



# Stage 2021/2022 : Étude d'une architecture de traitement et de classification d'images de plancton embarquée sur un capteur intelligent autonome

Novembre 2021

## 1 description

L'objectif du stage est de réaliser l'étude d'un futur système intelligent de vision embarqué sur le capteur Underwater Vision Profiler 6. Il s'agit de mettre en œuvre des algorithmes modernes de classification d'images (e.g. réseaux convolutionnels) tout en respectant des contraintes fortes sur la consommation énergétique. L'amélioration des performances attendue grâce à ces outils permettra d'obtenir des données plus nombreuses et plus fiables sur le plancton et la neige marine dans les océans, qui participent à la régulation du climat via la séquestration de carbone. Ce stage associe l'expertise en vision et IA du LIP6 (Paris) [4] et celle en capteurs et plancton du LOV (Villefranche-sur-mer).

Le plancton et les particules de « neige marine » sont impliqués dans un mécanisme important de séquestration du CO<sub>2</sub> atmosphérique et donc de régulation du climat : la pompe biologique à carbone. La caractérisation de cette pompe en termes de flux de particules se fait de plus en plus par des instruments d'imagerie in situ, au premier rang desquels se trouve l'Underwater Vision Profiler 5 [3], développé au LOV. Ces imageurs capturent en outre des informations sur les taxa de plancton associés [1], permettant d'inférer leur influence dans ce processus. Mais l'UVP5 doit être déployé depuis un navire et ses capacités d'échantillonnage de l'océan mondial sont donc limitées. L'UVP6 est l'évolution de ce capteur en une version miniaturisée, qui peut être déployée sur des robots dérivant de façon autonome entre 2000m et la surface pendant 4 ans, dans l'océan. Il ouvre ainsi des possibilités immenses en termes de couverture spatio-temporelle. Cependant, cela implique que le traitement des images pour isoler puis trier les objets vus en différents groupes taxonomique doit être fait dans le capteur, avec très peu d'énergie, et sans vérification avant qu'une information résumée soit envoyée par satellite. La première version de l'UVP6 est commercialisée, vendue à plus 35 unités en moins d'un an, et embarquera bientôt un modèle de mesure et de classification des objets imagés assez minimaliste, dont les performances sont largement améliorables. L'objectif de ce stage est de préparer la prochaine version du capteur, en ce qui concerne l'approche de traitement et de classification des images et en guidant les développements matériels poten-

tiellement nécessaires. Pour cela, l'expérience acquise par le LIP6 en design de capteurs à faible énergie et en traitement d'images embarqué dans le cadre du développement de la capsule endoscopique Cyclope [2] sera mise à profit. Il s'agira d'évaluer des approches de filtrage de bruit et d'étiquetage en composantes connexes pour l'isolation des objets puis de classification, notamment par réseaux de neurones convolutionnels (CNNs). La contrainte la plus forte sera d'exécuter ces étapes, et notamment la dernière, de classification, avec une consommation énergétique minimale, le capteur fonctionnant exclusivement sur batterie pendant plusieurs années. L'objectif fixé est à 0.1W pour une acquisition à 0.1Hz. La plupart des architectures de CNNs conventionnelles sont donc exclues. Il s'agira de simplifier des architectures déjà peu gourmandes et/ou d'explorer des approches de knowledge distillation pour réduire drastiquement la taille du réseau. Il faudra ensuite étudier les approches matérielles et logicielles (FPGA et microprocesseurs) permettant, à terme, d'implémenter ces réseaux réduits dans le capteur. Le début de stage sera dédié à la familiarisation avec le capteur, le contexte écologique, et l'approche existante de classification (ainsi que les tests préliminaires associés). Ensuite viendra une phase de développement des algorithmes, de leur apprentissage et de leur évaluation, sur la base d'un jeu de données d'images labellisées fourni par le LOV. Enfin, viendra la phase d'étude des architectures matérielles et de simulation du coût énergétique de différentes approches.

## 2 Références

- [1] J.-O. Irisson, S.-D. Ayata, D. J. Lindsay, L. Karp-Boss, and L. Stemmann. Machine learning for the study of plankton and marine snow from images. *Annual Review of Marine Science*, 14, 2021.
- [2] C. Orlando, P. Andrea, D. Xavier, and G. Bertrand. A low power and real-time architecture for hough transform processing integration in a full hd-wireless capsule endoscopy. *IEEE Transactions on Biomedical Circuits and Systems*, 14(4):646–657, 2020.
- [3] M. Picheral, L. Guidi, L. Stemmann, D. M. Karl, G. Iddaoud, and G. Gorsky. The underwater vision profiler 5: An advanced instrument for high spatial resolution studies of particle size spectra and zooplankton. *Limnology and Oceanography: Methods*, 8(9):462–473, 2010.
- [4] H. Touvron, M. Cord, M. Douze, F. Massa, A. Sablayrolles, and H. Jégou. Training data-efficient image transformers & distillation through attention. In *International Conference on Machine Learning*, pages 10347–10357. PMLR, 2021.

### 3 Lieu et Moyens :

Le stage se déroulera principalement au LIP6 à la faculté des Sciences de Sorbonne Université, mais des voyages entre Paris et Villefranche-sur-mer sont prévus pour assurer à l'étudiant(e) une bonne connaissance des deux aspects du stage (informatique et écologie). Le suivi plus régulier par les encadrants sera réalisé par visio-conférence. En fonction des résultats obtenus, nous avons comme objectif de valoriser les travaux du stage sous forme de publication dans un congrès international.

Le stagiaire disposera de serveur de calcul de type PC avec Linux comme systèmes d'exploitation et de l'ensemble des outils nécessaires à la réalisation de son stage : compilateur et outils de conception FPGA et microprocesseur

### 4 Contacts :

#### Au LIP6 :

Bertrand Granado, Andrea Pinna  
Sorbonne Université - Laboratoire d'Informatique de Paris 6  
4, Place Jussieu  
75252 Paris Cedex 05  
Téléphone : +33 (0)1 44 27 96 33  
Mél: Bertrand.Granado@sorbonne-universite.fr, Andrea.Pinna@sorbonne-universite.fr

#### Au LOV :

Jean-Olivier Irisson  
Sorbonne Université - Laboratoire d'Océanographie de Villefranche  
2 Quai de la Corderie  
06230 Villefranche-sur-Mer  
Téléphone: +33 (0)4 93 76 38 04  
<http://obs-vlfr.fr/irisson/>