



**HAL**  
open science

## Capteur de cap basé sur les variations de propriété d'une lame d'onde avec l'incidence

Léo Poughon, Jocelyn Monnoyer, Stéphane Viollet, Vincent Aubry, Julien Serres

### ► To cite this version:

Léo Poughon, Jocelyn Monnoyer, Stéphane Viollet, Vincent Aubry, Julien Serres. Capteur de cap basé sur les variations de propriété d'une lame d'onde avec l'incidence. 18ème Journée de l'École Doctorale Sciences du Mouvement Humain ED463 (JEDSMH 2023), May 2023, Montpellier, France. , 2023. <hal-05357554>

**HAL Id: hal-05357554**

**<https://hal.science/hal-05357554v1>**

Submitted on 10 Nov 2025

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire HAL, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons CC BY-NC 4.0 - Attribution - Non-commercial use - International License

# Capteur de cap basé sur les variations de propriété d'une lame d'onde avec l'incidence

Léo PUGHON (4A),<sup>1,2</sup> Jocelyn MONNOYER<sup>1,2</sup>, Stéphane VIOLLET<sup>1</sup>, Vincent AUBRY<sup>2</sup>, and Julien R SERRES<sup>1,3</sup>

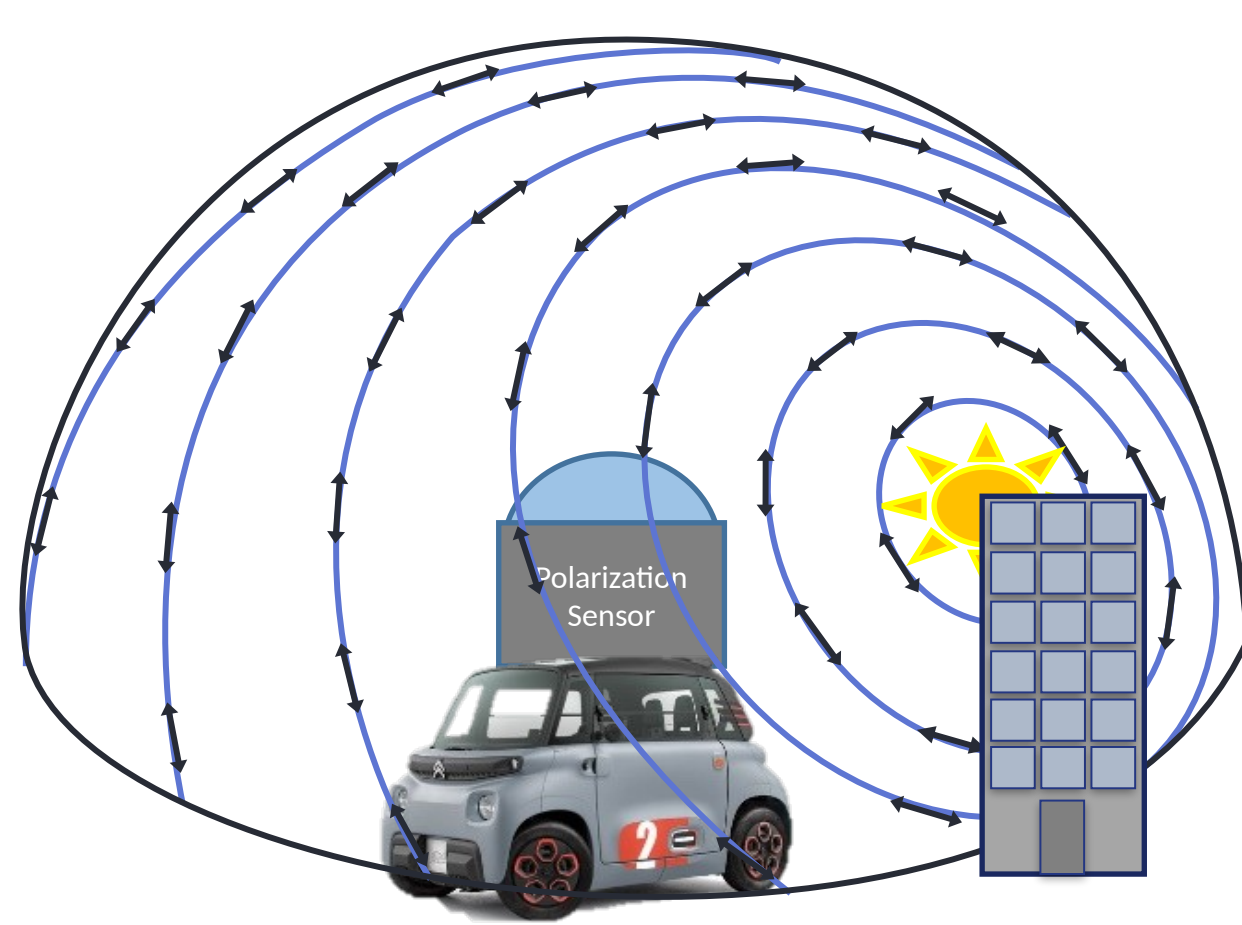
<sup>1</sup>Aix Marseille Univ., CNRS, ISM, Marseille, France

<sup>2</sup>Stellantis, Velizy-Villacoublay, France

<sup>3</sup>Institut Universitaire de France, Paris, France

## Contexte

Dans la nature, certains **fourmis du désert** [1] sont capables de **naviguer sans GPS** en utilisant un cap estimé de la position du soleil en mesurant la polarisation diffusée par le ciel.

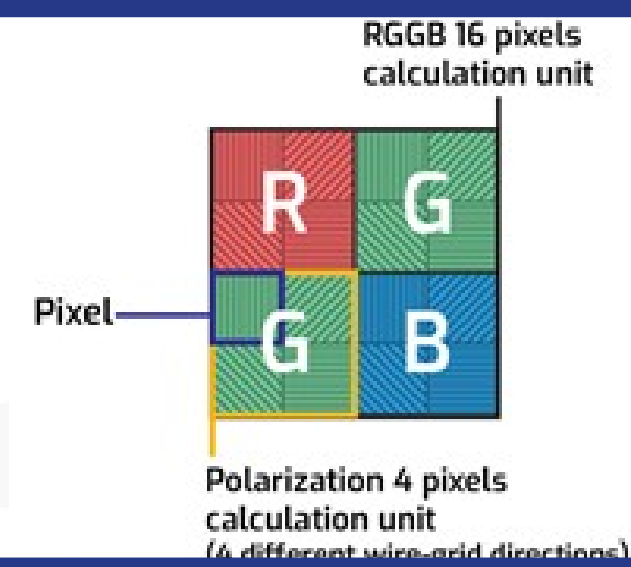


Peut-on nous aussi utiliser cette information pour améliorer la localisation des voitures autonomes ?

**But : Estimer son orientation en se basant sur la polarisation de la lumière diffusée du ciel**

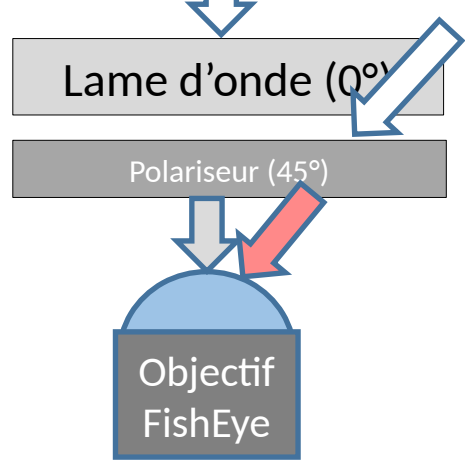


Dans la littérature, des capteurs utilisant des matrices de micro-polariseurs (mono ou avec un filtre de Bayer couleur) "DoFP" sont de plus en plus utilisés mais coûtent encore très cher (~2000€)



## Simulation du phénomène optique

Idee : **Utiliser les variations de retard d'une lame d'onde avec l'incidence** pour réaliser un capteur de cap **bas coût**

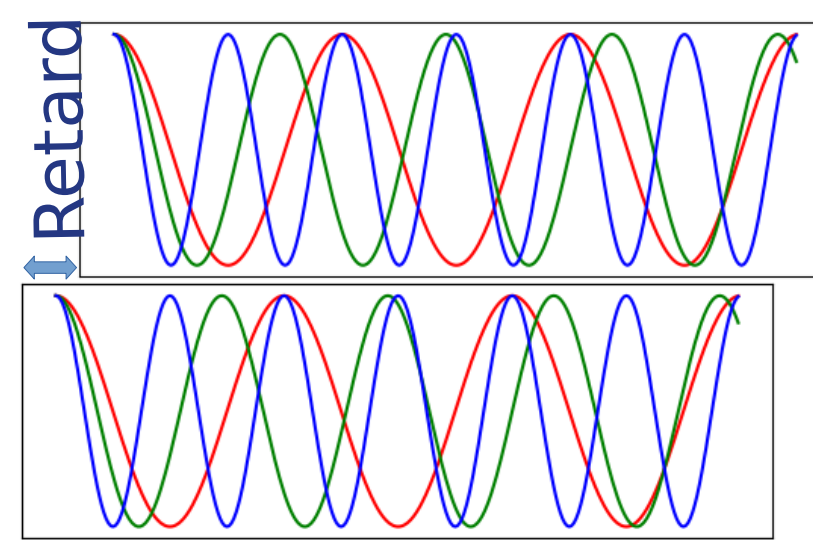


Ceci a fait l'objet d'un dépôt de brevet [2]

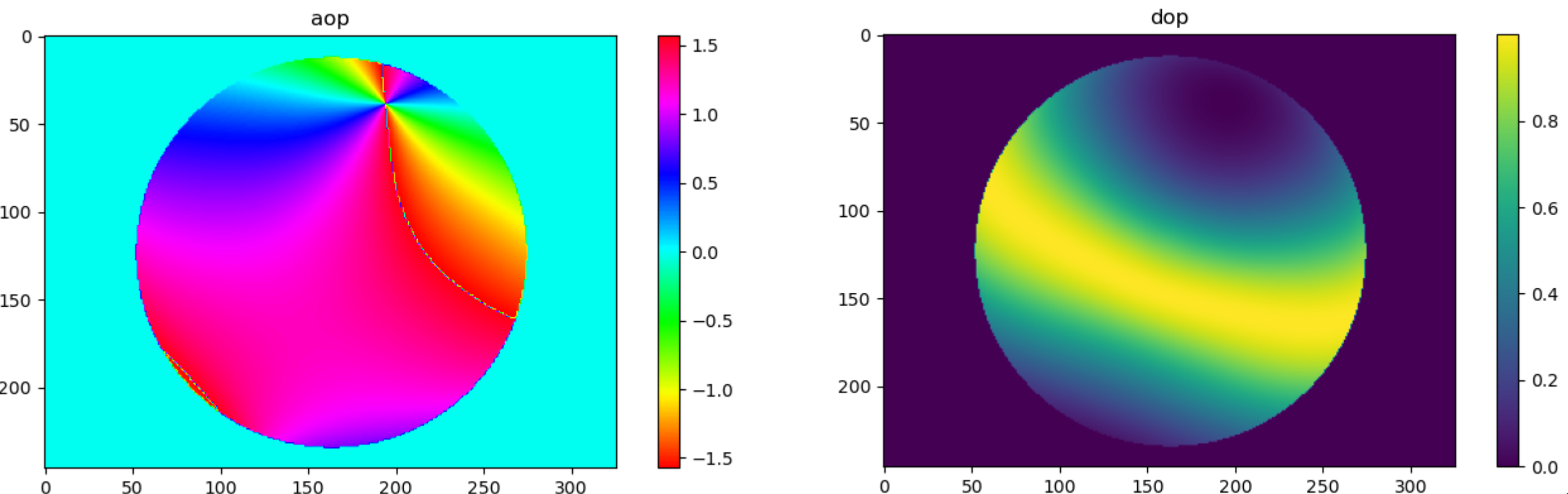
On peut montrer que  $I \propto \frac{e^{-i\delta}}{2} (\cos(AOP) + e^{i\delta} \sin(AOP))^2$

où  $\delta = \frac{\text{retard} \cdot 2\pi}{\lambda}$

Cela provoque l'apparition d'irisations dépendant de l'orientation et de la polarisation (interférences en lumière polarisée)

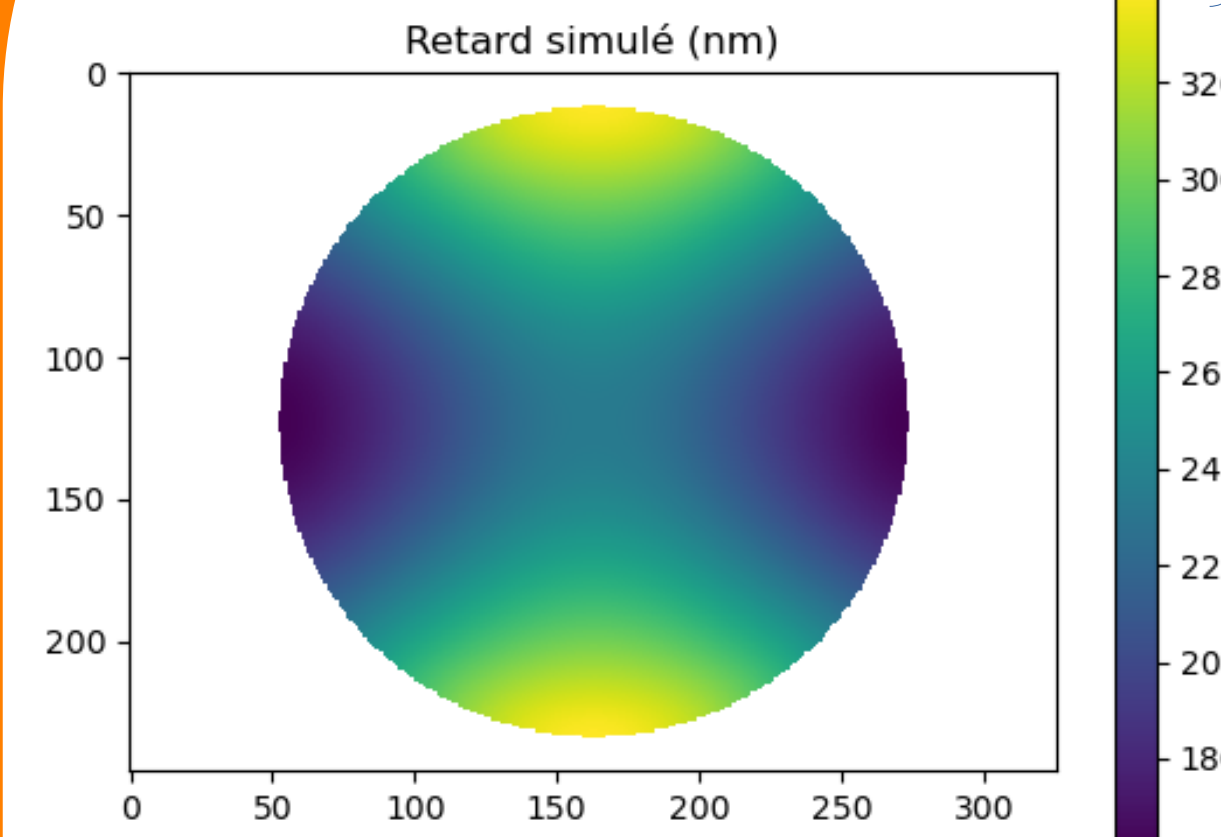


On peut par ailleurs simuler le comportement de la polarisation de la lumière du ciel grâce au modèle de Rayleigh [3] :

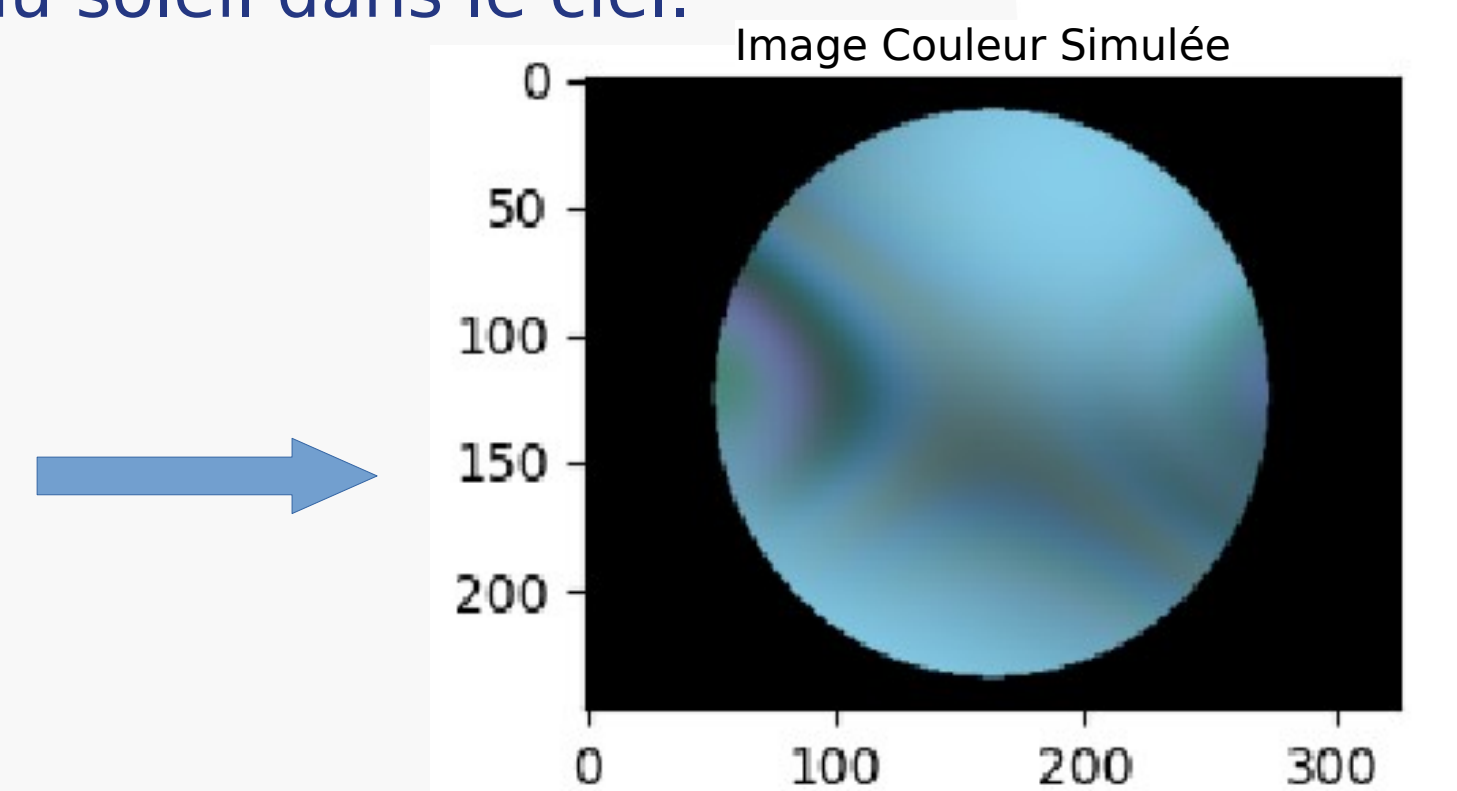


## Chaîne de simulation complète

Etat de polarisation incidente  
Retard de la lame d'onde [4]  
Formule des irisations



Simulation de ce que peut voir le capteur pour un azimut et une élévation donnés du soleil dans le ciel.

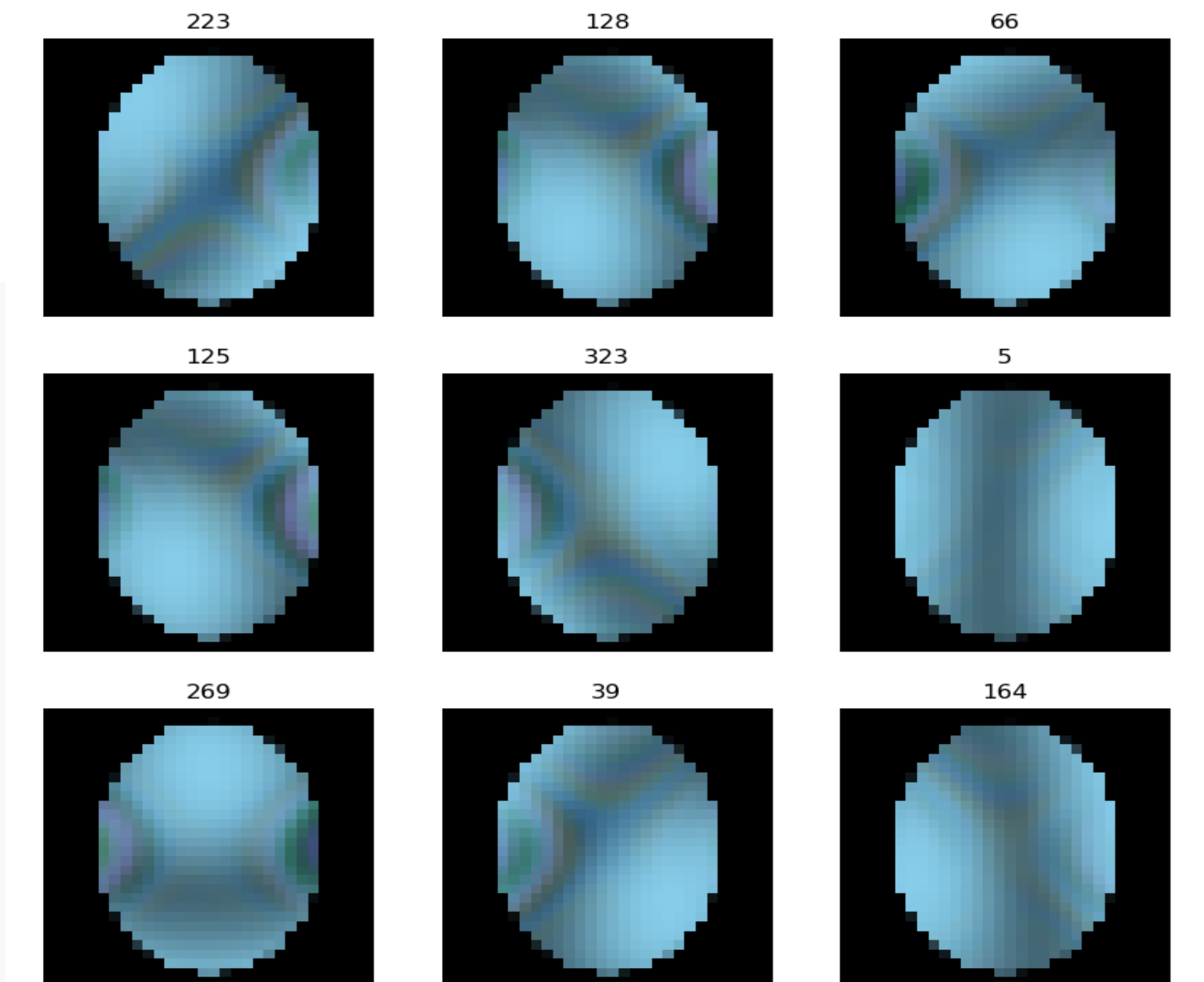
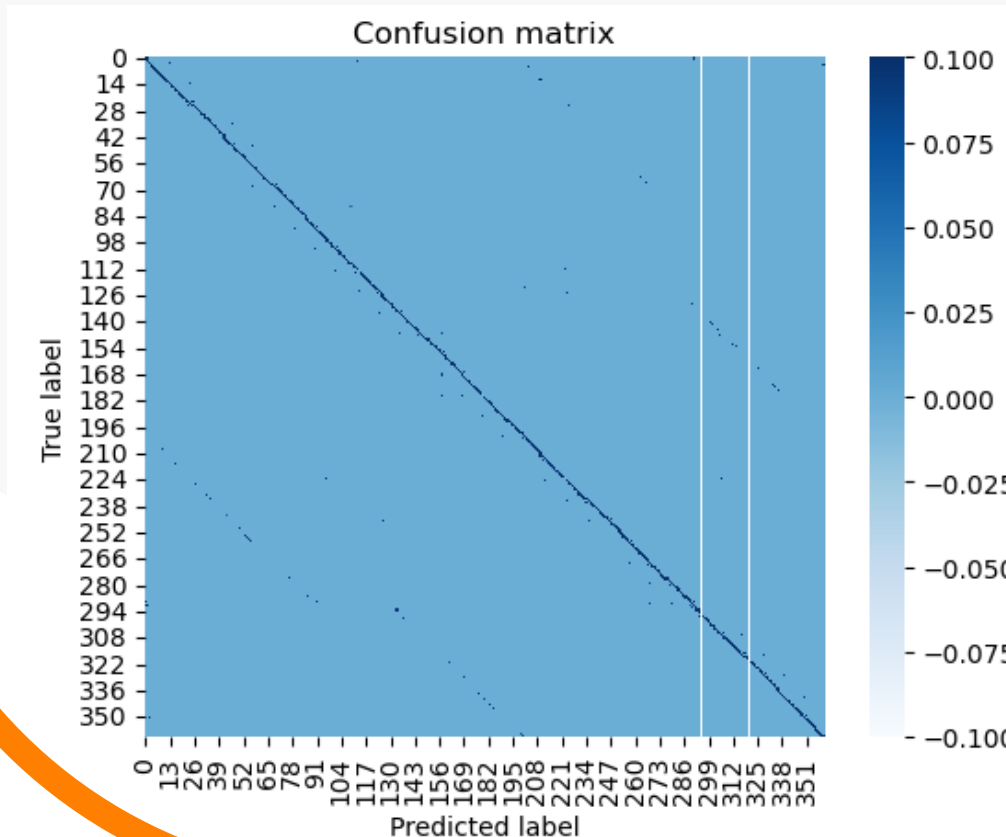


→ Génération d'un jeu de données (azimut du soleil (indiqué) et élévation) (à droite).

→ Entraînement d'un réseau de neurones convolutifs (360 classes de sorties)

→ Obtention du cap à partir d'une image.

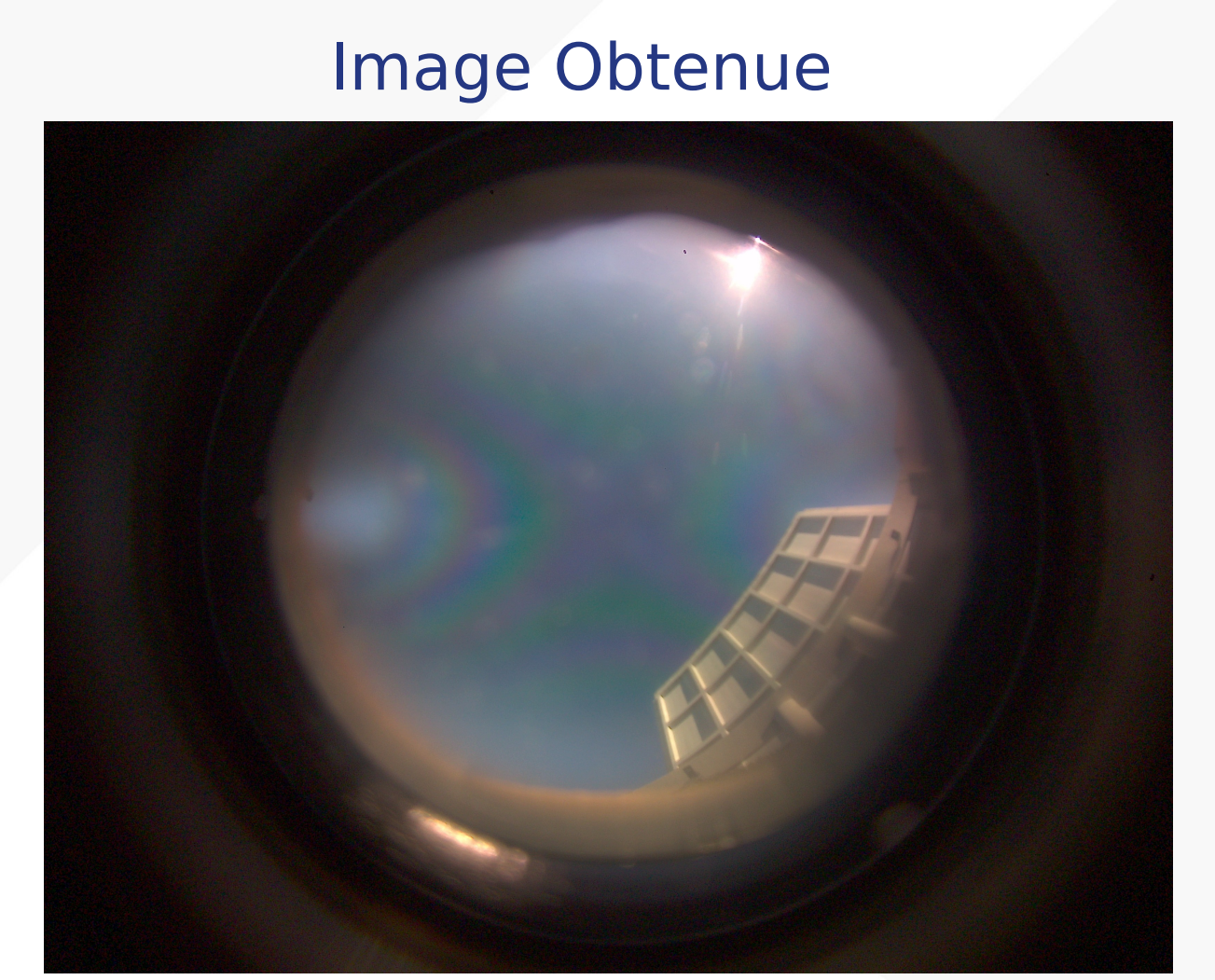
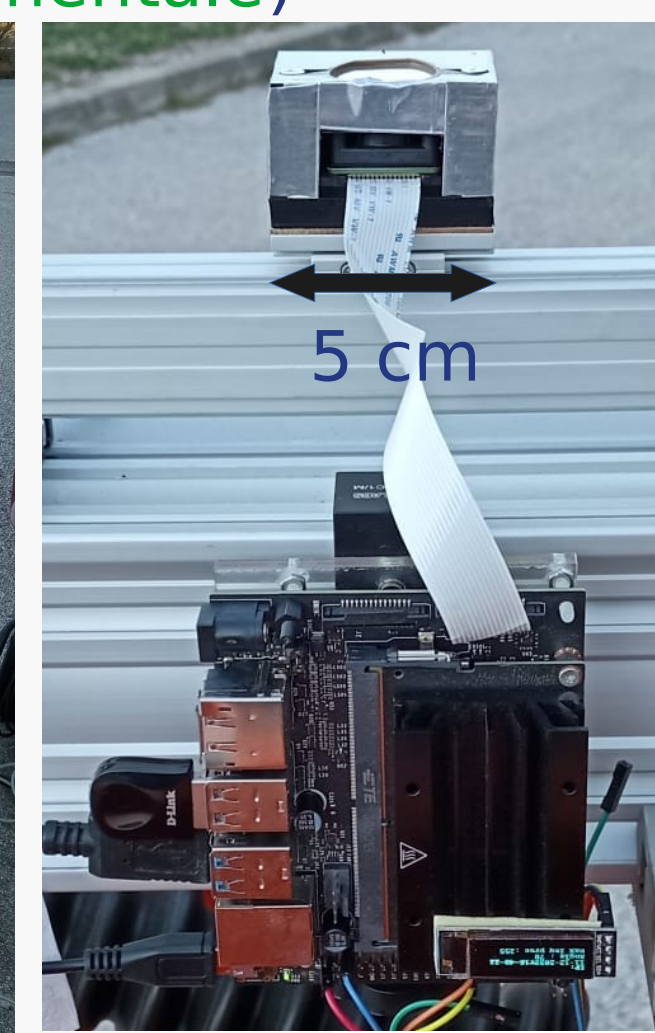
On obtient par exemple la matrice de confusion suivante :



## Dispositif expérimental

Essais en conditions réelles : caméra fisheye "Raspberry Pi" (Objectif Entanya 220°, capteur IMX219) + lame d'onde plastique (16 lames "quart d'onde" empilées)

Monture rotative (matériel principalement de récupération, **diminuant ainsi l'emprunte environnementale**)



Pour rendre le réseau plus robuste, on compte à l'avenir générer des images simulées à partir de « vraies » données polarimétriques grand-angle du ciel acquises par ailleurs avec une caméra DoFP prenant des images sur une longue durée dans des conditions météo différentes.

Des mesures plus exactes de la retardance de la lame d'onde en fonction de l'incidence permettront aussi de correspondre mieux au prototype réalisé.

**Ces travaux visent à améliorer l'estimation de cap en permettant de naviguer à l'estime en étant complémentaire des systèmes existants comme le GPS. Une meilleure localisation permet ainsi de réduire le taux d'erreurs de positionnement (qui conduisent souvent à des chemins erronés faisant emprunter des voies non optimales) dans le but par exemple de réduire la consommation de carburants carbonés contribuant au dérèglement climatique.**

- Nouveau type de capteur bas-coût, basé sur les irisations générées par un ensemble lame d'onde + polariseur en lumière polarisée.
- Chaîne complète de simulation dans le cas d'un modèle de diffusion simple du ciel.
- Base de données simple permettant de montrer qu'il est possible d'entraîner des réseaux de neurones → Obtention du cap à partir d'une image
- Prototype est réalisé et testé en extérieur sur monture rotative motorisée.

[1] G. Horváth et D. Varjú, Polarized Light in Animal Vision. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2004. doi: 10.1007/978-3-662-09387-0.  
[2] Poughon L., Mafrica S., Monnoyer J., Pradere L., Serres J., Viollet S., Procédé et système pour déterminer des données caractérisant un cap suivi par un véhicule automobile à un instant courant  
[3] J. W. Strutt, « XV. On the light from the sky, its polarization and colour », The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science, vol. 41, n° 271, p. 107-120, févr. 1871, doi: 10.1080/14786447108640452.  
[4] H. Gu, X. Chen, C. Zhang, H. Jiang, et S. Liu, « Study of the retardance of a birefringent waveplate at tilt incidence by Mueller matrix ellipsometer », J. Opt., vol. 20, n° 1, p. 015401, déc. 2017, doi: 10.1088/2040-8986/aa9b05.