

Simulation de Mesure Polarimétrique du Ciel

Antoine Moutenet^{1,2}, Leo Poughon¹, Bruno Toulon², Julien R Serres^{1,3}, Stéphane Viollet¹
antoine.moutenet@univ-amu.fr

POLARISATION ET DIFFUSION MULTIPLE + LUMINANCE + SYSTEME DE MESURE : UN ALGORITHME MODULAIRE

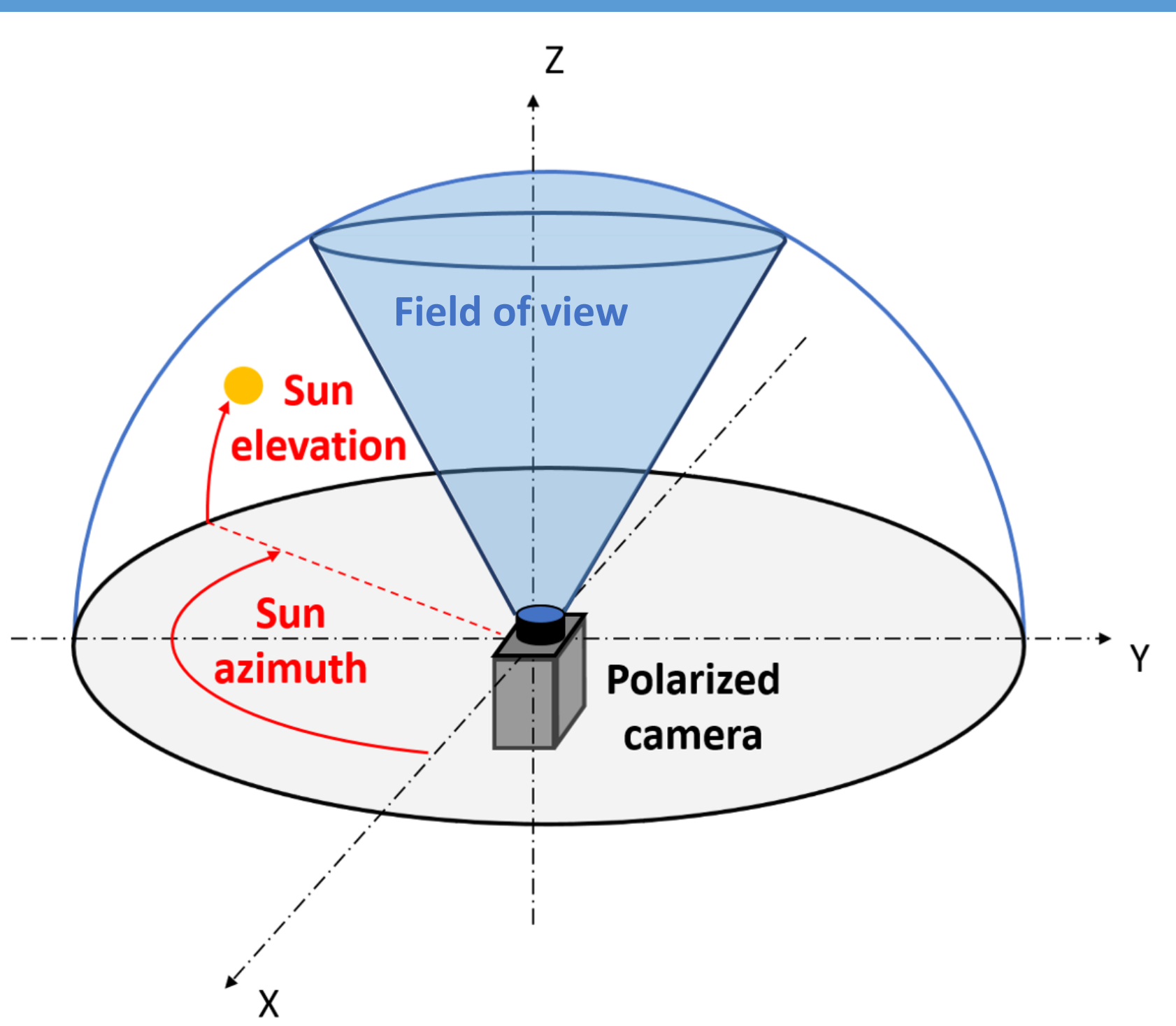


Figure 1 : Chaîne de mesure simulée de la lumière polarisée du ciel dépendant de la position du soleil.

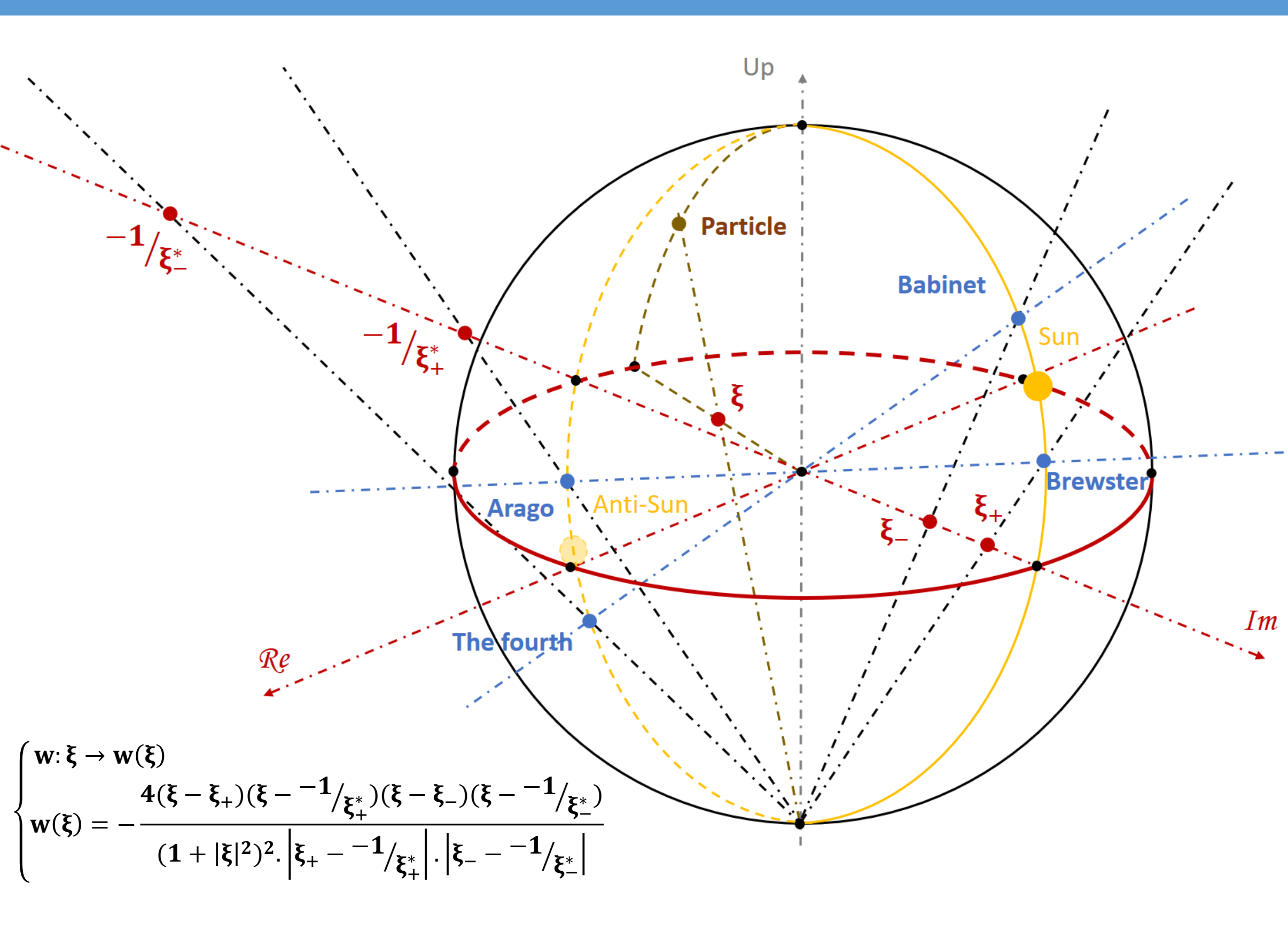


Figure 3 : Modèle de Berry² reposant sur la projection stéréographique des points neutres (polarisation nulle). Ce modèle permet d'estimer les propriétés de polarisation du ciel en prenant en compte la diffusion multiple grâce à la fonction complexe $w: \xi \rightarrow w(\xi)$, dont le demi-argument et le module correspondent respectivement à l'angle et l'intensité de polarisation.

Mise en place

Dans le cadre du développement d'une boussole optique bio-inspirée basée sur la lecture des propriétés de polarisation de la lumière diffusée par l'atmosphère, nous avons été amenés à développer un simulateur complet d'une caméra polarimétrique observant le ciel [Fig.1].

Ce simulateur comprend :

- le phénomène de diffusion multiple^[1,2] [Fig.3]
- la répartition de l'énergie lumineuse^[3]
- l'optique utilisée
- les caractéristiques des polariseurs et du capteur.

Utilité de l'algorithme

Ce simulateur a l'avantage d'être modulaire et évolutif. Il est constitué de plusieurs blocs élémentaires, facilement remplaçables, pour une amélioration constante et une bonne adaptabilité quels que soient les systèmes optiques et de détection étudiés [Fig.4]. Il sera disponible en **open source** sous Matlab et Python pour les besoins de la recherche et de la formation.

Il permettra le dimensionnement des systèmes d'acquisition et des algorithmes de traitement d'images à partir de données variées (conditions météorologiques, matériels coûteux, éphémérides^[4] spécifique, etc).

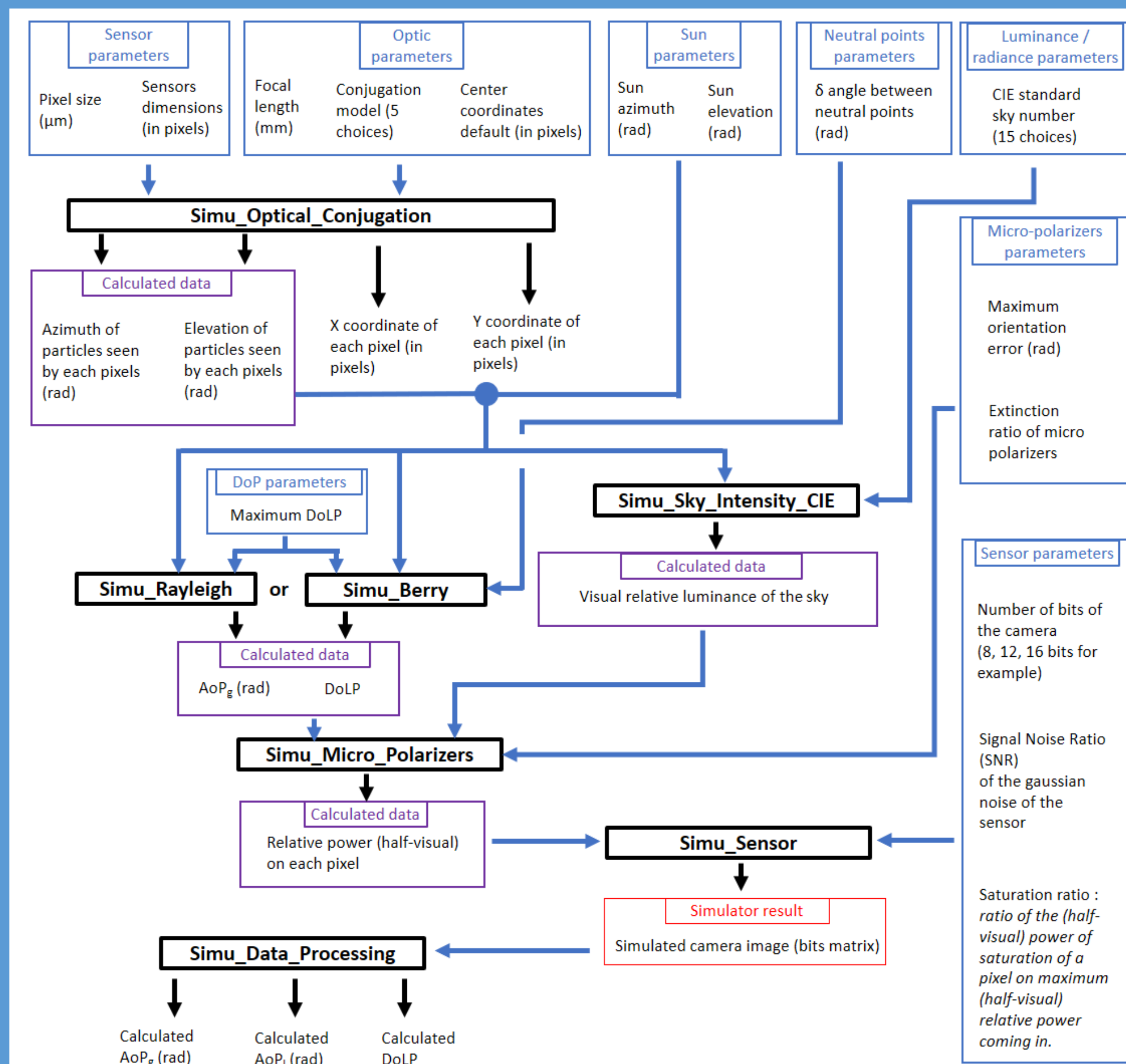


Figure 2 : Structure de l'algorithme de simulation de mesure polarimétrique du ciel. En bleu les entrées, en violet les résultats intermédiaires, en noir les blocs de calculs/fonctions. $DoLP$ est le degré de polarisation linéaire. AoP_e et AoP_i sont les angles de polarisation exprimés, respectivement, selon le repère capteur ou selon un repère associé au méridien céleste contenant la direction incidente.



Figure 4 : Type de caméras actuellement simulées. Caméras avec matrice de micro-polariseurs linéaires orientés à 0, 45, 90 et 135 degrés.

RESULTATS : COMPARAISONS DES SIMULATIONS AVEC DES ACQUISITIONS

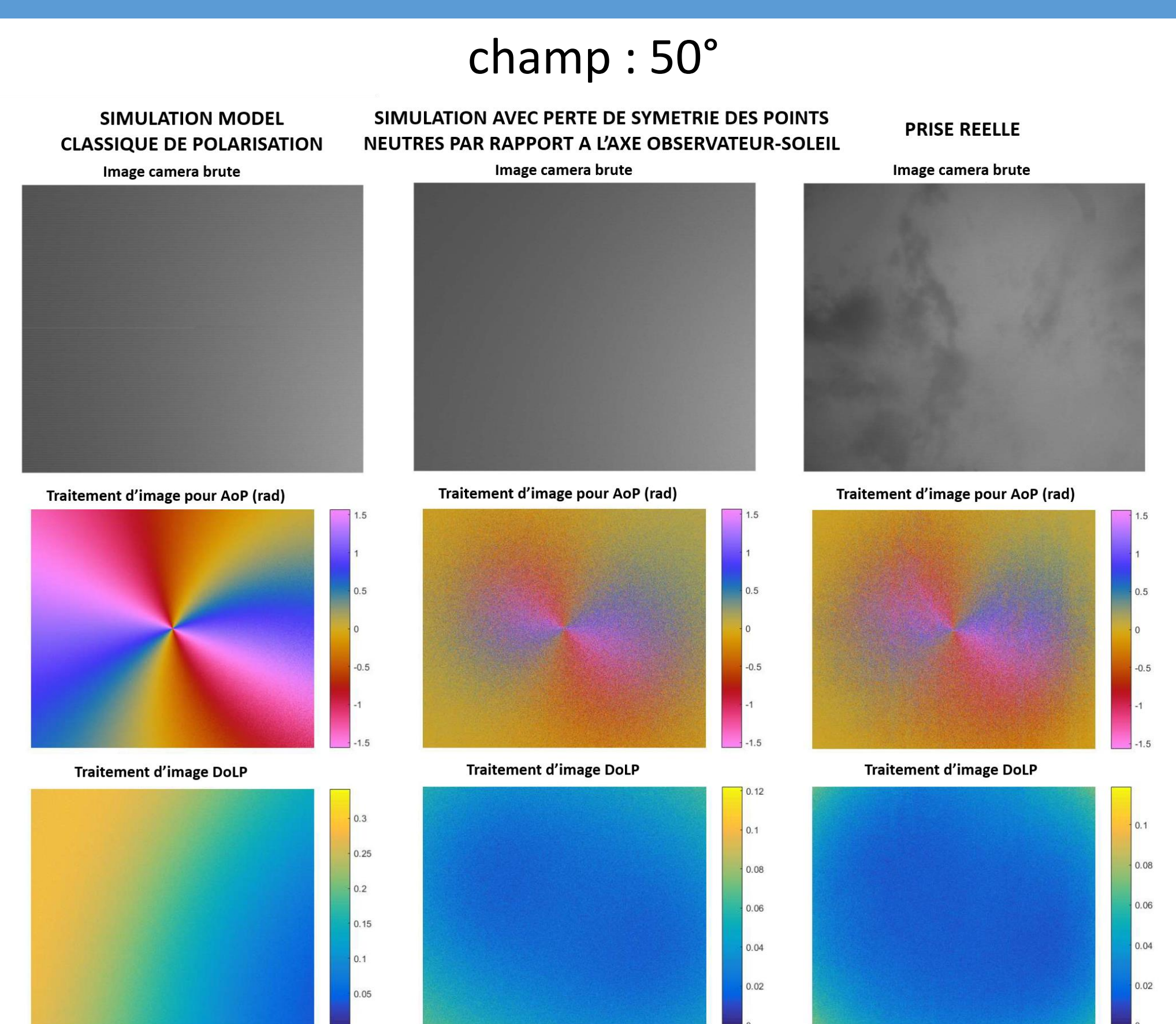


Figure 5 : Extérieur temps très couvert. Prise avec caméra monochrome FLIR Blackfly S BFS-U3-5155P, 2048x2448 pixels, champ 50 deg.

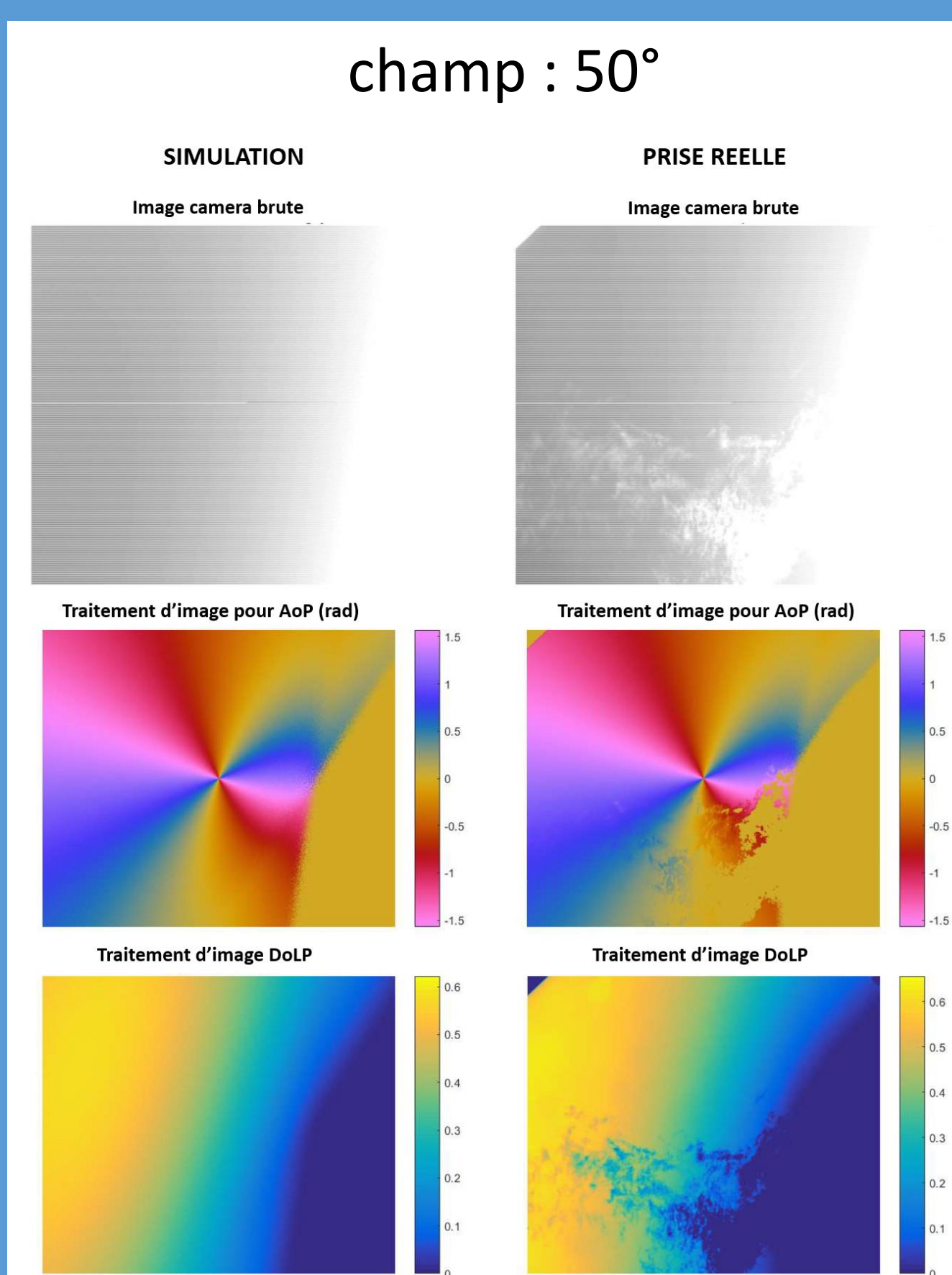


Figure 6 : Extérieur temps dégagé. Prise avec caméra monochrome FLIR Blackfly S BFS-U3-5155P, 2048x2448 pixels, champ 50 deg.

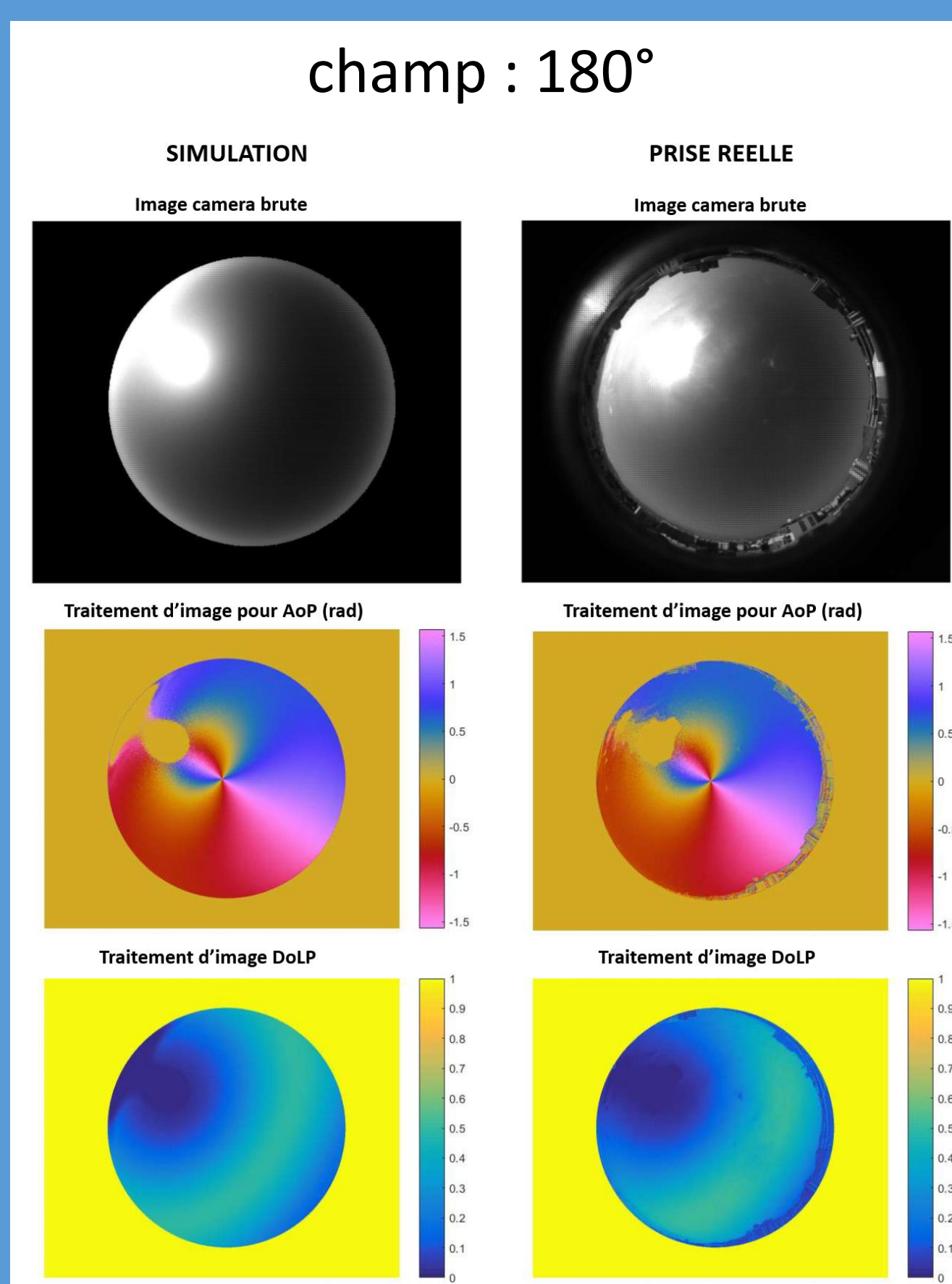


Figure 7 : Extérieur temps dégagé. Prise avec caméra couleur LUCID Vision Lab Phoenix PHX0505-QC, 2048x2448 pixels, champ 180 deg.

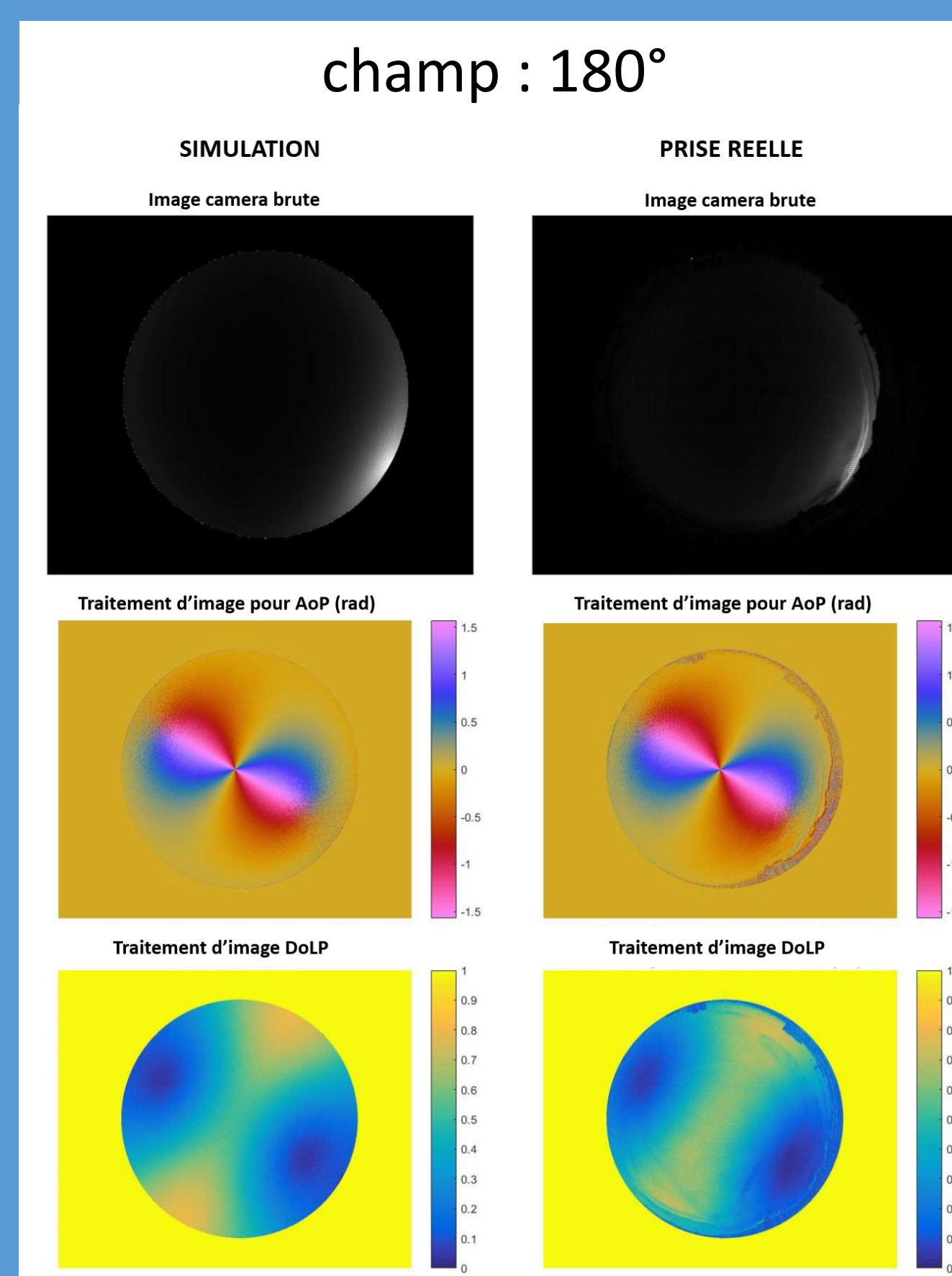


Figure 8 : Extérieur temps dégagé. Prise avec caméra couleur LUCID Vision Lab Phoenix PHX0505-QC, 2048x2448 pixels, champ 180 deg.

REFERENCES :

- [1] G. Horvath, B. Bernath, B. Suhai, and A. Barta, "First observation of the fourth neutral polarizationpoint in the atmosphere," JOSA, 2002.
- [2] M. V. Berry, M. R. Dennis, and R. L. J. Lee, "Polarization singularities in the clear sky," New Journal of Physics, 2004.
- [3] L. Hosek and A. Wilkie, "An analytic model for full spectral sky-dome radiance," ACM Transactions on Graphics, 2012.
- [4] I. Reda and A. Andreas, "Solar position algorithm for solar radiation applications," Solar Energy, vol. 76, no. 5, pp. 577–589, 2004.

¹ Aix Marseille Univ, CNRS, ISM, 163 Av. de Luminy, 13 009 Marseille, France

² Safran Electronics & Defense, 100 Av. de Paris, 91 344 Massy, France

³ Institut Universitaire de France (IUF), 1 rue Descartes, 72 231 Paris cedex 05, France