

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

Léo POUCHON,^{1,2} Jocelyn MONNOYER^{1,2}, Stéphane VIOLET¹, Vincent AUBRY², and Julien R SERRES^{1,3}

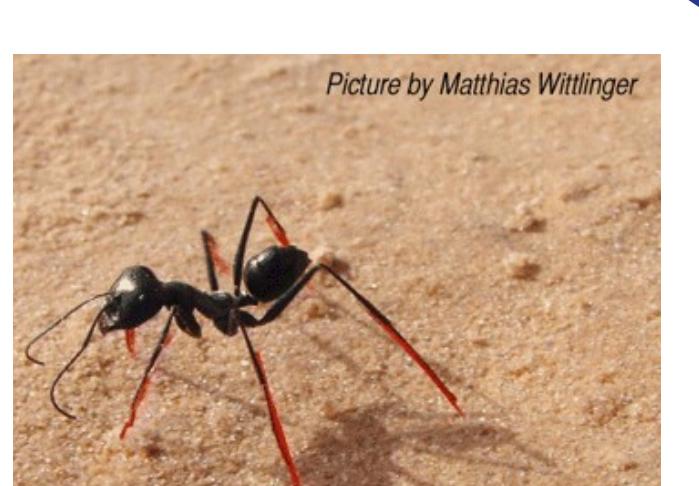
¹Aix Marseille Univ., CNRS, ISM, Marseille, France

²Stellantis, Velizy-Villacoublay, France

³Institut Universitaire de France, Paris, France

Contexte

Dans la nature, certaines **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.

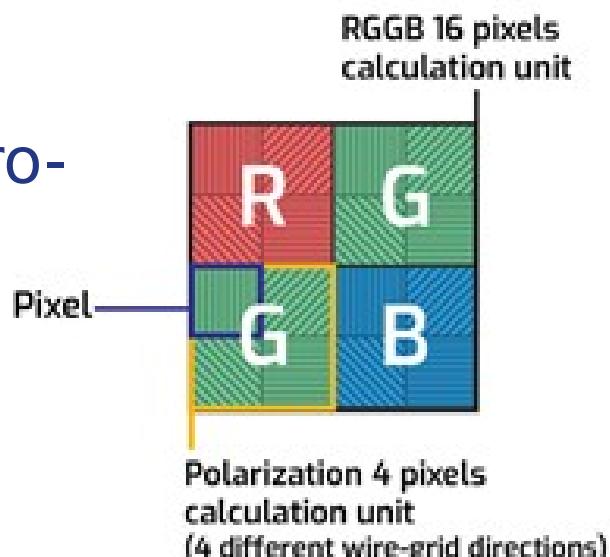


Peut-on nous aussi utiliser cette information pour améliorer la localisation des voitures autonomes ?



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€)

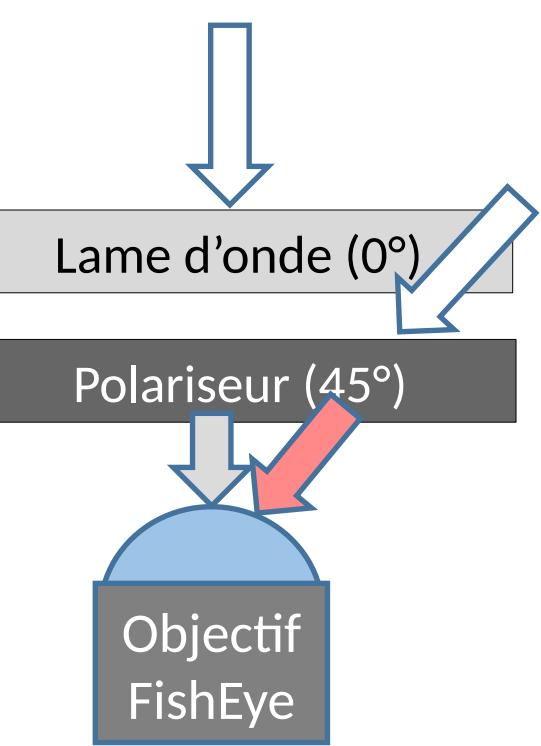


Simulation du phénomène optique

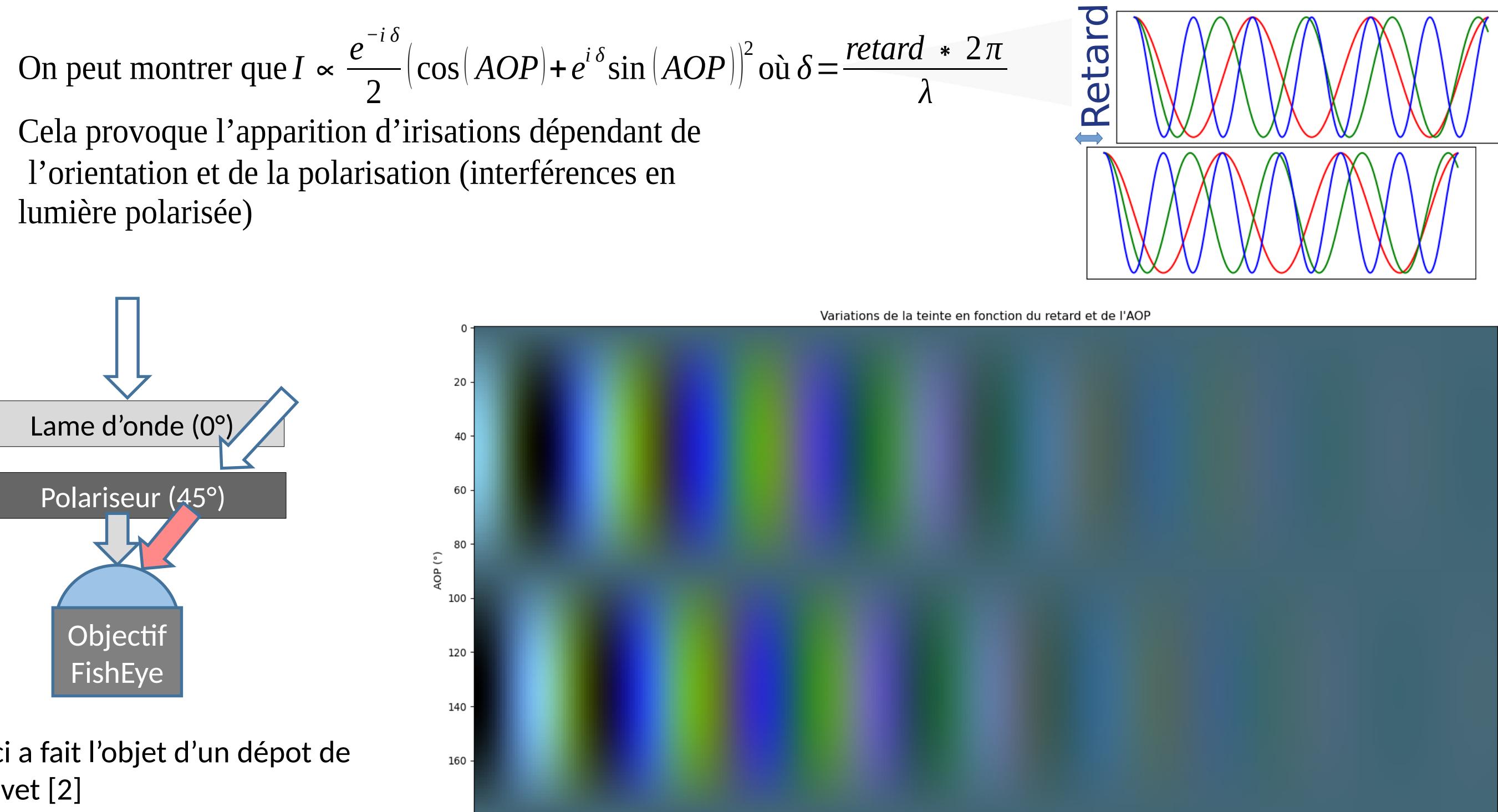
Idée : Utiliser les variations de retard d'une lame d'onde avec l'incidence pour réaliser un capteur de cap bas coût

$$\text{On peut montrer que } I \propto \frac{e^{-i\delta}}{2} (\cos|AOP| + e^{i\delta} \sin|AOP|)^2 \text{ où } \delta = \frac{\text{retard} * 2\pi}{\lambda}$$

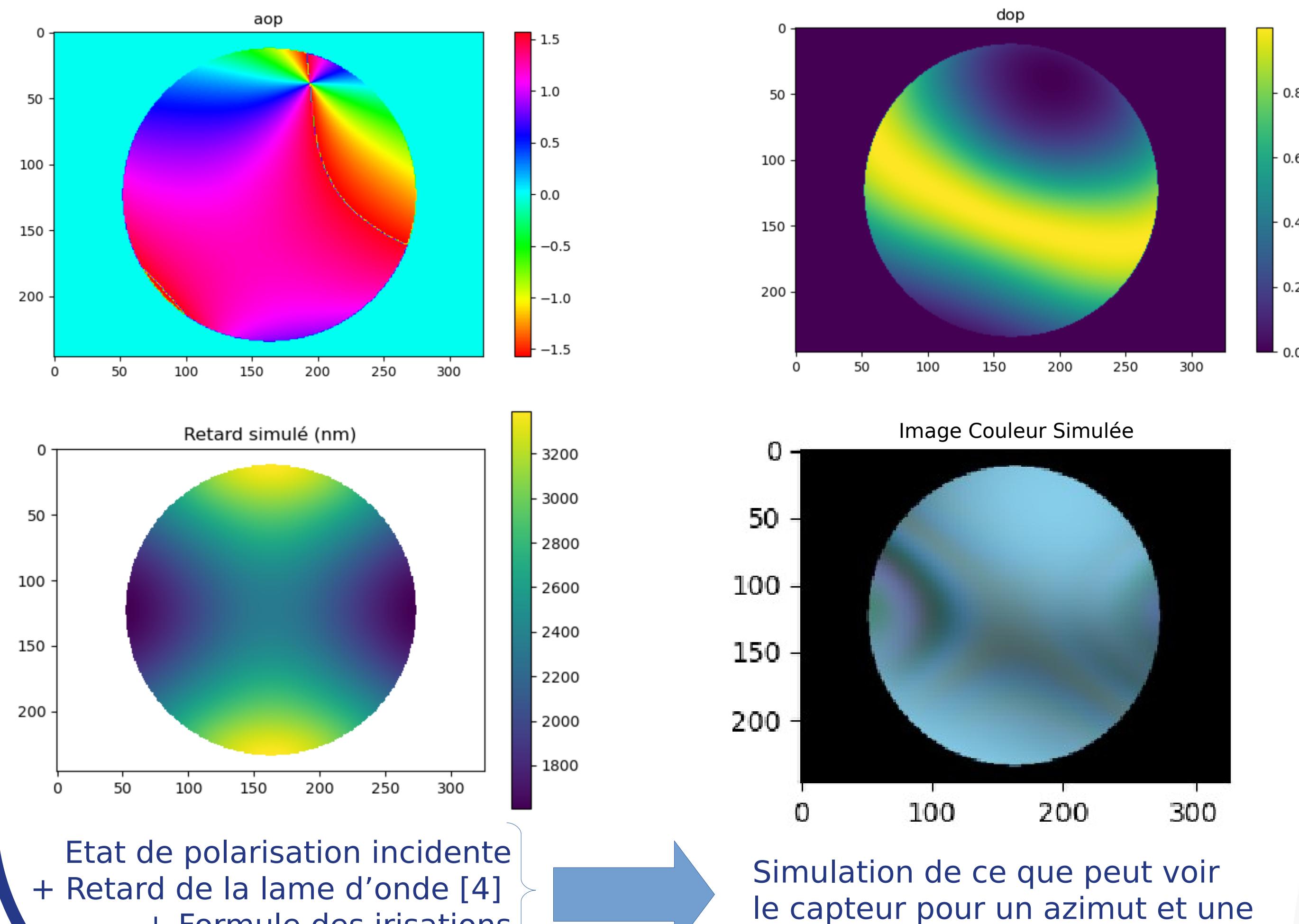
Cela provoque l'apparition d'irisations dépendant de l'orientation et de la polarisation (interférences en lumière polarisée)



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



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



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.

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

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)

Montage sur monture motorisée et acquisition durant tout une journée

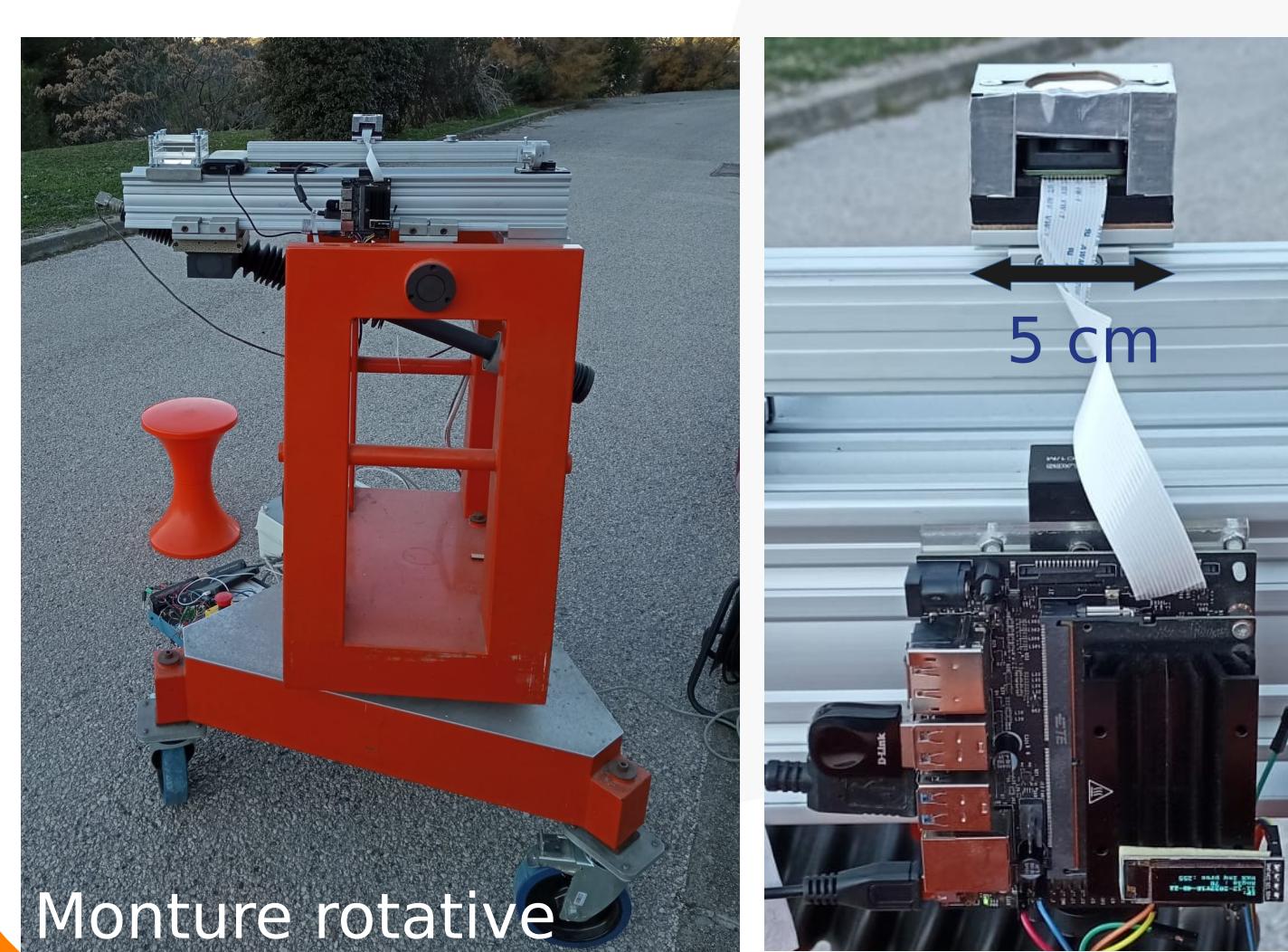
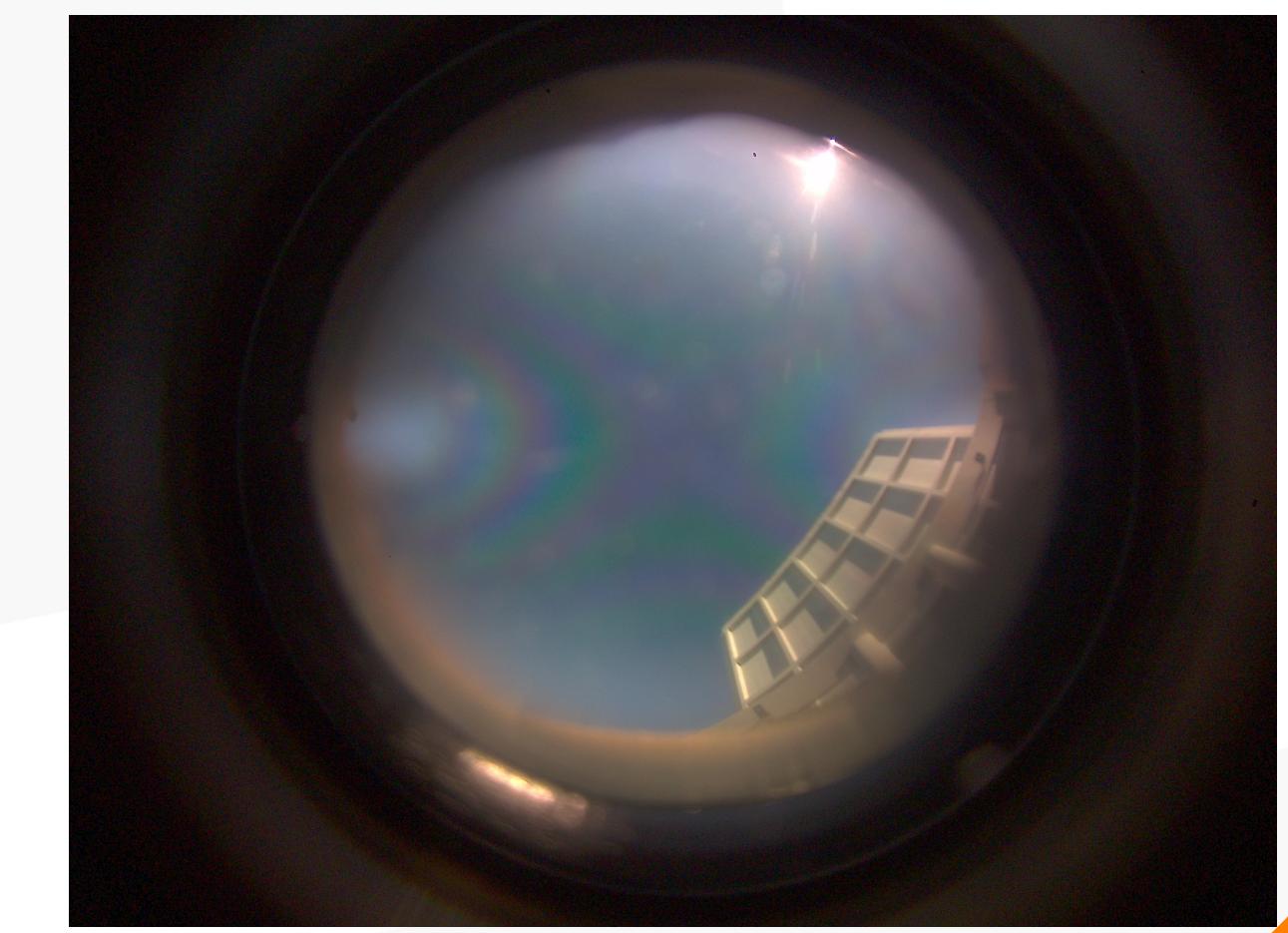


Image Obtenue

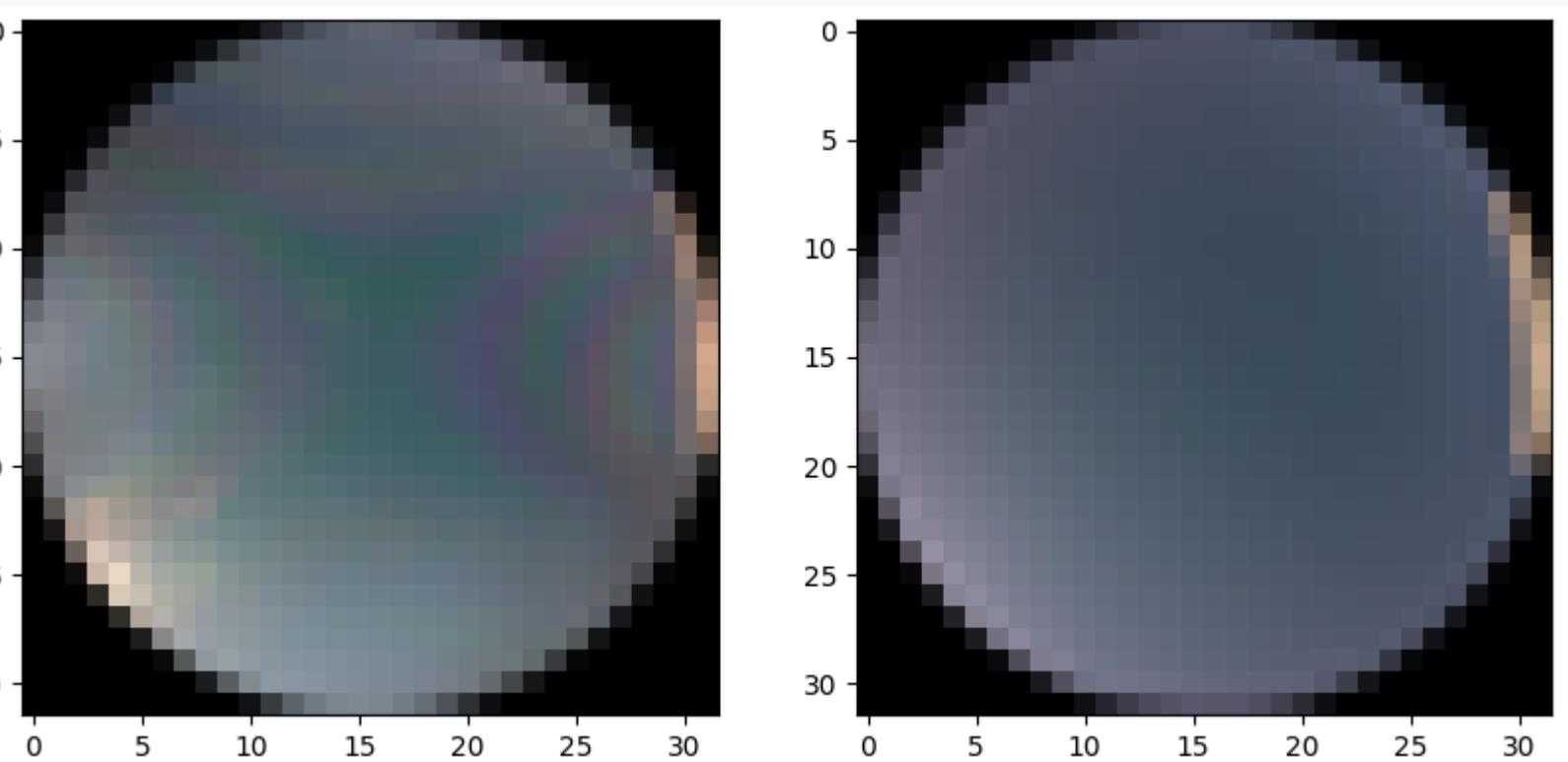


Traitement des images

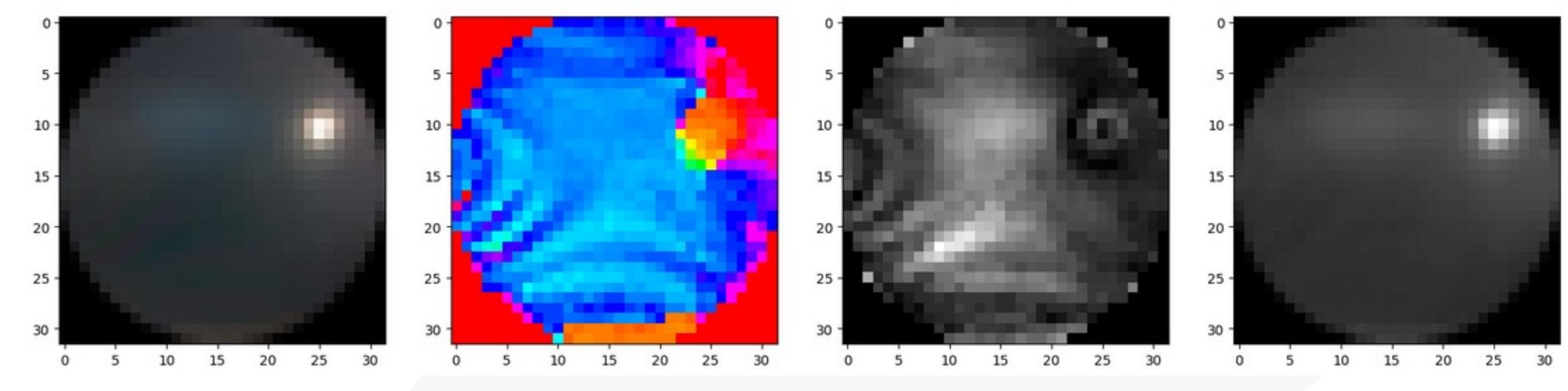
Génération d'un jeu de données annotées avec l'azimut relatif du soleil :

→ Détourage et réduction de taille

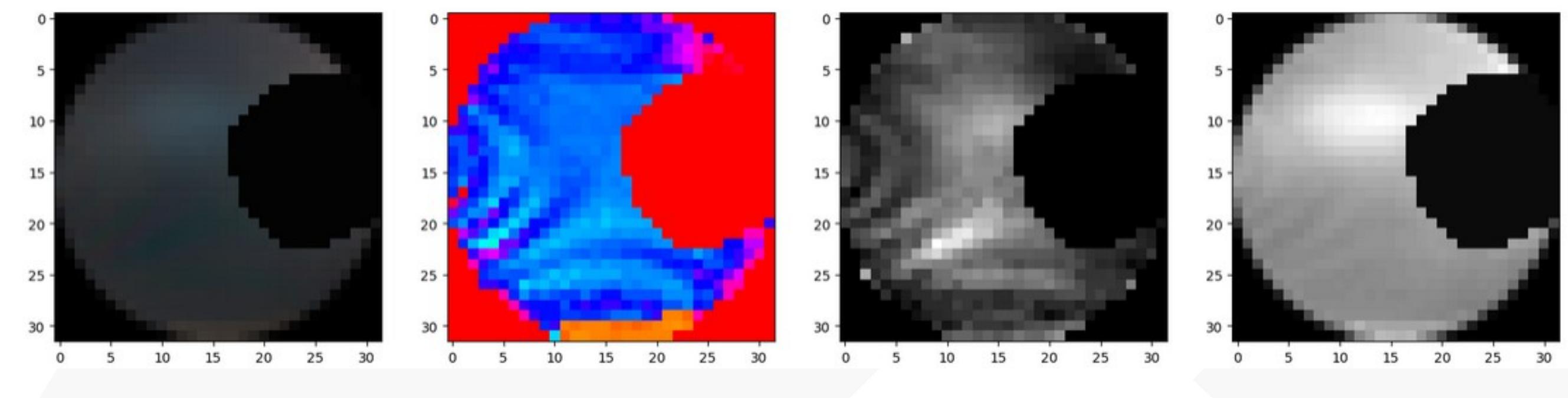
Images prises avec et sans lame d'onde pour comparaison



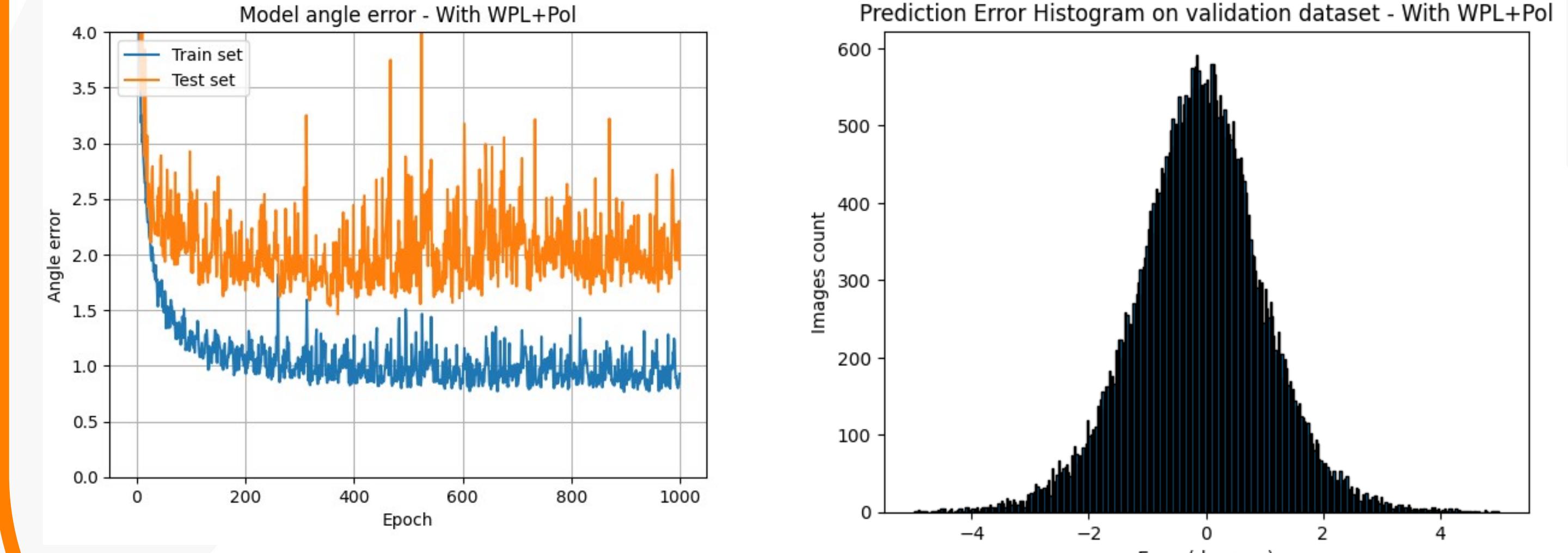
→ Conversion HSV (image RGV, teinte, saturation, intensité)



→ Ajout d'occultations aléatoires



→ Entrainement d'un réseau de neurones convolutifs, puis obtention du cap à partir d'une image.



[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, FR3128528A1

[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.