

# Guia de referència per l'anàlisi astromètric amb IRAF

## Universitat de Barcelona

Subirà Vallès, Montserrat

Blanco Cuaresma, Sergi

Peña Pérez, Dídac

Ruiz Dern, Laura

29 de juliol de 2011

# Índex

<b>1</b>	<b>Objectius</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Instrumentació</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Preparació de l'entorn IRAF</b>	<b>3</b>
3.1	Instal·lació . . . . .	3
3.2	Execució . . . . .	4
3.3	Comandes bàsiques . . . . .	4
<b>4</b>	<b>Anàlisi astromètric</b>	<b>5</b>
4.1	Preparació dels fitxers d'entrada . . . . .	5
4.2	Reducció de les imatges . . . . .	8
4.3	Alineament . . . . .	9
4.4	Transformació de coordenades . . . . .	9
4.5	Mesura de coordenades . . . . .	11
<b>5</b>	<b>AnnexI. Imatges RGB</b>	<b>11</b>
5.1	Reducció de les imatges . . . . .	11
5.2	Alineament . . . . .	12
5.3	Composició . . . . .	13

# 1 Objectius

El present document és una recopilació de les accions portades a terme amb el programa IRAF per a la reducció d'imatges preses per a la pràctica d'astrometria, corresponents a l'assignatura d'Astronomia observacional de la Universitat de Barcelona.

No obstant, el document ha estat preparat per tal de que també pugui ser utilitzat com una guia de referència general per a la reducció d'imatges amb IRAF.

## 2 Instrumentació

Les imatges, reduïdes i analitzades amb IRAF per a la redacció d'aquest document, han estat obtingudes mitjançant una CCD QSI 540 amb les següents característiques:

- Xip: KODAK KAF-4020 de 2048x2048 píxels, cadascun d'ells de  $7.3 \times 7.3 \mu m$
- Camp del telescopi:  $42' \times 42'$
- Saturació: 40.000 electrons
- Dues rodes de filtres: UBVRI i LRGB

## 3 Preparació de l'entorn IRAF

IRAF requereix un entorn Unix per a la seva instal·lació. En aquest apartat es descriu la instal·lació en un sistema Ubuntu GNU/Linux.

### 3.1 Instal·lació

Com usuari administrador en un sistema Ubuntu GNU/Linux, es requereix disposar de la shell 'csh' i crear l'usuari 'iraf':

```
apt-get install csh
mkdir -p /iraf/iraf
useradd -d /iraf/iraf/local -m -s /bin/csh iraf
```

Un cop creat l'usuari, descarregar el fitxer 'iraf.linux.x86\_64.gz'<sup>1</sup> (o 'iraf.linux.x86.gz' si el sistema és de 32 bits) i guardar-ho a '/iraf/' per poder fer la descompressió:

```
cd /iraf/iraf/
cat /iraf/iraf.linux.x86_64.gz | zcat | tar -xpf -
chown -R iraf:iraf /iraf
```

A continuació s'edita el fitxer '/iraf/iraf/unix/hlib/install' per tal d'afegir, al principi de tot:

```
set nonomatch
```

Seguidament, es prepara l'entorn per a la instal·lació:

```
cd /iraf/iraf/unix/hlib
csh
setenv iraf /iraf/iraf/
source $iraf/unix/hlib/irafuser.csh
```

És recomanable primer fer una simulació d'instal·lació per tal de detectar si existeix algun tipus de problema:

```
./install -n
```

Si no ha aparegut cap missatge d'error, es deixen tots els paràmetres per defecte i es pot procedir a la instal·lació real:

```
./install
```

En aquesta ocasió, es deixaran tots els paràmetres per defecte a excepció de:

```
Configure IRAF Networking on this machine? (yes): no
...
Create a default tapecap file? (yes): no
```

---

<sup>1</sup><http://iraf.noao.edu/>

Un cop finalitzada la instal·lació d'IRAF, es surt de la shell 'csh':

```
% exit
```

Per a la versió 2.15.1a 64 bits, es recomana descarregar unes correccions de bugs que seran utilitzades per a alguna tasca concreta de fotometria:

```
cd /iraf/iraf/bin.linux64/
mv ecl.e ecl64.e
wget ftp://iraf.noao.edu/iraf/v215/support/linux/ecl.e
mv ecl.e ecl32.e
ln -s ecl64.e ecl.e

cd /iraf/iraf/noao/bin.linux64
mv x_photcal.e x_photcal64.e
wget ftp://iraf.noao.edu/iraf/v215/support/linux/x_photcal.e
chmod 755 x_photcal.e
mv x_photcal.e x_photcal32.e
ln -s x_photcal64.e x_photcal.e

chown iraf:iraf /iraf/iraf/bin.linux64/* /iraf/iraf/noao/bin.linux64/*
```

A continuació cal instal·lar 'xgterm', la terminal que utilitza IRAF:

```
mkdir x11iraf-v2.0BETA-bin.linux/
cd x11iraf-v2.0BETA-bin.linux/
wget ftp://iraf.noao.edu/iraf/x11iraf/x11iraf-v2.0BETA-bin.linux.tar.gz
tar -zxvf x11iraf-v2.0BETA-bin.linux.tar.gz
sudo ./install
```

Un cop instal·lat, serà necessari crear el fitxer '/usr/local/bin/iraf.sh' amb el següent contingut:

```
#!/bin/bash
cd $HOME
/usr/local/bin/ds9 &
/usr/local/bin/xgterm -G 1100x350+10-10 -sbr -fn 9x15 -sl 400 -cr red -title IRAF -bg "
    black" -fg "white" -geometry 120x34 -e cl
```

I donar-li permisos d'execució:

```
chmod 755 /usr/local/bin/iraf.sh
```

Finalment, es descarrega el programa DS9 (entorn per a la visualització i anàlisi d'imatges FITS)<sup>2</sup> per tal de descomprimir-lo i copiar l'executable a un dels directoris del sistema:

```
wget http://hea-www.harvard.edu/saord/download/ds9/linux64/ds9.linux64.6.2.tar.gz
tar -zxvf ds9.linux64.6.2.tar.gz
mv ds9 /usr/local/bin
```

## 3.2 Execució

Per poder accedir a IRAF amb un usuari normal, la primera vegada s'haurà d'executar 'mkiraf' i seleccionar 'xgterm' com a terminal:

```
cd && mkiraf && iraf.sh
```

D'aquesta forma 'mkiraf' crearà el fitxer 'login.cl' i el directori 'uparm', necessaris per IRAF. Les següents vegades que es vulgui accedir a IRAF només serà necessari executar:

```
iraf.sh
```

## 3.3 Comandes bàsiques

Algunes comandes d'utilitat general que poden ser utilitzades en iniciar l'entorn:

**logout** Sortir

**package** Llista paquets que poden ser carregats escrivint directament el seu nom (p.ex. 'imred', 'ccdred')

**bye** Descarrega el paquet actual

**help** Ajuda de comandes concretes

---

<sup>2</sup><http://hea-www.harvard.edu/RD/ds9/>

**show** | **page** Llista les variables d'entorn

**show editor** Mostra la variable d'entorn 'editor'

**set editor=vim** Canvia una variable d'entorn (en aquest cas fa referència a l'editor que s'executarà quan s'utilitzi la comanda 'edit fitxer')

**cd imdir** Canvia al directori d'imatges FIT de l'usuari (habitualment */iraf/imir/usuari/*)

**pwd** Mostra el directori actual

**ls** Llista fitxers i directoris

**lparam imstat** Llista els paràmetres de la comanda 'imstat'.

**epar imstat** Modifica els paràmetres de la comanda 'imstat' que pot ser executada a continuació. Per sortir de l'edició guardant CTRL+D, sense guardar CTRL+C.

**imstat fitxer.fits** Mostra estadístiques del fitxer FIT. És important que aquest tingui extensió '.fits' o '.fits' en minúscules.

**delete fitxer** Esborra un fitxer

**cl < calibrate.cl** Executa un script anomenat 'calibrate.cl' ubicat al directori actual

**less fitxer** Visualitza un fitxer de text ('q' per sortir)

**! gedit fitxer** Executa la comanda del sistema 'less fitxer'

## 4 Anàlisi astromètric

A continuació es descriu el procés de reducció d'imatges brutes per tal de poder mesurar posicions d'objectes.

Cal destacar que les imatges FITS han de tenir extensions 'fit' o 'fits' en minúscules ja que sinó és probable que l'IRAF no les pugui obrir correctament. Per renombrar massivament un conjunt de fitxers a GNU/Linux s'empra:

```
$ rename 's/\.FITS$/\.fits/' *
$ rename 's/\.FITS$/\.fits/' *
```

### 4.1 Preparació dels fitxers d'entrada

1. Abans de començar, és important guardar una còpia de totes les imatges FITS que s'utilitzaran donat que el procés sobreescrirà moltes d'elles.
2. S'inicia el programa gràfic DS9 mitjançant l'execució de 'ds9':

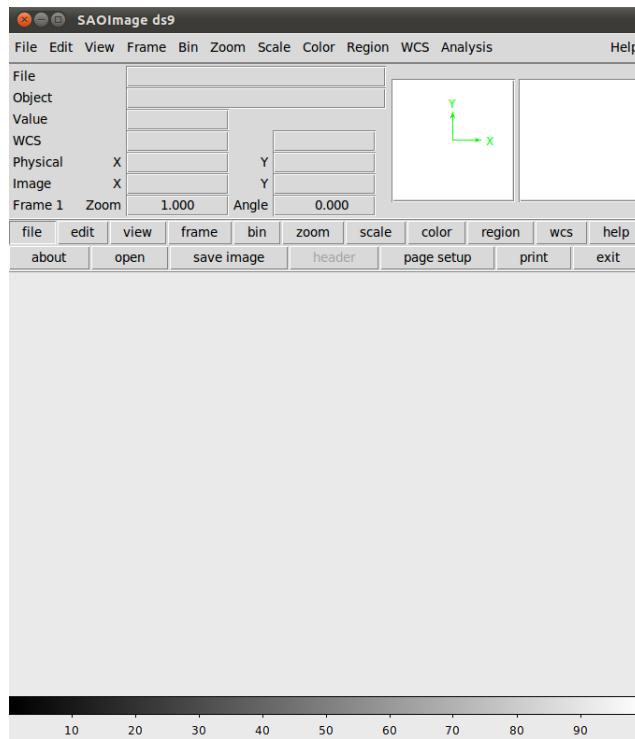


Figura 1: DS9, visualitzador d'imatges FITS

3. S'inicia l'entorn IRAF, situant-se al directori a on estan les imatges (habitualment “/iraf/indir/usuari/”, referenciat per la variable 'indir'):

```
$ cl
ecl>
ecl> cd indir
```



Figura 2: Entorn IRAF

Pel present treball es disposa dels següents fitxers inicials (entre altres):

```
ecl> ls
aglaia_30_1.fits          cometa_60_1.fits          nysa_30_2.fits
aglaia_30_1_shifted.fits.ctr.1  cometa_60_2.fits          RGB
aglaia_30_2.fits          dark_200_1.fits          scripts
aglaia_30_2_shifted.fits.ctr.1  dark_200_2.fits          thalia_30_1.fits
charts                    massalia_30_1.fits        thalia_30_2.fits
```

```

cometa_120_1.fits      massalia_30_2.fits      thetis_30_1.fits
cometa_120_2.fits      melpomene_30_1.fits    thetis_30_2.fits
cometa_120_4.fits      melpomene_30_2.fits
cometa_120_L_3.fits    nysa_30_1.fits

```

La nomenclatura dels fitxers correspon al nom de l'objecte o el text 'dark', els segons d'exposició i l'ordre de la imatge.

- Per visualitzar les imatges al programa DS9, es pot utilitzar la comanda 'display':

```
ecl> display aglaja_30_1.fits 1 fill+
```

DS9 disposa de diferents 'frames' a on es poden carregar diferents imatges simultàniament i alternar-les entre elles pressionant 'tabulador':

```

ecl> display cometa_120_1.fits 1 fill+
ecl> display cometa_120_2.fits 2 fill+
ecl> display cometa_120_4.fits 3 fill+

```

En cas de que la visualització no sigui satisfactòria, es poden ajustar diferents paràmetres al menú 'Scale' de DS9.

- Per tal de llistar la capçalera d'una de les imatges a reduir s'utilitzarà 'imhead':

```

ecl> imhead aglaja_30_1.fits l+

aglaja_30_1.fits [2048,2048][ushort]:
No bad pixels, min=0., max=0. (old)
Line storage mode, physdim [2048,2048], length of user area 1337 s.u.
Created Mon 11:03:01 13-Jun-2011, Last modified Wed 06:23:37 06-Apr-2011
Pixel file "aglaja_30_1.fits" [ok]
BSCALE = 1.0000000000000000 /physical = BZERO + BSCALE*array_value
BZERO = 32768.000000000000 /physical = BZERO + BSCALE*array_value
DATE-OBS= '2011-04-05T22:41:14' /YYYY-MM-DDThh:mm:ss observation start, UT
EXPTIME = 30.0000000000000000 /Exposure time in seconds
EXPOSURE= 30.0000000000000000 /Exposure time in seconds
SET-TEMP= -20.0000000000000000 /CCD temperature setpoint in C
CCD-TEMP= -20.0000000000000000 /CCD temperature at start of exposure in C
XPIXSZ = 7.4000000000000004 /Pixel Width in microns (after binning)
YPIXSZ = 7.4000000000000004 /Pixel Height in microns (after binning)
XBINNING= 1 /Binning factor in width
YBINNING= 1 /Binning factor in height
XORGSUB= 0 /Subframe X position in binned pixels
YORGSUB= 0 /Subframe Y position in binned pixels
FILTER = 'Filter 5' / Filter used when taking image
IMAGETYP= 'Light Frame' / Type of image
JD = 2455657.4453009260 /Julian Date at start of exposure
FOCALLEN= 0.0000000000000000 /Focal length of telescope in mm
APTDIA = 0.0000000000000000 /Aperture diameter of telescope in mm
APTAREA = 0.0000000000000000 /Aperture area of telescope in mm^2
EGAIN = 0.7500000000000000 /Electronic gain in e-/ADU
SWCREATE= 'MaxIm DL Version 5.12' /Name of software that created the image
SBSTDVER= 'SBFITSEXT Version 1.0' /Version of SBFITSEXT standard in effect
OBJECT = ' '
TELESCOP= ' ' / telescope used to acquire this image
INSTRUME= 'QSI 540ws S/N 00504328 HW 06.00.00 FW 05.02.03 PI 5.2.0.0'
OBSERVER= ' '
NOTES = ' '
FLIPSTAT= ' '
CSTRETCH= 'Medium' / Initial display stretch mode
CBLACK = 243 /Initial display black level in ADUs
CWHITE = 607 /Initial display white level in ADUs
PEDESTAL= 0 /Correction to add for zero-based ADU
SOWNER = 'Consorti del Montsec-2' /Licensed owner of software

```

S'observa que la imatge és de 2048x2048 píxels i que no existeixen les següents seccions:

- TRIMSEC: Píxels útils de la imatge
- BIASEC: Regió no exposada a la llum (*overscan*)

- Es defineixen els camps de capçalera que s'han detectat que faltaven:

```

hedit *.fits TRIMSEC [1:2048,1:2048] verify - show+ add+
hedit *.fits BIASSEC [""] verify - show+ add+

hedit RGB/*.fits TRIMSEC [1:2048,1:2048] verify - show+ add+
hedit RGB/*.fits BIASSEC [""] verify - show+ add+

```

7. A banda de l'astrometria amb asteroides i cometes, al subdirectori "RGB" es disposa de *darks* i captures d'objectes per composar imatges RGB. Aquests darks i les imatges han de disposar d'un camp IMAGETYP que les identifiqui com a tal:

```
hedit RGB/dark_*.fits IMAGETYP dark verify - show+ add+
hedit RGB/m51*.fits IMAGETYP object verify - show+ add+
hedit RGB/sombrero*.fits IMAGETYP object verify - show+ add+
```

Adicionalment, les imatges capturades amb diferents filtres també s'han de diferenciar:

```
hedit RGB/*_L_*.fits FILTERS L verify - show+ add+
hedit RGB/*_R_*.fits FILTERS R verify - show+ add+
hedit RGB/*_G_*.fits FILTERS G verify - show+ add+
hedit RGB/*_B_*.fits FILTERS B verify - show+ add+
```

És possible validar massivament que els valors són correctes amb 'ccdlist':

```
ecl> imred
imred> ccdred
ccdred> ccdlist RGB/*.fits
RGB/dark_200_1.fits [2048,2048][ushort][dark][ ]:
RGB/dark_200_2.fits [2048,2048][ushort][dark][ ]:
RGB/m51_200_B_1.fits [2023,2024][short][object][B][D]:
RGB/m51_200_G_1.fits [2023,2024][short][object][G][D]:
RGB/m51_200_L_1.fits [2023,2024][short][object][L][D]:
RGB/m51_200_R_1.fits [2023,2024][short][object][R][D]:
RGB/sombrero_200_B_1.fits [2017,2029][short][object][B][D]:
RGB/sombrero_200_G_1.fits [2017,2029][short][object][G][D]:
RGB/sombrero_200_L_1.fits [2017,2029][short][object][L][D]:
RGB/sombrero_200_R_1.fits [2017,2029][short][object][R][D]:
```

## 4.2 Reducció de les imatges

El procés per a la reducció d'una imatge requereix principalment portar a terme les següents operacions:

$$Imatge\ reduida = \frac{(Imatge\ original_{filtre} - Dark_{temps\ imatge})}{(Flat_{filtre} - Dark_{temps\ flat})_{normalitzat}}$$

No obstant, com no es disposa de flats, només podran ser aplicats els darks:

$$Imatge\ reduida = Imatge\ original_{filtre} - Dark_{temps\ imatge}$$

1. Per tal de que la tasca de reducció 'ccdproc' interpreti correctament les capçaleres dels fitxers, es configura per realitzar fotometria amb CCD directe:

```
ecl> imred
imred> ccdred
imred> cd imdir
ccdred> setinstrument direct
```

Es modifica el paràmetre 'pixelty' de manera que les operacions es realitzin utilitzant coma flotant però les imatges resultants continuïn sent representades per nombres reals:

```
(pixelty= short real) Output and calculation pixel datatypes
```

La resta de paràmetres no es modifiquen (ctrl+d, ctrl+d).

2. Els fitxers dark de la mateixa exposició i preses a la mateixa nit es combinen mitjançant les següents comandes:

```
darkcombine dark_200_?.fits output=dark_200_combined.fits combine=average reject=
minmax ccdtype=dark scale=exposure process=
```

D'aquesta manera es redueixen possibles efectes de rajos còsmics que hagin caigut sobre la CCD al moment de l'exposició.

3. Finalment, es procedeix a realitzar la reducció de les imatges (el *dark* serà extrapolat automàticament en funció del temps d'exposició de cada imatge):

```
ccdproc m51*.fits ccdtype=object oversca- trim- zerocor- darkcor+ flatcor- dark=
dark_200_combined.fits
ccdproc sombrero*.fits ccdtype=object oversca- trim- zerocor- darkcor+ flatcor- dark
=dark_200_combined.fits
```



### 4.3 Alineament

1. En cas de tenir imatges fortament desalineades, fet habitual en astrometria donat que es treballa amb imatges preses en intervals de temps grans, és probable que l'alineament automàtic no funcioni com s'espera i s'hagi de fer un primer ajustament manual. Per això, es visualitzen les imatges a alinear a 'ds9':

```
display aglaja_30_1.fits 1 fill+
display aglaja_30_2.fits 2 fill+
```

Es mesura la posició d'una estrella que es trobi present a totes les imatges:

```
delete coord.txt
center aglaja_30_1.fits, aglaja_30_2.fits output=coord.txt
```

Per trobar les coordenades amb 'center', es situa el cursor sobre l'estrella i es pressiona 'espai' (el resultat es visualitza per pantalla). I, a continuació, 'q' i 'n' per passar a la següent imatge (s'ha de pressionar també 'tabulador' al DS9). A la darrera imatge s'ha de pressionar 'q' i 'w'. Per pantalla es mostrarà (nom del fitxer, X i Y a on s'ha fet click, X i Y a on es troba l'estrella, errors):

```
aglaja_30_1.fits    902.50   502.50   904.48   502.10   0.00   0.00   ok
aglaja_30_2.fits    874.50   466.50   872.48   466.44   0.00   0.00   ok
```

S'agafa com a referència la primera imatge (904.48 502.10) i es calculen manualment els desplaçaments que cal aplicar a la segona (32 35.660). A continuació es poden aplicar aquests desplaçaments amb 'imshift':

```
imshift aglaja_30_1.fits aglaja_30_1_shifted.fits 0 0
imshift aglaja_30_2.fits aglaja_30_2_shifted.fits 32 35.660 interp_type=linear
boundary_type=constant
```

2. Per altra banda, si es desitja realitzar un alineament automàtic, cal seguir els passos descrits a la secció 5.2.

### 4.4 Transformació de coordenades

1. Es requereix un llistat de coordenades d'objectes de referència de la regió a on està l'asteroide o cometa<sup>3</sup>. Per això, es pot fer ús de la web *US Naval Observatory PMM*<sup>4</sup>, a la secció "*Catalogue and Image Archive*" introduir l'ascensió recta i declinació a la que apuntava el telescopi en prendre la imatge (p.ex. l'asteroide aglaja: 08 13 53.01 i +24 08 10.3), el camp de la CCD (42"x42" en aquest cas), seleccionar el catàleg UCAC-3 (error associat de  $\pm 0.02''$  si la magnitud de l'objecte està aproximadament entre 10 i 14, i  $\pm 0.07''$  si la magnitud és superior a 14) i pressionar "*Retrieve Data*":

Figura 3: *US Naval Observatory PMM*: Formulari per obtenir un llistat de coordenades d'objectes de referències d'una regió del cel.

<sup>3</sup> Alternatives al mètode explicat a la guia: 1) Instal·lar WCS Tools i utilitzar la comanda 'scat' (també disposa de paquet per IRAF): <http://tdc-www.harvard.edu/wcstools/> 2) Instal·lar el paquet STSDAS per IRAF per utilitzar la tasca 'regions': [http://www.stsci.edu/resources/software\\_hardware/stsdas](http://www.stsci.edu/resources/software_hardware/stsdas)

<sup>4</sup> <http://ftp.nofs.navy.mil/projects/pmm/>

A continuació s'actualitzarà la part superior de la web amb una imatge de la regió i un enllaç amb el llistat de coordenades. Cal anotar l'adreça URL d'aquest llistat per a utilitzar-la al següent pas:

### Catalogue and Finder Chart Results

[Star Chart](#)  
[UCAC 3 Star List](#) [File Format Info](#)

```
Field Name: NoName
Equinox, Epoch : J2000.0 2000.00
Field Center (RA,DEC): 8.2313917 , 24.1361944 [hours,degrees]
Field Size (RA,DEC): 0.7000000 x 0.7000000 [degrees]
Primary Magnitude: R2
Bright and Faint Mag. Limits: 0.00, 100.00
Catalogue Color: B2 - R2
Blue and Red Color Limits: -100.00, 100.00
Proper Motion Limits: 0.00, 10000.00 [milli-arcsec/yr]
Catalogue(s): UCAC3
Star Lists are sorted in: RA
Epoch Date format: Julian Epoch (YYYY.YYYY)
Retrieve Images: No
```

Figura 4: *US Naval Observatory PMM*: Enllaç al fitxer de coordenades generat.

- Es descarrega el fitxer generat amb 'wget' i l'adreça URL obtinguda al punt anterior, guardant-se com 'aglaja\_30\_1.ucac3.txt':

```
!wget http://www.nofs.navy.mil/tmp/fchtuZVSD_ucac3 -O aglaja_30_1.ucac3.txt
```

D'aquest fitxer, s'han de descartar les línies inicials, a on només hi ha informació descriptiva, i extreure les columnes amb les ascensions rectes i les declinacions. Per a això es farà ús de 'awk' i es crearà el fitxer 'aglaja\_30\_1.coo':

```
!awk 'NR > 33 { print $5 ":" $6 ":" $7, $8 ":" $9 ":" $10 }' aglaja_30_1.ucac3.txt >
aglaja_30_1.coo
```

- Ara, amb la tasca 'ccfind' del paquet 'imcoord', ja és possible buscar les estrelles del fitxer a la imatge. Per a això serà necessari de nou conèixer a on estava apuntant el telescopi en el moment de la captura (p.ex. l'asteroide Aglaja: 08 13 53.01 i +24 08 10.3), així com el camp de visió que cobreix un píxel de la imatge (1.23 en aquest cas).

```
ecl> imcoord
imcoord> ccfind aglaja_30_1.coo aglaja_30_1.match lngref=08:12:27 latref=24:08:15
refsystem=J2000 xmag=-1.23 ymag=1.23 image=aglaja_30_1_shifted.fits
```

El resultat es guarda a 'aglaja\_30\_1.match'. Cal fer notar que 'xmag' i 'ymag' també poden tenir valors negatius, en aquest cas significaria que el telescopi estava orientat de forma invertida a l'eix X i/o Y. És important tenir aquesta informació del dia de l'observació per facilitar la identificació automàtica d'estrelles de referència.

- La transformació entre les coordenades de la imatge i les coordenades equatorials ( $\alpha$ ,  $\delta$ ) es realitzarà amb la tasca 'ccmap', la qual fa un ajustament per mínims quadrats:

$$\alpha = a_{11} + a_{21} \cdot x + a_{12} \cdot y + a_{31} \cdot x^2 + a_{22} \cdot x \cdot y + a_{13} \cdot y$$

$$\delta = a'_{11} + a'_{21} \cdot x + a'_{12} \cdot y + a'_{31} \cdot x^2 + a'_{22} \cdot x \cdot y + a'_{13} \cdot y$$

```
ccmap aglaja_30_1_shifted.match aglaja_30_1_shifted.db lngcol=1 latcol=2 xcol=3 ycol=
4 refopt=user lngref=08:12:27 latref=24:08:15 refsystem=J2000 results=
aglaja_30_1_shifted.details.db xxorder=2 xyorder=2 yxorder=2 yyorder=2 xterms =
"half" yterms = "half" maxiter=0 interactive=
# Modify image coordinates:
ccsetwcs aglaja_30_1_shifted aglaja_30_1_shifted.db aglaja_30_1_shifted.match
```

Els resultats de l'ajustament es poden trobar a 'aglaja\_30\_1.db' i els detalls de cadascuna de les estrelles ajustades a 'aglaja\_30\_1.details.db'.

5. Per poder visualitzar els resultats amb 'ds9', enlloc d'utilitzar la habitual tasca 'display', serà necessari

```
!ds9 -port 0 -unix none aglaja_30_1_shifted.fits &
```

## 4.5 Mesura de coordenades

1. Per mesurar les coordenades equatorials d'un o diversos objectes, primer s'ha d'identificar la seva posició a la imatge mitjançant:

```
display aglaja_30_1_shifted.fits 1 fill+
display aglaja_30_2_shifted.fits 2 fill+
center aglaja_30_1_shifted.fits interactive+
```

Al DS9, situant el cursor sobre les estrelles i pressionant 'espai' es registraran les coordenades corresponents. Per sortir cal pressionar 'q' al DS9 i 'w' a l'entorn IRAF. El fitxer de coordenades s'anomenarà 'aglaja\_30\_1\_shifted.fits.ctr.1'. Si es desitja visualitzar la selecció s'utilitzarà 'tvmark':

```
display aglaja_30_1_shifted.fits 1 fill+
tvmark 1 aglaja_30_1_shifted.fits.ctr.1 color=204 mark=circle radii="5,10,20"
```

Cal destacar que en cas que es torni a executar un 'center' per ampliar la selecció, es generarà un nou fitxer 'aglaja\_30\_1\_shifted.fits.ctr.2' que pot ser integrat al primer mitjançant:

```
cat aglaja_30_1_shifted.fits.ctr.2 |grep -v "\#" >> aglaja_30_1_shifted.fits.ctr.1
```

2. El fitxer de coordenades serà simplificat per tal de disposar exclusivament de les columnes necessàries:

```
txdump aglaja_30_1_shifted.fits.ctr.1 XCEN,YCEN yes > aglaja_30_1.pix
```

3. Finalment, per mesurar les coordenades equatorials  $\alpha$  i  $\delta$  a partir dels píxels X i Y:

```
cctran aglaja_30_1_shifted.pix aglaja_30_1_shifted.astrometry aglaja_30_1_shifted.db
      aglaja_30_1_shifted.match lngformat=%0.3h latformat=%0.2h
cctran aglaja_30_1_shifted.pix STDOUT aglaja_30_1_shifted.db aglaja_30_1_shifted.
      match lngformat=%13.7g latformat=%13.7g >> aglaja_30_1_shifted.astrometry
```

Aquestes tasques generen el fitxer 'aglaja\_30\_1.astrom' amb els resultats en dos formats diferents.

## 5 AnnexI. Imatges RGB

En el marc de la pràctica d'astrometria, corresponent a l'assignatura d'Astronomia observacional de la Universitat de Barcelona, i com a tasca addicional, s'han obtingut captures de galàxies amb diferents filtres amb l'objectiu de compondre imatges RGB.

Per tal d'obtenir imatges en color, caldrà primer reduir les imatges, alinear-les i finalment compondre-les. En aquesta secció s'explica el procés complert, el qual depèn de la correcta preparació dels fitxers d'entrada, segons es descriu a la secció 4.1.

### 5.1 Reducció de les imatges

Aquest procés és igual que al desenvolupat a la secció 4.2, amb la diferència que la reducció d'imatges finals amb la comanda 'ccdproc' es realitza sobre imatges diferents:

```
cd imdir
cd RGB/
ccdproc m51*.fits ccdtype=object oversca- trim- zerocor- darkcor+ flatcor- dark=../
      dark_200_combined.fits
ccdproc sombrero*.fits ccdtype=object oversca- trim- zerocor- darkcor+ flatcor- dark=../
      dark_200_combined.fits
```

## 5.2 Alineament

1. Per tal de realitzar l'alineament d'imatges: es carreguen els paquets d'anàlisi corresponents, s'escolleix una imatge de referència (preferentment una que disposi el mateix desplaçament a dreta i esquerra) i s'executa la detecció automàtica d'estrelles.

```
ecl> digiphot
digiphot> apphot
apphot> imcopy m51_200_R_1.fits m51_200_R_ref.fits
apphot> daofind m51_200_R_ref.fits fwhmpsf=3 sigma=14.0 threshold=100 datamin=10
          datamax=40000 verify-
```

La informació necessària per ajustar els diferents paràmetres per cada grup d'imatges es pot obtenir amb la comanda 'imexamine':

- (a) fwhmpsf (amplada a meitat): es recomana que sigui dues vegades el radi a alçada meitat de les gràfiques de lluminositat de les estrelles
  - (b) sigma (desviació estàndard): correspon al valor més gran detectat per zones de cel
  - (c) threshold: 100 vegades el soroll en ADUs. Com més gran, menys estrelles es detectaran.
  - (d) datamin i datamax: estableixen el nombre de comptes mínim i màxim per a confiar en els resultats (p.ex. evitar ús d'estrelles saturades).
2. La tasca 'daofind' genera el fitxer 'm51\_200\_R\_ref.fits.coo.1' amb les coordenades de les estrelles identificades i altres característiques. No obstant, es requereix crear un nou fitxer que contingui únicament les coordenades per tal que sigui compatible amb DS9 (s'ordenaran per claredat prèviament):

```
txsort m51_200_R_ref.fits.coo.1 SHARPNESS ascend=no
txdump m51_200_R_ref.fits.coo.1 XCENTER,YCENTER "SHARPNESS != INDEF" > m51_200_R_ref
      .fits.reg
```

3. És possible visualitzar les estrelles identificades per 'daofind' sobre la imatge original. S'utilitzaran 3 cercles de radis diferents:

```
apphot> display m51_200_R_ref.fits 1 fill+
apphot> tvmark 1 m51_200_R_ref.fits.reg color=204 mark=circle radii="5,10,20"
```

O modificar la llista d'estrelles:

```
apphot> display m51_200_R_ref.fits 1 fill+
apphot> tvmark 1 m51_200_R_ref.fits.reg color=204 mark=circle radii="5,10,20"
          interactive=yes
```

Comandes possibles:

- (a) 'l' marca totes les estrelles a la imatge
  - (b) 'n' marca la següent estrella del llistat a la imatge
  - (c) 'm' passa a la següent estrella del llistat
  - (d) 'o' torna a l'inici de la llista d'estrelles
  - (e) 'd' esborra l'estrella més propera a on està situat el cursor
  - (f) 'a' afegeix la posició a on està el cursor al llistat
  - (g) '??' ajuda
4. Finalment, per realitzar l'alineament fi de les imatges:

```
imalign m51_200_?_1.fits reference=m51_200_R_ref.fits coords=m51_200_R_ref.fits.reg
          output=m51_200_?_1.fits boxsize=15 bigbox=30 trim+
```

El paràmetre BOXSIZE representa una capsula d' X per X píxels en la qual hi cap cada estrella de la imatge. BIGBOX determina el marge en el que es mouran les imatges.

### 5.3 Composició

Quan es disposa d'imatges alineades i preses amb diferents filtres, es poden combinar per generar una imatge en color mitjançant DS9:

```
!ds9 -view info no -view panner no -view magnifier no -view buttons no -view colorbar no  
-zoom 1 -zmax -scale open -smooth open -rgb -red m51_200_R_1.fits -green m51_200_B_1.  
fits -blue m51_200_L_1.fits &
```

```
!ds9 -view info no -view panner no -view magnifier no -view buttons no -view colorbar no  
-zoom 1 -zmax -scale open -smooth open -rgb -red sombrero_200_R_1.fits -green  
sombrero_200_G_1.fits -blue sombrero_200_L_1.fits &
```

L'ordre amb el que s'assigna cada filtre al color vermell, verd o blau (RGB) es pot canviar per tal de donar més importància a algun dels colors. Des de DS9 es poden ajustar els histogrames per a cadascun, així com difuminar estrelles.