

## **Astrometria pozicia mezuro el CCDa bildoj (kun Astrometrica)**

**el Marc SERRAU – Obs. B24 CESSON**

De kiam mi uzas CCD fotilon, mi familiariĝas kun kelkaj teknikoj – aŭ prefere prozeduroj – tiel ĉiu kiu permesas obteni stelajn magnitudajn mezurojn. Mi neniam ekigis la problemon pri pozicia mezuro de objektoj en kaptio, kaj ankoraŭ malpli fari el tiu utilan raporton.

Oni devas diri ke mi observis pokajn mobilajn objektojn. Sed, de kiam la instalo de novan ekvatorialan muntilon kun « GOTO » funkcioj, tio estas aŭtomataj movadoj, tioj observadoj devenis tre facilaj por mi. Post kelkaj rapidaj sukcesoj, mi decidis de primajstri teknikon pri la mezuro de asteroidaj pozicioj. Mia celo estis doni mezurojn al la MPC (Malgranda Planedo Centro aŭ Minor Planet Center<sup>1</sup>).

Ĉi tie estas mia metodo. Ĝi uzas plurajn komputikajn ilojn, kaj priskribas la sendetala uzado de Astrometrica<sup>2</sup>, tio estas « propagaĵo » de la aŭstra amatora astronomo Herbert RAAB, kun tio mi faras la fina astrometrio.

Tio tre pova ilo permesas :

- Legi plie analizi CCDajn bildojn (formataj SBIG aŭ FITS)
- skoltado de stelkampoj kun helpo de astrometria katalogoj tiel UCAC2 aŭ USNO-B1 interaliaj.
- Asistado pri skoltado de objektoj jam konitaj en MPC databazoj tra aŭtomata aliro en MPCORB databazo (kaj aŭtomata ĝisdatigo de MPCORP en la komputilo).

Jen estas mia prozeduro :

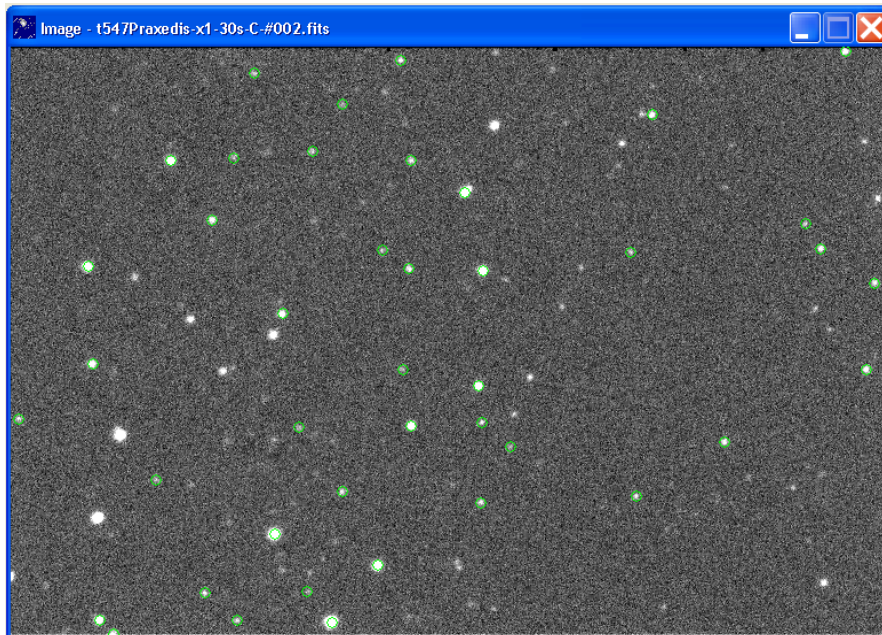
1. Unue, antaŭ la bildkaptio, ni devas pretigi la komputilan holoĝon. Diversaj iloj permesas la horregulado tiel GPS aŭ DCF ricevilo, NTP komputika protokolo, parolanta horloĝo...). Ni devas obteni pli bone ke 0,1s.
2. Naŭ ni povas obteni bildojn. Ne gravas la fotilon aŭ CCD kamerao. L'esenco estas obteni sendeformaĝajn senmoviĝajn bildojn. Zorgu la orientiĝo de la fotilo, la granda kaptila latero estas paralela al akso Eosto-Uesto, la nordo estas supre, ekzemple. Tio faciligos la futura verko, poste. Ne trafu la orientiĝo de la kaptilo dum la nokto. Viaj bildoj estas FITS<sup>3</sup> strukturitaj, la bildoj enhavas la momento de komenco aŭ de mezo de kaptio. Vi devas koni kiel estas definita la momento de kaptio.
3. Zorgu avi pli de 3 steloj sur la bildojchamp, 7 estas preferinda. Kiam la fokalo estas malgranda, tio ne estas problemo. Provu centri la mobilan objekton.
4. Provu havi signalon, almenaŭ signalo/bruo super 20, aŭ fari multajn bildojn.
5. Revenu sur viaj objektoj multfolie en la nokto. Vi devas havi 3 poziciojn por ĉiuj.
6. Ne forgesis fari nigrajn bildojn (« Dark frame »), deĝan bildon (« Offset ») kaj platajn bildojn (« Flats ») por la fotometria kalibriĝi la bildojn.
7. Dum observado, skribu tio vi faras. Notu la liston de objektojn kun proksimuma pozicio de bildcentroj. Kun iloj tiel PRISM<sup>4</sup> por bildakirado, tio estas aŭtomata, kiam la

Ĉielmapo estas pretigita kaj uzita. Normale, tiu informo estas transmita tra la FITS strukturo. Astrometrica legas tiuj informoj sed vi devas provi la transdono de via akirilo. Antaŭe, mi uzis GIOTTO<sup>5</sup> por obteni bildojn kun Hisis23 CCD kamerao ĉar PRISM ne konis tion kameraon. Malfeliĉe, GIOTTO ne kodis koordinatojn de centrbildoj. Rimarku, se viaj bildoj enhavas konitan objekton (asteroidon, kometon aŭ stelon), vi povos trovi facile la centrajn koordinatojn poste. Notu almenaŭ objektnomon en observada raporto.

8. Antaŭlaboru viajn bildojn kun nigraj, deiĝan (« Offset ») kaj platajn bildojn (« Flats ») : vi povos fari forometriajn mezurojn poste kaj kun kosmetikaĵa korektado, algoritmoj funkcias pli bone, stelaj estas stelas (kaj ne varma pikselo) kaj pozicioj estas pli precizaj.
9. Kiam observataj objektoj estas malbrilaj, sumu bildoj de proksimaj momentoj. PRISM havas sumfunkcio kun pozicia diferenckorektado. Tio kunkcio estas tre utila. Astrometrica enhavas ankaŭ tion automata sumfunkcio kun pozicia diferenckorektado sur la asteroido. Ĝi estas tre utila kiam la objekto rapide movas kun estas malbrila.
10. Naŭ vi disponas FITS (aŭ SBIG) pretajn bildojn.
11. Rulu Astrometrica. Iom reguladoj necesindas. Vidu la duan aldonajon. Pensu fari la ĝisdatigon de la MPCORB databazo. (Menuo Internet/MPCOrb)
12. Ŝargu samkampa bildoj samtempe kun Astrometrica. Tiu ilo rekonas daton kaj centran pozicion. (Mi ne kontrolis tion kun SBIG bildojn). Ĝi povas ankaŭ ŝargi nigran kaj platan bildon, tiuj estos uzitaj sur stelbildoj poste. Tio prilaborado ne estas necesa kun bildoj verkitaj kun PRISM. Ĉiel, Astrométrica ne povas fari kosmetikaĵa korektado tiel varmajn pikselojn prilaborado. Do, mi faras tute bildprilaborado kun PRISM.
13. Kun 'Astrometric Data Reduction' funkcio, ni devas difini bildcentro kiam tio ne estas definitiva. Ni povas doni ĝin proksimume. Sed se la bildcentro estas la asteroido, vi povas doni nur la asteroidnumeron aŭ nomon. La ilo komputas efemeridon kaj donas aŭtomate la koordinatojn.
14. Poste Astrométrica analizas bildojn, serĉante stelojn, skoltadas stelojn kun helpon de stelkatalogo. Ĉi tiuj estas :
  - UCAC2 (katalogo sur 3 CD kovrante deklinacioj de -90° ĝis +45° cirkaŭe)
  - L'USNO SA2 ( katalogo sur 1 CD)
  - L'USNO A2 ( katalogo sur 11 CD)
  - L'USNO B1 (trans interreto Vizier databazo), kio anstataŭas SA2 kaj A2

Tiu lasta tre kompleta katalogo necesas interretan konektaĝon. De mia eksperimento, la respondo estis rapida. Sed iafoje, estis problemoj. Mi uzis tiam UCAC2 katalogon tiu estas sur la fiksdiko.

Kiam iom steloj estas konitaj, tiuj steloj devenas « referencajn » stelojn. Tiuj deveas verdaj steloj (tiel esperantaj steloj !! sed koloro povas ŝangi) sur la FITSa bildo. Ĉi-sube, estas ekzemplo kun stelkampoj skoltata kun UCAC2 katalogo, fokalo estas cirkaŭe 2,2 m, la kaptilo estas KAF400 :



La jena fenestro montras skoltbilanco :

Image	Detections	Ref. Stars	Ref./Ast.	Fit Order	dRA	dDe	Ref./Phot.	dmag
t547Praxedis-x1-30s-C-#002.fits	143	42	42	2	0.24"	0.17"	41	0.28mag

13. Kiam la stelkampo ne estas aŭtomate skoltita, Astrométrica proponas mana skoltado : ni devas selfpretigi la orientado (Anglo), optikfocallongo kaj respondi teoriaj steloj (de katalogo) kun bildsteloj. Generale, tio alvenas kiam orientado aŭ fokalo aŭ pikseldimensio estas tro malbone predefinitaj en pretigadoj de Astrometrica. Vi povas ankaŭe selekti malbonan...objekton : la ilo estas perdita. Se la bildo kontenas suface steloj kaj Astrometrica estas bone parametrata – tio estas pratike ĉiam kaso – stelrekono estas aŭtomata. Samaj misaventuroj okazas kiam bildoj estas distorditaj aŭ kiam pluraj bildoj estas tro deŝovitaj ambaŭe.

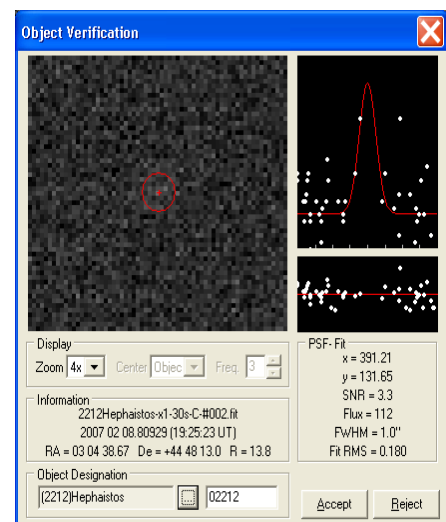
14. Kiam vi ŝargas plurajn bildojn de sama stelkampo, steloj estas rekonitaj sur ĉiuj bildoj.

15. Naŭ, ni povas fari mezurojn de objektpozicio.

La pli simpla metodo estas uzi la aŭtomatan funkcion 'Known Object Overlay' kiu rekonis asteroidojn. Eferemidoj donas la teora pozicion kaj objektoj ekaperi sur la bildojn. Laŭ predonita limitmagnitudo, ni vidas ekaperi gvidsignojn ĉirkaŭe MPC konitaj objektoj. Lupeo permesas precizmontri brilcentron de asteroido kun klicko sur la bildo.

Ĉi tie figuro montras fenestron poste la klicko sur la bildo. La softvaro donas objektnomon kiun la uzanto povas akcepti. Ĉi-tie la objekto estas proksima de limitmezuro.

Astrometrica donas objektnomon kiam la objekto estas en la MPC bazo.



Kiam la mezuro est akceptita (Butono 'Accept'), Astrometrica registras ĝin kaj elmontras nomon sur la bildo, kiu montras precize la mezuron.

Mezuroj estas konservitaj en memorio. Vi povas legi ilin kun la menuo « File/View MPC Report File » kiu montras aŭtomata mesaĝon ironta al MPC. Vi povas ankaŭ legi komputraporton kiu donas detala informo pri la komputaĵo.

Jen, ni alvenas al penfino. La lastega agado estas sendi retpoŝtmesaĝo al MPC kiu enhavas mezurojn (Menuo « Internet / Send MPC Report »).

Vi povas uzi aliajn Astrometrica funkciojn. Tio dokumento ne estas memvole kompleta. Simple, jen estas :

- Bildsumo kun deŝovado laŭ asteroida movado. Jen, ni sumas objektsignalon. Objekto sidas punkto malgraŭ selfmovado. La steloj devenas strekojn. Tre potenca kun rapidaj objektoj.
- Mobilajn objektojn aŭtomata eltrovado. Tiu tre potenca funkcio necesas tri bildojn pri sama stelkampoj. Astrometrica eltrovas automate mobilajn objektojn et proponas direkte mezurojn.
- Movbilda funkcio helpas eltrovi novajn objektojn. Tiam la eltrovado estas pli malfacila. Sed la funkcio necesas nur du bildojn.

Fine, Astrometrica povas helpi amatorajn astronomojn. Kosto ne estas granda kaj kapablo de tre potencajn aŭtomatajn funkciojn kiu faciligas astrometrio. Ĝiaj eblecoj en skoltadi kampstelojn kaj aŭtomata objekteltrovi interesas certe astronoma observisto.

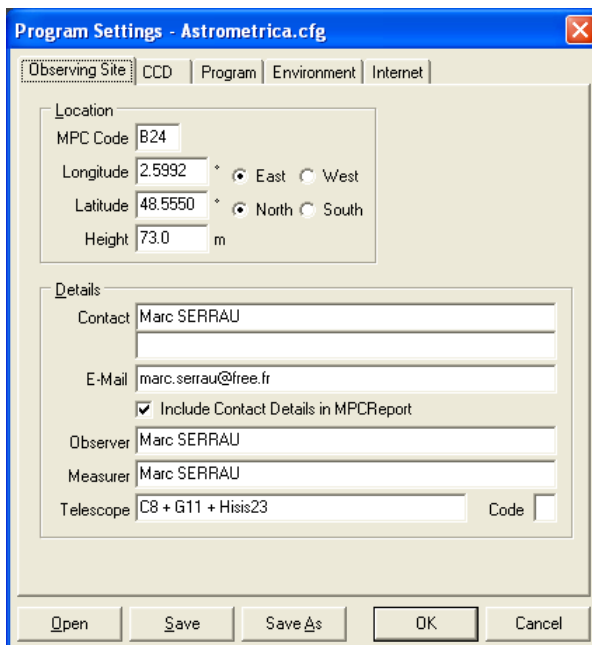
Do, naŭ, provu !

## Aldonaĵo 1 : Ekzemplo de FITS tekstkapo ĝisdatigita per Astrometrica

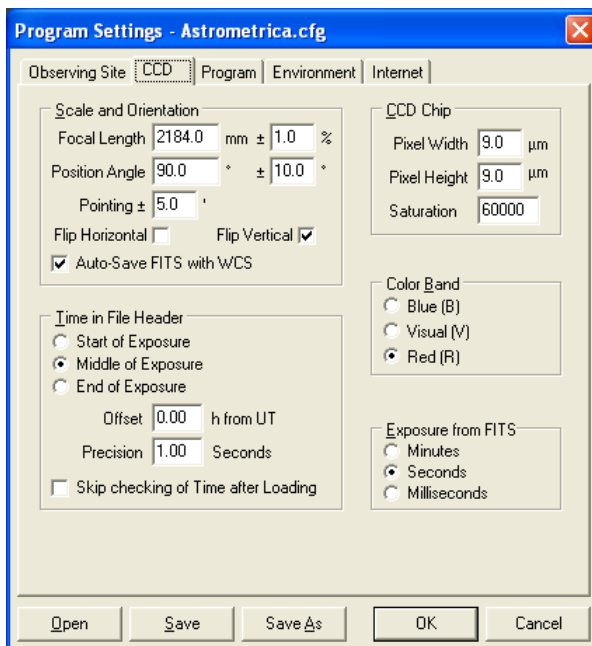
```
SIMPLE = T / Conforms to FITS standard (NOST 100-2.0)
BITPIX = 16 / Number of bits per pixel
NAXIS = 2 / Number of axes
NAXIS1 = 768 / Width of image
NAXIS2 = 512 / Height of image
CREATOR = 'Astrometrica 4.4.1.364' / License: Serrau, Marc
DATE = '2006-12-26' / File creation date
BZERO = +3.2768000000000E+04 / Offset to unsigned integer
BSCALE = +1.0000000000000E+00 / Scaling factor
DATE-OBS= '2006-12-22T21:59:57' / Middle of exposure
TIMESYS = 'UTC' / Time Scale
EXPTIME = 240.00 / Exposure time (seconds)
OBJCTRA = '03 17 53.367' / RA of center of the image
OBJCTDEC= '+00 59 51.523' / DEC of center of the image
EQUINOX = 2000.0 / Equinox for coordinates
CTYPE1 = 'RA---TAN' / Coordinate type
CRPIX1 = +3.8400000000000E+02 / Pixel coordinate of x-reference
CRVAL1 = +4.9472600527673E+01 / Coordinate at x-reference
CDEL1 = -2.3786299803326E-04 / Image scale on x-axis, deg per pixel
CROTA1 = -4.0918986674724E+00 / Rotation of coordinate
CUNIT1 = 'deg' / Unit of coordinate
CTYPE2 = 'DEC--TAN' / Coordinate type
CRPIX2 = +2.5700000000000E+02 / Pixel coordinate of y-reference
CRVAL2 = +9.9762838059789E-01 / Coordinate at y-reference
CDEL2 = +2.3786299803326E-04 / Image scale on y-axis, deg per pixel
CROTA2 = -4.0918986674724E+00 / Rotation of coordinate
CUNIT2 = 'deg' / Unit of coordinate
ORIGIN = 'CESSON' / Origin place of FITS image
JDAY = 2.45409241663763E+006 / julian day of observation
CCD-TEMP= -25.2 / Actual CCD temperature (Degres C)
INSTRUME= 'Hisis 23' / System which created data
TELESCOP= 'C8 F/10' / Telescop
OBSERVER= 'SERRAU Marc' / Observer name
SITELAT = '-00:00:00:00' / Latitude observatory
SITELONG= '-00:00:00:00' / Longitude observatory
BINX = 1 / X binning
BINY = 1 / Y binning
RA = 0.0 / Telescope RA
DEC = 0.0 / Telescope DEC
MIRORX = F / X mirror applied to image
MIRORY = F / Y mirror applied to image
X1 = 3 / X1 image windowing
Y1 = 3 / X2 image windowing
X2 = 1 / Y1 image windowing
Y2 = 1 / Y2 image windowing
COMPRESS= 0 / number of compression
DATAMAX = 499 / Maximum data value
DATAMIN = 434 / Minimum data value
COMPRESS= 0 / number of compression
HISTORY C2,C6,U3
END
```

## Aldonaĵo 2. Regulado en Astrométrica

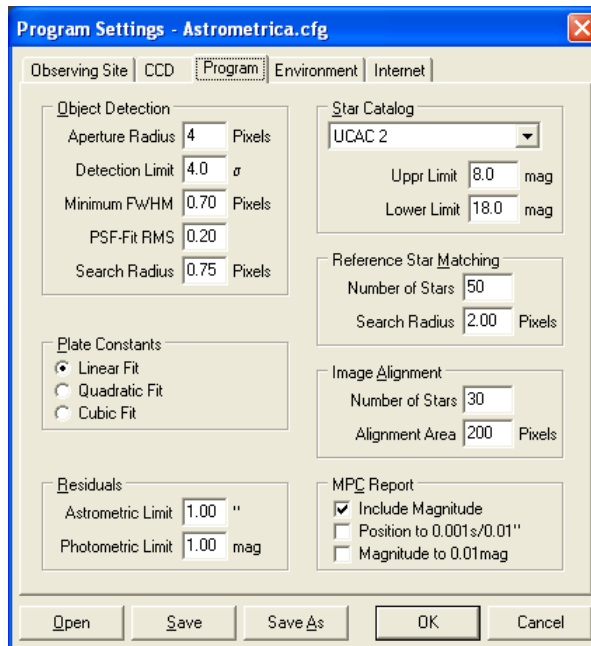
File/Settings menuo permesas pretigi Astrometrica ilo. La unua ongleto koncernas observlokon kaj observulon kaj mezurfarulon :



La dua ongleto koncernas ĉefe la kaptilon, fokalon kaj aliajn informojn koditaj en la bildo :

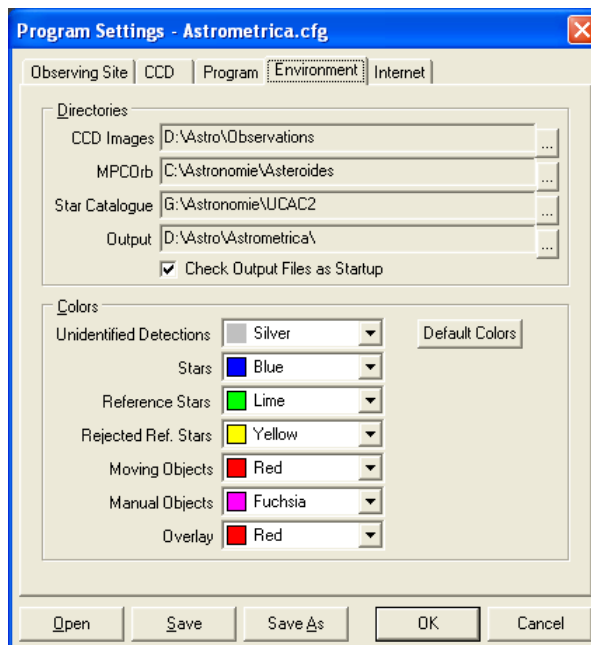


En ongleto Program, mi ŝangis nur katalogdefinadon (Star Catalog) :



Mi elektis « Cubic Fit » ankaŭ, ĉar mi havas ofte suffice steloj en bildoj.

La ongleto « Environment » permesas defini dosierujo lie Astrometrica serĉas bildojn, orbitdonitaĵojn kaj stelkatalogon. Ĉi-tie, povas vi defini kolorojn de aliaj grafikelementoj :



La lasta ongleto permesas pretigi interetaliro trans « Proxy » servilo kaj mesaĝservilaliro por aŭtomate sendi mesaĝon fine, kiu konetas viajn grandvalorajn mezurojn.

Bibliografio :

- [1] MPC : Minor Planet Center (vidu <http://cfa-www.harvard.edu/iau/mpc.html>). <http://cfa-www.harvard.edu/iau/info/Astrometry.html> donas metodo kaj konsiloj.
- [2] FITS : pseŭdo-normo pri astronoma bilda kodado. Strukturo estas fiksa sed informkodado (sintakso) povas vari de komputilo trans komputilo. NOST publikiĝis dokumento kiu resumas FITS : <http://www.cv.nrao.edu/fits/aah2901.pdf> . aliaj informoj estas prezentitaj ĉi-tie : <http://fits.gsfc.nasa.gov/>
- [3] Astrometrica : de Herber RAAB, softvaro kiu vi povas testi senkoste plene dum 100 tagoj. Licenckosto estas 25€ . TTT-ejo estas <http://www.astrometrica.at>
- [4] Prism : de Cyril CAVADORE kaj aliaj, kies TTT-ejo estas <http://www.astroccd.com/prism>
- [5] Giotto : softvaro pri pilotado de HiSIS kamerao de Filippo RICCIO (Europixel) kies TTT-ejo estas <http://www.europixel.it/europixelweb/software.htm> .