

Classification de télescopes en conception optique

Audric DROGOUL, Thales Alenia Space - Cannes

Dans ce minisymposium, nous présenterons une méthode de classification des télescopes, répondant à un besoin en conception optique. Cette discipline, à la croisée de la science et de l'ingénierie, vise à optimiser un système optique selon des critères de performance, de géométrie et de fabricabilité. L'exploration des configurations possibles est une étape essentielle du processus de conception. Cependant, les choix opérés par l'ingénieur opticien (discrétisation, plages d'exploration, filtrage) influencent fortement les résultats, rendant leur interprétation délicate. Malgré un grand nombre de configurations analysées, certaines classes peuvent être absentes. Il est donc crucial d'évaluer l'exhaustivité d'une exploration. Nous nous appuyons sur le fait que les équations optiques du premier ordre sont polynomiales et que les contraintes géométriques, comme l'obscuration et la réflexion spéculaire, s'expriment en géométrie euclidienne. Ainsi, l'ensemble des solutions admissibles forme un ensemble semi-algébrique dont les composantes connexes regroupent des systèmes optiques aux propriétés similaires. Déterminer leur cardinalité et leur structure géométrique permet donc une classification rigoureuse des solutions.

Nous étudierons d'abord un premier modèle [2], qui décrit les solutions optiques sur l'axe sans tenir compte de l'obscuration. En dégagant la forme commune des ensembles semi-algébriques correspondant à quatre types de télescopes à trois miroirs, nous caractériserons leurs composantes connexes et introduirons un invariant topologique permettant de nommer précisément chaque classe.

Ensuite, nous présenterons un second modèle [1] décrivant les configurations hors de l'axe sous contraintes d'obscuration et de réflexion. Un point de l'ensemble solution peut s'interpréter comme une ligne brisée dont les sommets sont les miroirs. En ajoutant les contraintes d'obscuration et de réflexion en géométrie euclidienne, nous définirons un invariant topologique. Puis, en utilisant une décomposition cylindrique algébrique et un algorithme de reliage des points, nous montrerons que cet invariant est exact pour les systèmes à trois et quatre miroirs et déterminerons le nombre de composantes connexes associées.

Enfin, nous étendrons ce modèle aux faisceaux réflexifs [3], représentés par deux lignes brisées où les miroirs sont modélisés par des segments et le flux lumineux par l'union de triangles adjacents. Grâce à une construction d'homotopie, nous démontrerons que les composantes connexes de cet espace sont en bijection avec celles des lignes brisées réflexives dont les éléments sont les lignes brisées présentées dans [1] auxquelles nous avons ajouté l'orientation des miroirs.

Cette approche fournit ainsi une classification robuste des systèmes optiques et un cadre formel permettant d'évaluer l'exhaustivité d'une exploration en conception optique.

[1] B. Aymard, A. Delahaye, A. Drogoul. *An original classification of obscuration-free telescopes designs unfolded in two dimensions*, 2025.

[2] A. Drogoul. *A certified classification of first-order controlled coaxial telescopes*, 2025.

[3] P. Franck, A. Drogoul. *Classification of obscuration-free reflective polygonal light beams*, 2025.