

Navigation astronomique : se repérer grâce à une photo du ciel.

Adeptes d'astronomie, j'utilise régulièrement des cartes du ciel pour observer les étoiles. Or, pour fonctionner, ces simulations se basent sur la position de leur utilisateur. Je souhaite alors savoir si, à l'inverse, je peux retrouver ma position en connaissant celle des étoiles, et ce, à partir d'une photo du ciel.

La navigation astronomique est une pratique consistant à trouver sa position sur Terre grâce à l'observation des astres. Délaissée au profit de la navigation satellite, nous cherchons à réemployer cette méthode en convertissant une simple photo du ciel en données GPS, au moyen de transformations d'images et de traitements numériques.

Ce TIPE fait l'objet d'un travail de groupe.

Liste des membres du groupe :

- OILLIC Célian

Positionnement thématique (ÉTAPE 1) :

- *PHYSIQUE (Physique Interdisciplinaire)*

- *INFORMATIQUE (Informatique pratique)*

Mots-clés (ÉTAPE 1) :

Mots-clés (en français) Mots-clés (en anglais)

Géolocalisation *Geopositioning*

Traitement d'image *Digital image processing*

Modélisation *Modelling*

Mesure d'angle *Angle measuring*

Étoile polaire *Pole star*

Bibliographie commentée

Pratiquée depuis des milliers d'années, l'astronomie désigne l'étude et l'observation des objets célestes. Au fil du temps, les astronomes ont pu constater la prévisibilité de la position de ces astres et donc la possibilité de s'en servir comme point de repère. Reposant sur ce principe, la

navigation astronomique a, depuis le XVIIIème siècle et jusqu'à l'avènement de la navigation satellitaire, été l'unique moyen de trouver sa position sur Terre, et particulièrement dans le domaine maritime [1].

Parmi ces objets célestes, l'étoile polaire présente des propriétés pertinentes pour la navigation ; en effet, en plus d'être lumineuse et facile à observer, cette dernière a la particularité d'être fixe dans le ciel du fait de sa proximité avec l'axe de rotation de la Terre [2]. Elle forme ainsi un angle quasiment droit avec le plan contenant l'équateur, si bien que l'angle formé entre elle et l'horizon, appelé hauteur, concorde avec la latitude de l'observateur. Quant à la longitude, on la détermine grâce à la rotation de la Terre autour de son axe. Comme il s'agit d'un phénomène périodique, la position des astres autour de l'étoile polaire peut être prédite en connaissant la longitude et l'heure à laquelle la mesure est effectuée [3]. En observant le ciel, on peut donc retrouver sa longitude à l'aide de tables de référence appelées Éphémérides [1].

En pratique, les navigateurs ont pendant longtemps utilisé des sextants, des instruments permettant à un observateur de mesurer les angles formés entre un astre et l'horizon. Pour se repérer, l'observateur procède de cette manière : il émet d'abord une estimation sur sa position, puis mesure la hauteur d'un astre facilement observable et corrige enfin sa position via l'erreur entre la hauteur théorique et celle mesurée [4]. Les navigateurs utilisaient principalement le Soleil lors de ces mesures, mais les méthodes de détermination à partir de l'étoile Polaire étaient également utilisées et ce jusqu'à l'arrivée de la navigation satellitaire avec la création du GPS (le Global Positioning System est un réseau de 27 satellites interconnectés dont on reçoit les signaux depuis la Terre) [5].

En parallèle, le développement de l'informatique et l'avènement de l'intelligence artificielle a permis d'améliorer les recherches en astrophysique. Des algorithmes de reconnaissance de formes, par exemple, peuvent s'avérer très utiles pour identifier un astre, une étoile ou une galaxie. Ces programmes sont des algorithmes d'apprentissage supervisé ou non supervisé. On retrouve par exemple l'algorithme supervisé des K plus proches voisins KNN (K Nearest Neighbors), qui permet de classer des données selon des étiquettes précises (étoiles, galaxies, satellites) et de différencier ce qu'on cherche à traiter du bruit numérique (il s'agit d'imperfections présentes sur une photo, pouvant se matérialiser sous la forme de petites tâches). D'autres algorithmes plus poussés permettent également une meilleure analyse des données photographiques [6].

Ainsi, en liant technologies nouvelles et méthodes anciennes de navigation astronomique, on peut imaginer des propositions innovantes pour s'orienter, et ce même dans des environnements où le GPS est inopérant.

Problématique retenue

Dans quelle mesure l'analyse des étoiles sur une photo peut-elle renseigner sur la position d'un observateur sur Terre ?

Objectifs du TIPE du candidat

Comprendre comment évoluent les astres dans le ciel en fonction de l'endroit où on les observe et comment s'en servir comme points de repère.

Dans un premier temps, trouver une corrélation entre la position des étoiles sur une photo et la latitude de l'observateur. Puis, dans un second temps, un lien avec la longitude.

Créer une maquette permettant de prendre des photos adaptées et exploitables, et ce, avec un smartphone.

Proposer un protocole permettant à un utilisateur de retrouver sa position en un minimum d'étapes (en développant si possible un programme informatique automatisant la détection d'étoiles sur une photo).

Références bibliographiques (ÉTAPE 1)

- [1] NAVASTRO : Une brève histoire de Navigation Astronomique : http://navastro.free.fr/histoire_dh.htm
- [2] LIU XIN-JIANG, ZHENG YONG, LI CHONG-HUI : Precise Determination of Astronomical Azimuth by the Hour Angle Method of Multiple Meridian Stars : <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S027510622030103X>
- [3] GUY BOISTEL : L'astronomie nautique au XVIIIe siècle en France : tables de la Lune et longitudes en mer : <https://shs.hal.science/tel-01340554v1/document>
- [4] ROBERT GENTY : Méthode nouvelle de navigation astronomique aérienne : http://www.numdam.org/item/THESE_1944__263__1_0.pdf
- [5] MUHAMMAD SAMMUNEH : Contribution au positionnement en temps réel par GPS : prédiction de la correction ionosphérique : <https://hal.science/tel-02167397v1/document>
- [6] SONIA KHATCHADOURIAN : Mise en oeuvre d'une architecture de reconnaissance de formes pour la détection de particules à partir d'images atmosphériques : <https://theses.hal.science/tel-00783077/document>

DOT

- [1] : Mai 2024 - Première approche théorique de la navigation astronomique et première expérience : mesure de l'angle d'ouverture d'un smartphone
- [2] : Mai-Juin 2024 - Mise en place d'un modèle théorique et d'un protocole expérimental pour déterminer sa latitude à partir de photos du ciel et de régressions linéaires
- [3] : Fin Juin 2024 - Réalisation d'une maquette pour simuler le ciel
- [4] : Juin-Juillet 2024 - Conception d'un support pour smartphone imprimé en 3D permettant la prise de photos du ciel avec un angle précis

[5] : 1er Octobre 2024 - Visite du Planétarium de Nantes, rencontre avec notre contact et application de notre protocole expérimental

[6] : Octobre-Décembre 2024 - Exploitation des photos prises au Planétarium, amélioration et validation de notre modèle théorique

[7] : Janvier-Mars 2025 - Séparation du travail au sein du binôme : réalisation de deux algorithmes fonctionnant sur des principes différents et permettant de repérer l'étoile polaire sur une photo du ciel

[8] : Mai 2025 - Réalisation d'un programme complet permettant de renvoyer la latitude d'un observateur à partir de photos du ciel