

Description du traitement de la correction altazimutale de l'image all-sky

Projet de calibration :

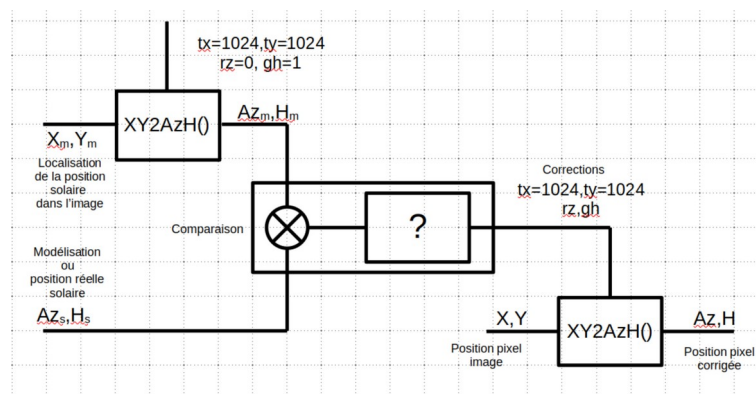
Le projet consiste en la calibration d'une caméra all-sky. La caméra est positionnée pointant vers le ciel et la cible (le plan CDD) est considéré positionné horizontalement. La caméra installée de cette manière n'est pas orientée précisément par rapport aux points cardinaux, si bien qu'une calibration s'impose pour corriger son orientation et changer de repère. L'image acquise fait 2048x2048 pixels en couleur et représente un champ de 185°, ce qui permet l'observation de l'hémisphère céleste complète.

L'image obtenue nous fournit un aperçu du ciel, donc de la nébulosité et du soleil. La seule référence exploitable, le jour, dans l'image est le soleil, car nous connaissons sa position astronomique dans le ciel. Des sites, comme <https://www.sunearthtools.com> ou <https://fr.planetcalc.com/4270/> permettent par des requêtes API REST d'obtenir toutes les données utiles (levé ou couché du soleil, position astronomique) à partir d'un lieu géographique, de l'altitude, de la date et l'heure.

La calibration consiste à faire la correspondance entre les coordonnées cartésiennes (x,y) des pixels de l'image en coordonnées astronomiques en altazimutal. Le traitement doit se faire en 3 étapes :

- une étape de correction en translation du repère (x,y) pour aligner la nouvelle origine placée au centre optique ;
- une seconde étape de rotation pour corriger l'alignement sur les points cardinaux des axes (x,y) de l'image ;
- et enfin une conversion du repère (x,y) en altazimutal (az,h).

L'ensemble de ces étapes est réalisé dans ma fonction xy2azh (voir PJ xy2azh.m).



Synoptique du traitement de calibration

La figure ci-dessus représente la calibration en fonctionnement.

La fonction de conversion XY2AZH prend en entrées paramétrables, les caractéristiques de l'image (taille, centre optique, champ image) et de la caméra (champ angulaire). La fonction XY2AZH convertit les coordonnées (X,Y) d'une image en altazimutal (AZH,H) selon le paramétrage d'une fonction statistique de comparaison qui réglera la rotation selon AZ et la hauteur H (à voir car cela relève du calibrage de l'optique).

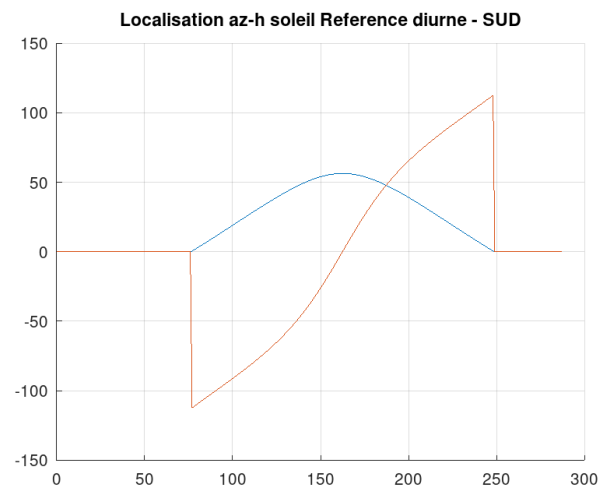
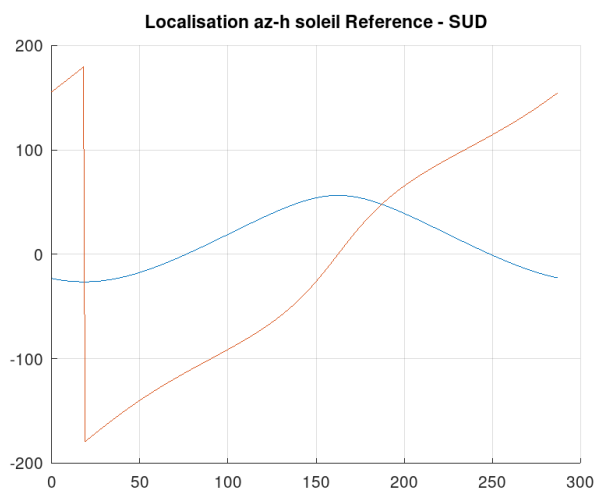
Le principe est simple, la fonction XY2AZH prend en entrée la mesure de la position détectée du soleil dans l'image (X_m, Y_m). La fonction convertit (X_m, Y_m) en (AZ_m, H_m) en opérant une simple translation pour ce caler sur le pixel du centre optique. (AZ_m, H_m) est comparé ensuite avec la position réelle (AZ_s, H_s) du soleil obtenue par modélisation (sur internet ou par calcul de modèles). Les écarts moyens $DAZ = AZ_m - AZ_s$ et $DH = H_m - H_s$ sont recherchés statistiquement. Pour cela, on doit au préalable prétraiter AZ_m et H_m pour ignorer les valeurs semblant aberrantes ou représentant une position nocturne ou inconnue du soleil. Ce travail doit être réalisé progressivement sur des scénarios de complexité croissante pour éprouver la correction.

Une fois les moyennes DAZ et DH stabilisées, la correction est appliquée systématiquement lors de l'exploitation de l'image par le traitement qui réalise la cartographie de la nébulosité.

Modélisation :

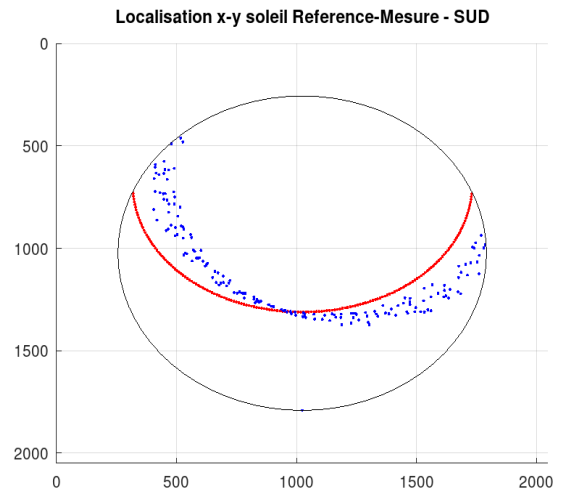
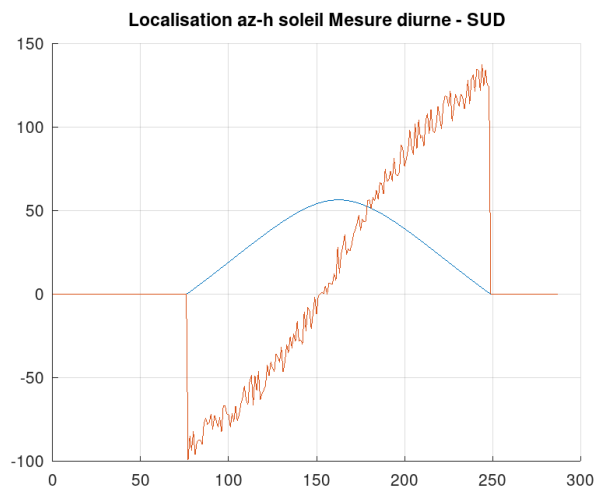
Pour réaliser sans séquence d'image prise avec la caméra, un algorithme peut être réalisé à partir de données générées fournissant les coordonnées solaires réelles (AZ_s, H_s) et une localisation (X_m, Y_m). X_m et Y_m ont été générée à partir de AZ_s et H_s en y ajoutant des perturbations (mauvaise orientation de la caméra, bruit de localisation ou absence de localisation).

Pour simplifier les calculs (courbe monotone entre -180 et 180), le repère des coordonnées azimutales prend son origine au sud (repère astronomique).



De gauche à droite : AZ_s H_s brutes – AZ_s H_s diurnes avec $AZ_s = H_s = 0$ pour la nuit

(AZ_s, H_s) sont modifiés pour créer l'erreur d'orientation de la caméra et des bruits de mesure, donnant AZ_m et H_m . (AZ_m, H_m) sont convertis pour retrouver la position (X_m, Y_m) que trouverait le soleil dans l'image de la caméra.



De gauche à droite : AZm Hm diurnes – Xs,Ys et Xm,Ym sont respectivement les courses solaires vraie et mesurée dans le repère (x,y) de l'image.

Données complémentaires :

Données site :

% Site Apheen

Lat = 48.6937223; % positif hemisphere nord en degres

Long = -6.1834097; % positif vers l'ouest en degrés

Alt = 260; % Altitude

Acquisition :

Echantillonnage tous les 5 minutes

Fichiers fournis :

Date 1^{er} mai 2023 pour le site de l'Apheen sur 24 heures (288 échantillons).

data_ref.csv : fichier AZs, Hs diurne

1ère ligne : AZs

Seconde ligne : Hs

data_mes.csv : fichier Xm,Ym diurne

1ère ligne : Xm

Seconde ligne : Ym

D'autres simulations sont possibles différentes en temps et en perturbations.