TRAITEMENT D'UNE IMAGE AVEC ASTROMETRY

Image initiale :



Elle résulte de l'empilement, par Jean-Louis Betoule (JL), d'un grand nombre de photos d'une seconde de pose, en pied fixe, avec un objectif de 400 mm de focale.

En me transmettant cette image, JL me demandait deux choses :

- Déterminer la région qui est photographiée (coordonnées centrales, orientation, identification des étoiles).
- Quelle est la magnitude de l'étoile la plus faible ?

Utilisation d'Astrometry

Le logiciel fonctionne selon deux modalités :

<u>Mode en ligne</u>: l'image est « envoyée » sur (Upload en anglais) le site qui contient à la fois les logiciels et les catalogues d'étoiles. Le résultat (si l'image est localisée) est affiché sur une page web.
 <u>Mode local</u>: les logiciels nécessaires sont installés sur l'ordinateur ainsi que les catalogues d'étoiles. Deux séries de catalogues sont proposés : Le catalogue Tycho2 et le catalogue USNO.

Le second est beaucoup plus gros parce qu'il contient beaucoup plus d'étoiles.

Dans ce qui suit, il est question de l'usage en local en ayant installé le catalogue Tycho 2.

1. Utilisation d'Astrometry en local

Elle se fait en mode « ligne de commande ».

```
solve-field --scale-unit degwidth --scale-low 1 --scale-high 4 jlb.jpg
--dir generes --out cible --overwrite > resul.txt
Paramètres importants:
```

solve-field c'est le nom du programme que l'on exécute (il ne s'appelle pas astrometry)

--scale-unit degwidth --scale-low 1 --scale-high 4 : l'échelle angulaire de l'image est estimée en degrés. Elle se situe entre 1 et 4 degrés. Cette valeur a été calculée en fonction de la taille du capteur et de la longueur focale de l'objectif.

--dir generes --out cible : les fichiers générés seront écrits dans un répertoire appelé « generes » et leur nom commencera par « cible ».

> resul.txt les messages renvoyés pendant l'exécution du programme sont écrits dans un fichier au format texte, que l'on pourra consulter, imprimer...

1.1. Le contenu de resul.txt

Ligne	Contenu
1	Reading input file 1 of 1: "jlb.jpg"
2	Extracting sources
3	simplexy: found 576 sources.
4	Solving
5	Reading file "generes/cible.axy"
6	
7	log-odds ratio 184.656 (1.56741e+80), 34 match, 0 conflict, 75 distractors, 38 index.
8	RA,Dec = (110.658,51.7257), pixel scale 9.49379 arcsec/pix.
9	Hit/miss: Hit/miss: +-+++-+-++-+++-+++++++++++++++++++
10	++++
11	Field 1: solved with index index-4110.fits.
12	Field 1 solved: writing to file generes/cible.solved to indicate this.
13	Field: jlb.jpg
14	Field center: (RA,Dec) = (110.661667, 51.725258) deg.
15	Field center: (RA H:M:S, Dec D:M:S) = (07:22:38.800, +51:43:30.928).
16	Field size: 2.38839 x 1.70738 degrees
17	Field rotation angle: up is 64.6986 degrees E of N
18	Creating new FITS file "generes/cible.new"
19	Creating index object overlay plot
20	Creating annotation plot

La ligne 3 signifie que l'image contient 576 « étoiles » individualisables.

Retenons, pour le moment, les lignes 14, 15, 16 et 17 qui répondent à une partie de la demande.

14 et 15 : coordonnées du centre de l'image.

16 : dimension angulaire de l'image.

17 : orientation par rapport aux coordonnées équatoriales.

1.2. Les fichiers générés

Ils sont regroupés dans un répertoire dédié. On y trouve :

- des fichiers « image », c'est à dire affichables facilement. Leurs noms se terminent par « .png ». cible-indx.png, cible-ngc.png, cible-obs.png.

- un fichier « image » au format « fit », affichable avec DS9 : cible.new

- des fichiers « fit » de données, contenant (je suppose) différents données intermédiaires de la recherche : cible.axy, cible.corr, cible.match, cible.rdls, cible.wcs, cible-ind.xyls.

- un fichier marquant la fin du travail : cible.solved.

Les fichiers image vont être affichés ci-dessous et commentés.

On va ensuite essayer d'accéder au contenu des fichiers de données au format « fit ». La documentation en anglais est disponible à l'adresse <u>http://astrometry.net/doc/readme.html#output-files</u>

2. Les fichiers « image » générés

2.1. cible-obs.png



Chacune des étoiles individualisées a été entourée d'un cercle rouge. <u>Dans la documentation :</u> [<backgroup] | a plot of the sources (stars) we extracted from the image.

2.2. cible-ngc.png

Elle est identique à l'image initiale (mais au format png) et n'est pas reproduite ici.

2.3. cible-indx.png



On retrouve les étoiles entourées <u>en rouge</u>.

Certaines sont entourées en plus <u>en vert (associées au catalogue d'étoiles?)</u>

Le tracé géométrique correspond au mode de fonctionnement d'Astrometry qui s'efforce d'identifier des « formes » particulières permettant d'identifier la zone sans erreur possible.

Dans la documentation :

sources (red), plus stars from the index (green), plus the skymark ("quad") used to solve the image.

Remarque :

Le nombre d'étoiles entourées de vert est beaucoup plus réduit que le nombre d'étoiles possibles. Aucun paramètre n'est documenté pour en augmenter le nombre.

Hypothèses :

- Ce nombre est réduit délibérément pour accélerer l'exécution du logiciel.
- Il est réduit parce que le catalogue installé contient moins d'étoiles.

Pour le moment, pas de réponse.

3. Quelques fichiers de données « fit »

Ils vont être explorés en utilisant le langage de programmation Python complété de la bibliothèque dédiée aux fichiers fit : pyfits

3.1. Exemple du fichier « cible-indx.xyls »

(remarque : le code donné en exemple est tout sauf exemplaire. Il est rédigé de façon à obtenir au plus vite la réponse à la question suivante : « qu'y a-t-il dans ce fichier ? »).

```
# -*- coding:Utf-8 -*-
from __future__ import print_function
import pyfits as pf
nom_fichier = 'cible-indx.xyls'
hdulist = pf.open(nom_fichier)
print("Données du fichier ",nom_fichier)
hdulist.info()
scidata = hdulist[1].data
hdulist.close()
print(scidata.shape)
for i in range(0,38):
        print(i,";",scidata[i][0],';',scidata[i][1])
```

Extrait du listage obtenu :

... 0;185.380592571;124.044092447 1;663.390121677;167.511150318 2;192.829717687;57.2889914314 ...

Les numéros à gauche correspondent aux numéros des éléments lus dans le fichier. Mais que signifient les valeurs à droite ?

On a fait l'hypothèse qu'il s'agissait des coordonnées x et y des étoiles identifiées dans l'image et reporté celles- des trois premières étoiles. L'hypothèse semble se vérifier.



Utilisation d'Astrometry et exploration des résultats – par Lerautal - l'image initiale appartient à J.L. Betoule - page 5

Dans la documentation :

<base/> -	sources (red), plus stars from the index (green), plus the skymark ("quad") used to solve
indx.png	the image.

3.2. Fichier cible.rdls

Le fichier contient le même nombre de lignes de données que le précédents. Le même code peut être utilisé, en changeant le nom du fichier analysé.

Extrait du listage obtenu :

...

0;109.390503053;52.1311097288 1;110.44448341;51.0482160956 2;109.148565258;52.0352166737

Mais que signifient ces valeurs ? Reportons-nous à la documentation en ligne d'Astrometry.net. Dans la documentation :

<base>.rdls a FITS BINTABLE with the RA,Dec of sources we extracted from the image.

Faisons l'hypothèse que les valeurs correspondent, pour chacune des lignes, aux coordonnées (Ascension Droite et DEClinaison) de l'étoile dont le numéro de ligne correspond. En appariant les valeurs, on pourrait obtenir l'ébauche de tableau suivant :

Ligne	X sur image	Y sur image	AD de l'étoile	DEC de l'étoile
0	185.380592571	124.044092447	109.390503053	52.1311097288
1	663.390121677	167.511150318	110.44448341	51.0482160956
2	192.829717687	57.2889914314	109.148565258	52.0352166737

Remarque : AD et DEC sont donnés en degrés et décimales et non sous la forme habituelle :

AD : Heure, minutes, secondes

DEC : Degrés, minutes d'angle, secondes d'angles.

Il est possible de convertir ces valeurs bien que ce ne soit pas forcément utile : les catalogues d'étoiles, tels Tycho 2 contiennent les coordonnées selon les deux formes.

3.3. Discussion

Cette démarche doit permettre de répondre à une demande : quelle est la magnitude de l'étoile la plus faible ? La documentation précise que les étoiles sont identifiées de la plus lumineuse à la plus faible. Dans les deux listes ci-dessus, il s'agit de l'objet de rang 37 (le trente-huitième). Voici ses éléments récapitulés (page suivante).

Ligne	X sur image	Y sur image	AD de l'étoile	DEC de l'étoile	
37	224.383242952	322.376567656	110.230341933	52.2679716569	

- *Hypothèse 1 : il est possible à partir de AD et DEC, en utilisant le catalogne Tycho 2, d'obtenir l'identification de l'étoile ainsi que sa magnitude visuelle.* Remarque : pour quelle date, les valeurs AD et DEC sont-elles valables et faudra-t-il convertir celle d'un catalogue pour les rendre conformes (ce qui compliquera encore) ?
- *Hypothèse 2 : il est possible d'identifier l'étoile en faisant appel à une base de données en ligne. Ce point est détaillé ci-dessous.*

3.4. Trouver l'étoile avec une base de données en ligne.

La capture d'écrans suivante montre comment procéder.

<u>Cadre rouge</u> : adresse de la base de données.

<u>Cadre vert</u> : onglet à activer.

<u>Cadre jaune</u> : coordonnées entrées (le « d » après les valeurs numériques signifie que l'on entre des valeurs décimales).

<u>Cadre bleu</u> : le bouton à cliquer pour obtenir une (des) réponse.

Remarque : juste au-dessus à droite de ce cadre, la zone « define a radius » est suivie d'une valeur numérique (en minute d'arc). Il s'agit du cercle à l'intérieur duquel on cherche les étoiles.

SIMBAD: Query by 🛛 🖉 Options and output 🗙 🕂										
← → ⊂ ŵ	🛈 simbad.u	ı-strasbg.fr/sim	0	🔉 🏠 🔍 Reche	ercher) » ≡			
🌣 Les plus visité <mark>s 🚍 Association Astrono 🐵 Météo Châteauroux 🕴</mark> Programme TV Télé 🐵 Google Traductio										
Portal Simbad VizieR Aladin X-Match Other Help										
	SIMBAD: Query by coordinates									
other query modes :	other query modes :Identifier queryCoordinate queryCriteria queryReference queryBasic 									
Enter co	oordinate	es:								
Coordinates: 110.230341933d +52.26797165d The following writings are allow 20 54 05.689 +37 01 17.38 20 54 05.689 +37 01 17.38 10:12:45.3-45:17:50 15h17+10100 15h17+89415 27541185.6954+17459m59.876s 12.34567h-17.87654d 350.123456d-17.3333d <> 350.123456d-17.35456d-17.3565								wed:		
define the input : system : FK5 • epoch : 2000 equinox : 2000									J	
or choose : a predefined frame										
	define a rad	ius : 5	arc min	J						
submit quer	y									

La capture suivante montre les résultats obtenus.

L'étoile la plus proche (des valeurs entrées) est la première. Elle porte un numéro du catalogue HD (Henry Draper) : HD 56711 et sa magnitude visuelle est 7,91.

Utilisation d'Astrometry et exploration des résultats – par Lerautal - l'image initiale appartient à J.L. Betoule - page 7

Show 100 - entries Search:									
N	Identifier 🕚	dist(asec)	Otype	ICRS (J2000) RA	ICRS (J2000) DEC	Mag V	Mag I	Sp type	
1	HD 56711	0.12	*	07 20 55.2867	+52 16 04.583	7.91		K2III	
2	NVSS J072038+521329	216.85	Rad	07 20 38.7	+52 13 30			~	
3	TYC 3405-601-1	265.67	*	07 21 11.1851	+52 19 46.732	11.44		~	
Show	ing 1 to 3 of 3 entrie	es						Previo	

Comment la situer ?

Prenons l'exemple d'une recherche avec Stellarium. Dans l'outil de recherche de ce logiciel tapons HD 56711. Cela donne :



3.5. Autre manière de confirmer l'hypothèse.

L'exécution du programme a généré un fichier image au format fit : « cible.new » Celui-ci est affichable avec le logiciel libre DS9. Examinons le résultat obtenu, page suivante.

					SA	Ulmage d	59				个	×
Fichier Éc	lition	Afficha	age Fenêt	re Bin Zoo	m Scale	Couleur	Région W	CS Analyse	Aide			
Fichier		cible.n	ew									
Objet												
Value	-	4	6							Y.		
Units	-									N		
fk5	α	110.2	23188 δ	52.263682							- X	
Physique	х	226	5.000 Y	322.000								
Image	х	226	5.000 Y	322.000								
Fenëtre 1	X	1.0	000	0.000								
fichier	éditi	ion	affichage	fenêtre	bin	zoom	scale	couleur	région	wcs	analyse	aide
fk4		fk5		icrs	galacti	ques	eclip	tiques	degré	s	sexagesi	mal
	25		51	76	102	12	7	152	178	203	229	

Le curseur de la souris est positionné dans le petit carré jaune <u>dans l'image</u>.

Le <u>cadre vert</u> contient les coordonnées AD et DEC ainsi que les X et Y dans l'image (à comparer avec le tableau page 7).

Le <u>cadre rouge</u> contient une vignette donnant l'orientation de l'image.

Le <u>cadre bleu</u> est un agrandissement de la zone où pointe le curseur de la souris.

L'image subit une symétrie horizontale quand elle s'affiche avec DS9 (le haut devient le bas et réciproquement).

4. Conclusion provisoire

Astrometry donne la bonne réponse sur les coordonnées de l'image (et son orientation).

Il est possible d'accéder aux données contenues dans deux fichiers « fit » simples

L'utilisation des fichiers « fit » annexes ne permet pas de donner la réponse attendue : ceux-ci ne contiennent qu'un nombre restreint d'étoiles (38 dans l'exemple alors que le programme en individualise 576). La plus faible ne figure pas dans la liste.

Lien : http://astrometry.net/doc/readme.html#output-files