la constellation très haute résolution Pléiades (50 à 70 cm de résolution). La simulation d'images à très haute résolution s'avère complexe puisqu'elle doit intégrer notamment la réfraction par les vagues de la lumière du Soleil.

## OBJECTIFS, TRAVAIL ET ORGANISATION

L'objectif est d'évaluer dans quelle mesure une cartographie de la pollution de l'Océan par les macro-plastiques pourrait être mise à disposition des décideurs publics à partir des images de la constellation Pléiades. Dans cette perspective, les élèves devront s'organiser pour, collectivement :

- réaliser (en Python) un simulateur d'images Pléiades et générer un jeu massif d'images synthétiques contenant divers débris flottants ;
- entraîner des algorithmes d'apprentissage statistique sur ces données ;
- tester leur performance sur des images inédites de cibles plastiques immergées, acquises en juin 2022 dans le cadre d'une collaboration entre Mines Paris, l'Université de la mer Egée, le CNES, et Airbus Defence & Space ;
- dresser les grandes lignes d'un outil à l'usage des décideurs publics qui pourrait être rendu disponible à moyen terme (~2 ans) dans le cadre d'un partenariat avec le CNES.

## MINI-PROJETS

Les élèves se répartiront en mini-groupes pour développer l'ensemble des fonctionnalités du simulateur d'images, puis entraîner et tester des algorithmes d'apprentissage statistique. Cela inclut : la modélisation de l'optique et du traitement du signal par les instruments de mesure du satellite ; la modélisation de la réfraction par les vagues de la lumière du Soleil ; l'entraînement de plusieurs familles d'algorithmes d'apprentissage ; le test de ces algorithmes sur des images réelles inédites ; l'optimisation du code et l'intégration en une chaîne complète. Par ailleurs, tous les élèves devront contribuer à la revue de littérature sur les sources et les effets des pollutions plastiques, ainsi qu'à la documentation du code et la rédaction d'un premier jet du rapport final. Une présentation des résultats sera organisée le vendredi 2 au matin devant des experts du CNES, de Tara Océan, de la société ACRI et de l'Institut Océanographique de Monaco.

## LES VISITES

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

- le site toulonnais de l'IFREMER, où seront présentés la flotte océanographique et ses missions ainsi que les travaux de l'institut sur la détection des pollutions ;
- 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 :

- le CNES présentera l'utilisation de Pléiades et l'écosystème dans lequel un service de détection des plastiques en mer pourrait s'inscrire à terme ;
- la Fondation Tara Océan présentera son activité ainsi qu'un état des lieux des pollutions des océans par les plastiques et leurs conséquences sur le vivant et le climat.

**PROGRAMME PREVISIONNEL**

Date	Matin		Après-midi
Dimanche 13			Arrivée à Toulon
Lundi 14	Visite de l'IFREMER (flotte océanographique)		Présentation des travaux de l'IFREMER sur la détection des pollutions. Déplacement sur Sophia Antipolis en fin de journée
Mardi 15	Présentation par Tara Océan de l'état des connaissances sur la pollution des océans par les plastiques		Présentation par le CNES de la constellation Pléiades et des services associés
Mercredi 16	Visite de Thalès Alenia Space et introduction aux modèles d'acquisition d'images satellite		Introduction à la constitution des plastiques et des processus physico-chimiques de leur dégradation
Jeudi 17	Crash-course d'ingénierie logicielle (Python)		Travaux pratiques en Python (structures de données, performance d'algorithmes de traitement d'images)
Vendredi 18	Méthode bibliographique	Organisation et prise en main de l'environnement	Première analyse des images satellite de cibles plastiques (campagne de juin 2022)
Lundi 21	Projet		
Mardi 22			
Mercredi 23			
Jeudi 24			
Vendredi 25			
Lundi 28	Projet		
Mardi 29			
Mercredi 30			
Jeudi 1 <sup>er</sup>	Préparation du rendu final (rapport et code)		Préparation des présentations
Vendredi 2	Présentation des travaux devant des experts		Présentation des séquences MIG sur Sophia

**DETAILS PRATIQUES POUR LES ELEVES / CONTACT(S)**

Le transport vers Toulon s'effectuera en train dans la journée du dimanche 13 novembre. Le transfert sur Sophia le 14 sera assuré en minibus. Le retour sur Paris le 2 décembre s'effectuera en train de nuit. Les élèves seront hébergés sur Sophia en binôme (appartements de 2 pièces), dans une résidence commune à l'ensemble des migs sophilopolitains. Pour tout renseignement complémentaire, contacter Sébastien Travadel :

**Mail :** [sebastien.travadel@minesparis.psl.eu](mailto:sebastien.travadel@minesparis.psl.eu)

**Tél :** 06 74 93 17 25