

Astronomia Observacional: FOTOMETRIA D'UN CÚMUL OBERT

Laura Ruiz Dem
Dídac Pérez Peña
Montse Subirà Vallès
Sergi Blanco Cuaresma

Taula de continguts

1. Objectius.....	3
2. Material previ.....	3
2.1. Cúmul oberts.....	3
2.2. Estrelles variables.....	3
3. Instrumentació.....	4
3.1. Telescopi MEADE LX200.....	4
3.2. Fotòmetre Optec SSP-3.....	5
4. Desenvolupament de la pràctica.....	5
4.1. Metodologia de treball.....	5
5. Tractament de dades.....	6
5.1. Selecció de dades.....	6
5.2. Fotometria Cúmul de les Plèiades.....	7
5.2.1. Dades obtingudes.....	7
5.2.2. Anàlisi de resultats.....	8
5.2.3. Dades 1998.....	14
5.3. Estudi de variabilitat d'Algol.....	17
5.3.1. Dades obtingudes.....	17
5.3.2. Anàlisi de dades.....	19
6. Conclusions.....	22
7. Bibliografia.....	22

1. Objectius

L'objectiu d'aquesta pràctica és aprendre a fer ús d'un fotòmetre SSP3 per tal de determinar i analitzar les característiques d'un cúmul obert. Mitjançant la mesura de la magnitud en el visible i l'índex de color B-V de cada estrella, es representarà el diagrama HR i es determinaran propietats com la distància, l'edat i la pertinença al cúmul de les estrelles del mateix camp.

Com a objectiu addicional, es proposa analitzar la corba de variabilitat d'una estrella a partir de diverses mesures espaiades en el temps.

2. Material previ

Per a la realització d'aquesta pràctica es va elaborar i entregar prèviament un dossier en el qual es presentaven els objectes a observar, així com els criteris de selecció d'aquests. Junt amb el llistat de candidats es van adjuntar també les cartes estel·lars obtingudes amb el *Simbad*¹, les característiques físiques obtingudes amb el *Webda*² i la visibilitat de l'objecte durant la nit obtinguda amb l'*Staralt*³. Pel que fa als cúmuls, també es va adjuntar el diagrama HR corresponent i, respecte a les estrelles variables es van indicar les constants de comparació o referència.

A continuació es detalla breument la selecció i informació recopilades per al desenvolupament de la pràctica.

2.1. Cúmuls oberts

Criteris de selecció

1. Maximitzar el nombre d'estrelles al camp de la CCD (25,9 x 38,9 arcmin)
2. Visibilitat durant la nit per sobre dels 30°
3. Estrelles brillants de magnitud inferior a 15

Cúmul	R.A. (h m s)	Dec. (° ' ")	Dimensió (arcmin)	Mag V	vel. Radial (km/s)	Edat (Ma)	Distància (pc)	Visibilitat (16/11/2010; UT)
M45 (Plèiades)	03 47 00	+24 07 00	120	1.5	5.4	~ 135	150	19.30h – 04.30h UT
M39	21 31 48	+48 26 18	32	4.6	-2.8	~ 278	326	17.00h – 00.00h UT

2.2. Estrelles variables

Criteris de selecció

1. Variabilitat en la magnitud entre 0,2 – 0,3 unitats
2. Període: inferior a 1 dia (preferentment per sota de 0,5 dies)

1. <http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/sim-fid>

2. <http://www.univie.ac.at/webda/navigation.html>

3. <http://catserver.ing.iac.es/staralt/>

Astronomia Observacional – Fotometria d'un cúmul obert

3. Visibilitat durant la nit per sobre dels 30°

4. Preferentment tipus RRLyrae o Cepheida

Estrella variable	R.A . (h m s)	Dec. (° ' ")	Mag V	Període (dies)	Tipus de variable	Tipus espectral	Constant 1	Constant 2
RZ Cep	22 39 13,18	+64 51 30,6	9,2 – 9,8	0.3087	RR Lyrae	A0 – F2	TYC 4273-659-1	TYC 4273-884-1
Algenib	00 13 47,83	+15 14 38,5	2,78 – 2,89	0.1518	β Cephei	B2IV	TYC 600-1506-1	TYC 1181-1782-1
DD Lac	22 41 28,65	+40 13 31,6	5,16 – 5,28	0.1931	β Cephei	B1.5III	TYC 3218-1416-1	TYC 3218-1320-1

La visibilitat de totes elles era per sobre de 30° des del principi de la nit fins les 2.00 – 3.00 UT.

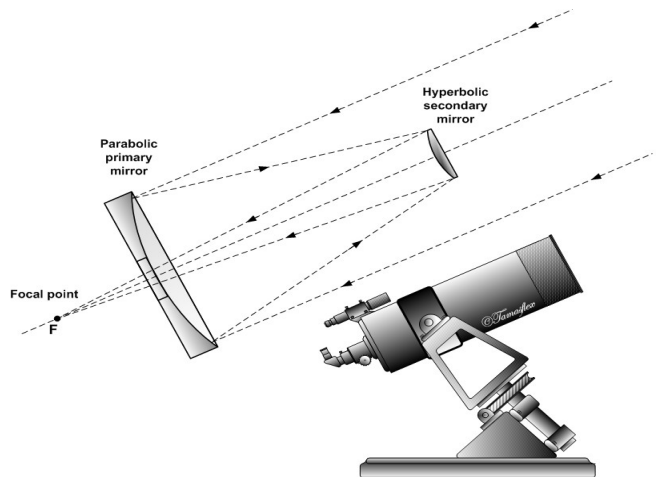
3. Instrumentació

3.1. Telescopi MEADE LX200

El telescopi MEADE LX200 és un telescopi de diàmetre d'obertura de 400mm i distància focal de 4064 mm. Té una raó focal f/10 i una muntura *Paramount* equatorial (és a dir, que treballa amb el sistema de coordenades equatorial).

Es tracta d'un reflector Schmidt-Cassegrain format pels següents elements principals: mirall primari, mirall secundari i placa correctora, alineats tots tres simètricament al voltant de l'eix òptic. A més, disposa d'un buscador que permet trobar l'objecte més fàcilment abans de centrar-lo amb l'ocular.

El mirall primari és el que es troba a la part superior del cos del telescopi. Generalment té forma còncava parabòida ja que la seva funció és concentrar tota la llum que recull en un punt (el focus). El segon mirall es troba a la part davantera del telescopi i té forma convexa hiperbòlica. D'aquesta manera, els raigs de llum entren al telescopi i es reflecteixen en el primer mirall. En el camí cap al focus d'aquest, es troben amb el segon mirall i es tornen a reflectir en direcció al segon focus. Aquest segon focus es troba a l'exterior de l'espai creat entre els dos miralls. És per això que el mirall parabòlic conté un petit orifici a través del qual la llum reflectida en l'hiperbòlic pot passar i dirigir-se al segon focus, on es forma la imatge.



La placa correctora (lent d'Schmidt) és una lent especial adossada al mirall secundari. La seva forma de tall diametral ondulant permet corregir l'aberració produïda en el mirall primari. És a dir, permet enfocar la llum entrant i ajuda a corregir la imatge borrosa que es crea en incidir la llum a l'objectiu.

3.2. Fotòmetre Optec SSP-3

Un fotòmetre és un instrument que permet mesurar la intensitat de llum emesa per un objecte en una certa banda espectral, la qual es selecciona mitjançant diferents filtres. Cada conjunt de filtres (UBVRI) permet estudiar unes certes característiques físiques de l'objecte observat.

El fotòmetre Optec SSP-3 és un fotòmetre d'estat sòlid a fotodíode PIN (junció de semiconductors P i N aixamplada amb un altre semiconductor intrínsec) que permet mesurar magnituds estel·lars amb alta precisió.

La llum procedent del telescopi segueix dos camins diferents. Per una banda, arriba a l'ocular, des d'on es pot identificar l'estrella i centrar-la (amb l'ajut d'un *joystick*); i, de forma paral·lela, un cop passat el filtre que s'hagi seleccionat prèviament, arriba a la superfície del detector (díode PIN). En aquesta superfície, els fotons incidents creen parelles electró-forat, generant un corrent que és amplificat per un electròmetre. Aquest corrent passa per un convertidor de voltatge a freqüència i proporciona un nombre de comptes en un temps d'integració d'1 a 10 segons. El correcte centrat de l'estrella garanteix que la llum incideixi adequadament sobre el detector i s'obtingui una mesura més precisa dels comptes rebuts.



4. Desenvolupament de la pràctica

4.1. Metodologia de treball

L'observació es va dur a terme al Centre d'Observació de l'Univers del Montsec (COU)

Ascensió Recta	42° 1' 29"
Declinació	44' 12"
Altitud	~800 m sobre el nivell del mar
Dia d'observació	16/10/2010
Franja horària	19.10 – 23.15 UT

Un cop iniciat el telescopi i amb el programa *The Sky* en marxa, es va fer un primer apuntat al planeta Júpiter per tal de comprovar l'alineació tub – buscador i ajustar l'enfocament. A continuació es va iniciar el programa *OPTECW*, el qual permet obtenir les dades mesurades pel fotòmetre i registrar-les en fitxers de sortida.

Donat que per l'estudi de variabilitat cal prendre diverses mesures al llarg de la nit, es va començar per l'observació de l'estrella variable. De les tres opcions presentades en el dossier previ es va escollir DD Lac pel

Astronomia Observacional – Fotometria d'un cúmul obert

fet de reunir millors condicions de magnitud, període, visibilitat i proximitat a la lluna (en quart creixent). Un cop centrada en el telescopi, amb el *The Sky* es van escollir unes constants de comparació de magnitud més brillant que les indicades al dossier previ: Lac (SAO 52317), magnitud 5,08 i Omicron Andromedae 1 (SAO 52609), magnitud 3,633.

Pel que fa al cúmul, es va prendre M45 (Plèiades) per la bona visibilitat i una magnitud adient. Addicionalment, per aquest cúmul es disposa d'estrelles estàndards fotomètriques (Annex I del guió⁴).

El procediment seguit va ser el següent:

1. Mesura de la variable DD Lac i les dues constants (sense filtre) prenent dades de l'estrella i del fons de cel.
2. Apuntat a les Plèiades i mesura de les estrelles A, B, C i D (SAO 76199 – Alcyone, SAO 76140 – Taygeta, SAO 76215 i SAO 76206, respectivament) de les estàndards fotomètriques amb filtres B i V, i dels respectius fons de cel.
3. Mesura d'altres estrelles del camp de les Plèiades per poder completar el diagrama HR (amb filtres i sense): SAO 76172 (Merope), SAO 76126 (Celaeno), SAO 76194 i SAO 76206.

Idealment s'haurien d'haver pres més mesures de la variable al llarg de la nit, però les condicions meteorològiques (núvols) van impedir observar-la de nou.

5. Tractament de dades

5.1. Selecció de dades

El següent apartat detalla els resultats obtinguts del cúmul de les Plèiades amb les dades registrades per l'equip de treball, junt amb els diferents anàlisis realitzats per minimitzar les errades comeses a la pràctica. Per completar l'estudi, s'han fet també els càlculs amb unes dades facilitades per la Dra. Francesca Figueras, preses per altres alumnes de la Facultat de Física l'any 1998 a l'Observatori d'Alella.

Pel que fa a l'estrella variable, l'objectiu era poder fer l'estudi de variabilitat entre tots els grups. Però donat que no es va fer una selecció conjunta de l'estrella, els primers grups no van analitzar la mateixa que la resta. Tot i així, n'hi va haver quatre que van prendre mesures d'Algol al llarg de tota la nit en dos dies seguits (22 i 23 de novembre de 2010). És per això que, tot i no tenir dades pròpies per desenvolupar l'estudi, s'han pres les d'aquests altres grups per tal de completar els objectius inicials de la pràctica.

4. Manual Fotometria d'un cúmul obert

5.2. Fotometria Cúmul de les Plèiades

5.2.1. Dades obtingudes

La següent taula resumeix les dades obtingudes en els fitxers de sortida generats amb el programa *OPTECW*. En aquests fitxers s'indica, per a cada mesura: nom de l'estrella introduït, coordenades equatorials, tipus d'imatge (estrella o fons), tipus de filtre emprat, temps d'integració (CTIM), nombre de mesures (MTIM), escala, data, nombre de comptes per segon (N), dispersió en els comptes (δN), factor de qualitat (Q), massa d'aire (X) i l'hora de realització de la mesura (UT).

A la taula es sintetitzen totes aquestes dades però, enlloc de per cada mesura, per cada estrella. De manera que hi consten els comptes N de cada una d'elles per cada filtre i pel fons de cada filtre, i l'interval de variació del factor de qualitat i la massa d'aire en les consecutives mesures d'una mateixa estrella. El temps indicat correspon al de la primera dada presa en cadascuna (en total, per fer totes les mesures d'una estrella s'empraven uns 5 – 10 minuts, aproximadament).

	A	B	C	D	SAO 76172	SAO76126	SAO 76194	SAO 76156
R.A.	3h47m29,1s	3h45m12,5s	3h48m20,8s	3h48m6,5s	3h46m19,6s	3h44m48,2s	3h47m24,1s	3h45m48,8s
Dec.	+24g6m18,5s	+24g28m2,2s	+23g25m16,5s	+24g59m18,3s	+23g56m54,1s	+24g17m22,1s	+24g35m18,4s	+23g8m51,0s
Scale	1 → 10	10	10	100	100	100	10	10
CTIM	1	1	5	5	1	1	1	1
MTIM	10	10	10	10	10	10	10	10
N_V	499	199.7	99.64	819.32	2618.4	1182.1	53	60.8
δN_V	5.5	2.26	1.43	5.04	27.34	11.75	0.47	0.63
N_B	1535.3	471.9	193.82	894.74	6139.2	2229.7	63.5	82.9
δN_B	12.69	3.54	0.54	1.3	28.69	14.9	0.53	0.57
$N_{\text{fons V}}$	83.2	49.6	48.54	591.76	661.1	609.6	48.1	47.2
$\delta N_{\text{fons V}}$	1.32	0.52	0.27	1.71	3.48	6	0.32	0.42
$N_{\text{fons B}}$	84.4	49.1	47.8	582.16	624	582.9	47.3	52.6
$\delta N_{\text{fons B}}$	1.65	0.57	0.25	2.15	4.69	12.21	0.67	17.72
Q	0,45 – 1,02	0,23 – 0,52	0,23 – 1,01	0,31 – 1,25	0,43 – 1,69	0,77 – 1,60	0,14 – 0,60	0,19 – 7,72
X	1,319 – 1,353	1,119 – 1,124	1,106 – 1,119	1,084 – 1,090	1,076 – 1,080	1,066 – 1,067	1,055 – 1,064	1,061 – 1,062
UT	20h 54m 48s	22h 18m 29s	22h 30m 04s	22h 44m 40s	22h 58m 08s	23h 08m 58s	23h 13m 55s	23h 33m 30s

Cal destacar que el nombre de comptes per segon es veu directament afectat per l'escala emprada en cada cas. Aquest factor permet canviar la sensibilitat de l'instrument, de manera que es pugui adaptar a les magnituds de les estrelles observades segons els filtres emprats. Disposa de tres posicions 1, 10 i 100, de menys a més sensibilitat respectivament (resposta del convertidor). Per l'objectiu del present treball, els nombres de comptes han hagut de ser extrapolats linealment (dividint o multiplicant per 10) per tal de poder disposar de totes les mesures a una mateixa escala. No obstant, en variar aquest factor el fotòmetre no es comporta perfectament lineal i hagués estat recomanable (sempre que fos possible per qüestions de filtre, extinció atmosfèrica, magnitud,...) realitzar totes les mesures a una única escala.

Per altra banda, en el fitxer original obtingut pel programa OPTEC a l'estrella A li correspon una escala d'1. Després d'analitzar les dades i obtenir resultats (prenent A, B, C i D com estrelles de referència) es va

Astronomia Observacional – Fotometria d'un cúmul obert

observar que la magnitud V obtinguda per a les estrelles problema distaven dels respectius valors teòrics amb discrepàncies molt significatives de l'ordre del 9-12%.

Donat que aquestes estrelles de referència no van ser mesurades a la mateixa escala (com es detalla a la taula anterior), es va procedir a fer el càlcul prenent com a estàndards les que originàriament estaven a escala 10: B, C, SAO 76172 i SAO 76126, per tal d'obtenir unes constants fotomètriques amb el menor error possible. Fent-ho així la magnitud de l'estrella A (ara, com a problema) discrepava del valor teòric en un 79%.

Aquest fet va incentivar a fer un anàlisi comparatiu de les dades obtingudes pel nostre equip (grup 3A) amb les dels altres grups de l'assignatura, els quals havien fet observacions de la mateixa estrella però en dies diferents. Les dades facilitades de 1998 han permès validar les conclusions que s'exposen.

Estrella A (Alcyone – SAO 76199 – 25 eta Tau) 3h 47m 29,1s +24° 6' 18",5								
Grup	Dia	Escala	CTIM	MTIM	Comptes V	Comptes B	Comptes fons V	Comptes fons B
GRUP 1A	23/11/2010	10	1	10	893,5	1571	47,9	47,7
GRUP 2A	16/11/2010	10	1	10	2860,9	2385,1	532,9	534,7
GRUP 3A	16/11/2010	1	1	10	499	1535,3	83,2	84,4
GRUP 4A	23/11/2010	10	1	10	959,3	1647,5	47,5	48
GRUP5A	22/11/2010	10	1	10	694,5	1564,9	62,2	58
GRUP6A	22/11/2010	10	1	10	6851	1654,4	110,6	52,8
1998	18/02/1998	10	5	2	1141,4	1200,2	55,7	52,5

En la majoria dels casos, els comptes obtinguts per a l'estrella A en escala 10 són del mateix ordre que els obtinguts pel propi equip de treball però a escala 1. L'escala es canvia manualment en el fotòmetre i, simultàniament, s'introdueix la dada al programa de forma manual, junt amb el nombre de mesures que es realitzaran i el temps d'integració. És a dir, no hi ha comunicació directa entre l'aparell que fixa l'escala i el programa. Es conclou, doncs, que molt possiblement hi hagués un error humà pel qual es fixés escala 10 al fotòmetre i s'escrivís erròniament 1 al programa.

Havent fet aquesta detallada observació i aplicant aquesta correcció a les dades inicials (tal com s'ha indicat a la primera taula), a continuació es presenten els resultats obtinguts.

5.2.2. Anàlisi de resultats

Amb l'objectiu de poder treballar amb totes les dades conjuntament, per les 3 estrelles mesurades amb un factor 100 s'ha realitzat una extrapolació lineal del nombre de comptes i dels respectius errors mitjançant una divisió per 10, homogeneïtzant així totes les mesures a escala 10.

D'altra banda, la quantitat de llum que arriba al fotòmetre quan es mesura una estrella inclou la llum procedent del fons de cel. És per això que, en primer lloc, s'ha procedit a obtenir els comptes nets per cada filtre (B i V) de cadascuna d'elles.

$$N_{nets} = N_{estrella} - N_{fons} \quad (5.1)$$

Astronomia Observacional – Fotometria d'un cúmul obert

Els errors s'han determinat per propagació tenint en compte que les úniques dades inicials amb error són els comptes i que les mesures són independents entre si (és a dir, la mesura dels comptes de l'estrella és independent de la mesura dels comptes del fons de cel). Així:

$$\delta N_{nets} = \sqrt{\left(\frac{\partial N_{nets}}{\partial N_{estrella}}\right)^2 (\delta N_{estrella})^2 + \left(\frac{\partial N_{nets}}{\partial N_{fons}}\right)^2 (\delta N_{fons})^2} = \sqrt{(\delta N_{estrella})^2 + (\delta N_{fons})^2} \quad (5.2)$$

Per poder representar el diagrama HR es necessita la magnitud absoluta M_v i l'índex de color intrínsec (B-V) de cada estrella. La magnitud aparent es pot calcular segons:

$$V = m_v = C_v - 2,5 \log N_v \quad \text{i} \quad B = m_B = C_B - 2,5 \log N_B \quad (5.3) \text{ i } (5.4)$$

I l'índex de color:

$$(B - V) = C_{BV} - 2,5 \log \left(\frac{N_B}{N_V} \right) \quad (5.5)$$

On C_v , C_B i C_{BV} són tres constants a determinar de manera que les mesures obtingudes s'ajustin a les magnituds definides com a estàndard. El seu valor depèn de la funció resposta del fotòmetre i dels filtres, del sistema òptic emprat i de l'alçada a la que es realitza l'observació. Per extreure'l s'han emprat com a referència quatre de les vuit estrelles mesurades, de les quals se'n coneix la magnitud aparent i el color (B-V). De la taula anterior, les estrelles de referència corresponen a les quatre primeres (A, B, C i D) de les que se sap segur que són del camp. Els valors de magnitud i color s'han extret de la taula de l'Annex 1 del guió "Fotometria d'un cúmul obert".

Estrella	V	B-V
A	2,87	-0,09
B	4,31	-0,11
C	5,45	-0,07
D	6,46	1,7

A partir de les expressions 5.3 i 5.4, s'ha obtingut una constant C_v i una C_B per cada estrella. I per la relació

$$C_{BV} = C_B - C_v \quad (5.6) \text{ s'ha extret el valor de } C_{BV}.$$

Estrella	C_v	C_B	C_{BV}
A	$9,42 \pm 0,03$	$10,68 \pm 0,03$	$1,267 \pm 0,002$
B	$9,75 \pm 0,04$	$10,77 \pm 0,04$	$1,014 \pm 0,006$
C	$9,72 \pm 0,07$	$10,79 \pm 0,07$	$1,07 \pm 0,02$
D	$9,85 \pm 0,06$	$11,9 \pm 0,1$	$2,05 \pm 0,08$

Fent la mitjana es té el valor de cadascuna de les constants necessari per trobar la magnitud i l'índex de color de les altres estrelles mesurades.

Astronomia Observacional – Fotometria d'un cúmul obert

C_V	C_B	C_{BV}
$9,69 \pm 0,05$	$11,03 \pm 0,07$	$1,35 \pm 0,04$

On de nou els errors s'han calculat per propagació segons (idènticament pel filtre B i V, tal com s'indica):

$$\delta C_{V/B} = \sqrt{\left(\frac{\partial C_{V/B}}{\partial V}\right)^2 (\delta V)^2 + \left(\frac{\partial C_{V/B}}{\partial N_{netsV/B}}\right)^2 (\delta N_{netsV/B})^2} = \frac{2,5}{N_{netsV/B}} \delta N_{netsV/B} \quad (5.7)$$

$$\delta C_{BV} = \sqrt{(\delta C_V)^2 + (\delta C_B)^2} \quad (5.8)$$

Introduint aquests valors a les expressions 5.3 i 5.5, s'obté que, per a les altres quatre estrelles:

Estrella	V	B-V	V (teòric)	B-V (teòric)	Discrepància abs. V	Discrepància abs. B-V
SAO 76172	$3,96 \pm 0,06$	$0,22 \pm 0,06$	4,16	-0,05	0,21	0,28
SAO 76126	$5,29 \pm 0,08$	$0,20 \pm 0,08$	5,45	-0,04	0,16	0,24
SAO 76194	$7,96 \pm 0,29$	$0,1 \pm 0,3$	7,71	0,18	0,25	0,13
SAO 76156	$6,85 \pm 0,15$	$0,5 \pm 1,5$	6,89	0,03	0,04	0,45

On s'han afegit quatre columnes més amb els valors teòrics extrets del *Simbad* i la discrepància absoluta d'aquest valor teòric amb l'experimental. Els errors corresponents s'obtenen de la propagació:

$$\delta V = \sqrt{\delta C_V^2 + \left(\frac{2,5}{N_V} \delta N_V\right)^2} \quad (5.9) \quad \text{i} \quad \delta(B-V) = \sqrt{\delta C_{BV}^2 + \left(\frac{2,5}{N_B} \delta N_B\right)^2 + \left(\frac{2,5}{N_V} \delta N_V\right)^2} \quad (5.10)$$

Es pot observar que els resultats per a les magnituds V s'ajusten amb gran precisió als valors teòrics, amb unes discrepàncies que no superen el 5%. Pel que fa a l'índex de color, la diferència és major ja que, per al càlcul de la magnitud V només intervé una dada experimental (comptes nets del filtre en qüestió) i, en canvi, per a l'índex de color intervenen les mesures dels comptes rebuts pels dos filtres B i V.

La magnitud aparent d'una estrella es defineix com $m = -2.5 \log_{10}(f) + C$, on f és el flux d'energia que travessa l'àrea d'unitat ($J \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$) i C és una constant que depèn de:

- l'instrument i la seva resposta segons els filtres emprats $(a_0 + a_1(B-V) + a_2(B-V)^2)$, on $(B-V)$ és el color i a_x són constants.
- l'extinció atmosfèrica (kX) , que és proporcional segons la constant k a la massa d'aire

$$X = \frac{1}{\sin(h)}, \text{ que alhora depèn de l'alçada } h \text{ a la que s'ha realitzat l'observació.}$$

Tenint en compte aquesta definició, la determinació de les constants C_V, C_B i C_{BV} a partir de les estrelles de referència seleccionades permet obtenir de forma agregada els factors anteriors. Aquestes constants

Astronomia Observacional – Fotometria d'un cúmul obert

s'utilitzen al càlcul de les magnituds aparents de les estrelles problema i, per tant, ja es tenen en compte les desviacions de l'instrument i l'extinció atmosfèrica.

En aquest sentit, és important que totes les estrelles s'hagin observat a una alçada similar i durant un interval de temps relativament curt (requisits que es compleixen per les dades amb les que s'ha treballat). En cas contrari, les variacions en la massa d'aire i les condicions atmosfèriques variarien significativament entre diferents estrelles i l'estratègia emprada no seria vàlida.

En cas de que fos necessària la component que dóna compte de l'extinció atmosfèrica, llavors caldria haver realitzat mesures d'estrelles de referència a diverses alçades, obtenint així el pendent k per a distintes masses d'aire X . No obstant, en no ser un dels objectius de la pràctica, no es va considerar aquesta opció el dia de l'observació.


Un cop coneguda la magnitud aparent de totes les estrelles, se'n pot calcular la seva magnitud absoluta segons la relació:

$$m_V - M_V = 5 \log r - 5 + A_V \quad (5.11) \quad \text{on} \quad A_V = 3,1 E(B-V) = 3,1 [(B-V)_{\text{observat}} - (B-V)_{\text{intrinsec}}] \quad (5.12)$$

On A_V és el paràmetre corresponent a l'absorció interestel·lar i r la distància al cúmul. Donat que les estrelles que pertanyen a un cúmul es van formar per fragmentació d'un núvol de gas, es pot considerar, en molt bona aproximació, que totes tenen la mateixa edat i estan a una mateixa distància. Així, per poder extreure el valor de la magnitud absoluta s'han pres uns valors teòrics de l'envermelliment $E(B-V)$ i de la distància r de la *Webda*⁵.

WEBDA page for open cluster Pleiades

Basic Parameters	
Right Ascension (2000)	03 47 00
Declination (2000)	+24 07 00
Galactic longitude	166.571
Galactic latitude	-23.521
Distance [pc]	150
Reddening [mag]	0.030
Distance modulus [mag]	5.97
Log Age	8.131
Metallicity	
Notes	



De l'expressió 5.12, $(B-V)_{\text{observat}}$ correspon al calculat prèviament a partir de les constants C_V , C_B i C_{BV} i l'envermelliment $E(B-V) = 0,03$. Així, per a una distància de 150 pc, la magnitud absoluta de cada estrella és:

5. <http://www.univie.ac.at/webda/navigation.html>

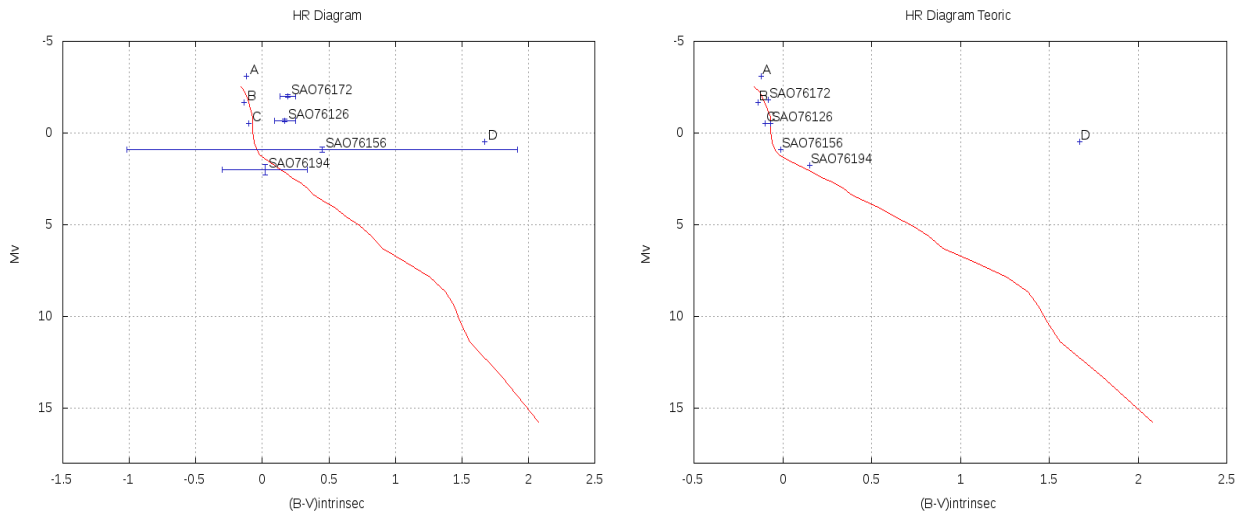
Astronomia Observacional – Fotometria d'un cúmul obert

Estrella	$(B-V)_{\text{Observat}}$	$(B-V)_{\text{Intrínsec}}$	M_V
A	-0,09	-0,12	-3,10
B	-0,11	-0,14	-1,66
C	-0,07	-0,1	-0,52
D	1,7	1,67	0,49
SAO 76172	$0,22 \pm 0,06$	$0,19 \pm 0,06$	$-2,02 \pm 0,06$
SAO76126	$0,20 \pm 0,08$	$0,17 \pm 0,08$	$-0,68 \pm 0,08$
SAO 76194	$0,1 \pm 0,3$	$0,02 \pm 0,32$	$1,99 \pm 0,3$
SAO 76156	$0,5 \pm 1,5$	$0,5 \pm 1,5$	$0,9 \pm 0,2$

On s'ha afegit l'índex de color observat i intrínsec per poder representar el diagrama HR corresponent (M_V vs $(B-V)_{\text{intrínsec}}$), i s'han tingut en compte els errors segons:

$$\delta M_V = \delta m_V \quad (5.13) \quad \text{i} \quad \delta (B-V)_{\text{intrínsec}} = \delta (B-V)_{\text{observat}} \quad (5.14)$$

Per tal de veure com s'ajusten les dades experimentals a les teòriques, es representa a sobre una isòcrons obtinguda mitjançant un programa de la web del *Laboratoire d'Astrophysique de Grenoble*⁶, indicant una metal·licitat de 0,02 (similar a l'entorn solar) i una edat del cúmul de 135 Ma (segons la informació de la *Webda*). A la dreta s'adjunta el gràfic teòric representat amb les dades extretes del *Simbad*:



Es pot comprovar que de les quatre estrelles de referència preses, tres (A, B i C) s'ajusten a la isòcrons amb gran precisió, tal com ha de ser ja que els valors de les seves magnituds i el color són els teòrics. Alhora s'observa que D és del camp de les Plèiades, però no pertany al cúmul, ja que es troba molt allunyada de la seqüència principal. La resta d'estrelles mesurades sí que pertanyen al cúmul donada la seva proximitat a la isòcrons, tal com s'ha validat amb la base de dades del *Simbad* i, per tant, tenen la mateixa edat (135 Ma).

Es pot observar que la discrepància més gran es troba en el color intrínsec, tal com s'ha comentat anteriorment amb els càlculs; tot i així, les barres d'error inclouen els valors teòrics.

6. <http://astropc0.ulb.ac.be/~siess/server/iso.html>

Astronomia Observacional – Fotometria d'un cúmul obert

Per últim, un tractament estadístic de les dades permet fer una estimació de la distància mitjana al cúmul. L'anàlisi fet fins ara consistia en determinar la magnitud absoluta i el color intrínsec a partir dels comptes obtinguts, les magnituds i els colors aparents d'unes estrelles de referència, prenent un valor teòric de la distància al cúmul. Ara es tracta de trobar aquesta distància a partir del tipus espectral d'un cert tipus d'estrelles del cúmul.

Es procedeix, doncs, a fer aquesta estimació prenent les estrelles mesurades que pertanyin a la seqüència principal, és a dir, les que tenen lluminositat V. Entre la taula de l'Annex 1 del guió i el *Simbad*, s'extreuen els tipus espectrals de cadascuna:

Estrella	Tipus espectral
A	B7III
B	B6V
C	B8V
D	K5
SAO 76172	B6IVe
SAO 76126	B7IV
SAO 76194	A4V
SAO 76156	A0V

Per tant, es podrà fer l'estimació amb només quatre: B, C, SAO 76194 i SAO 76156. De la taula de l'Annex III del guió esmentat, s'obtenen les magnituds absolutes en els filtres B i V per a cada tipus espectral. Sabent que $(B-V)_{\text{intrínsec}} = M_B - M_V$ (5.15), i recordant l'equació 5.11 i 5.12:

$$m_V - M_V = 5 \log r - 5 - A_V \quad \text{i} \quad A_V = 3,1 E(B-V) = 3,1 [(B-V)_{\text{observat}} - (B-V)_{\text{intrínsec}}]$$

s'obtenen els següents valors:

Estrella	Tipus espectral	M_B	M_V	$(B-V)_{\text{intrínsec}}$	$(B-V)_{\text{observat}}$	A_V	r (pc)	$r_{\text{mitj.}}$ (pc)
B	B6V	-0,723	-0,6	-0,12	-0,11	0,04	94,13	128 ± 25
C	B8V	0,15	0,2	-0,05	-0,07	-0,06	115,45	
SAO 76194	A4V	1,7	1,6	0,1	0,05	$-0,2 \pm 1$	201 ± 42	
SAO 76156	A0V	0,15	0,2	-0,05	0,48	2 ± 5	101 ± 92	

Donat que la distància teòrica al cúmul és de 150pc, el valor obtingut considerant l'error és totalment compatible. Es recorda que les estrelles B i C són dues preses com a referència i no s'ha considerat l'error associat en els catàlegs de *Simbad*. Pel que fa a les altres:

$$\delta A_V = 3,1 \delta E(B-V) \quad (5.16); \quad \delta r = \sqrt{\left(\frac{r}{5} \delta m_V\right)^2 + \left(\frac{r}{5} \delta A_V\right)^2} \quad (5.17)$$

5.2.3. Dades 1998

Com s'ha indicat a la secció 5.2.1, donada la prèvia àmplia discussió a què ha portat el fet de pensar que es tenien unes dades experimentals no massa bones, abans de la detecció de l'error en el factor d'escala de l'estrella A, se'ns van facilitar les dades obtingudes l'any 1998 a l'Observatori d'Alella. Per completar l'estudi, a

Astronomia Observacional – Fotometria d'un cúmul obert

continuació es presenten els resultats obtinguts amb aquestes dades, seguint el mateix procediment que s'ha indicat en l'apartat 5.2.2 d'aquest informe.

En aquest cas es van mesurar vuit estrelles del camp del cúmul seleccionades de la llista de l'Annex 1 del guió "Fotometria d'un cúmul obert". Les dades experimentals obtingudes van ser:

	A	B	C	D	E	F	G	H
R.A.	3h46m35,0s	3h44m18,0s	3h47m27,0s	3h47m12,0s	3h46m5,0s	3h47m36,0s	3h49m34,0s	3h46m43,0s
Dec.	+24g3m35,0s	+24g25m17,0s	+23g22m34,0s	+24g56m35,0s	+24g28m30,0s	+24g18m2,0s	+24g27m2,0s	+23g33m51,0s
Scale	10	100	100	100	100	100	100	100
CTIM	5	5	5	5	5	5	5	5
MTIM	2	2	2	5	2	2	2	2
N_V	1141,4	4366,2	2444,6	1335,9	1151,8	1085,2	925,3	855,56
σN_V	9,42	3,11	6,51	8,91	1,98	4,81	8,06	8,81
N_B	1200,2	4444,1	2565,5	980,4	1120	1054,9	883,2	818,84
σN_B	7,64	8,34	8,34	9,33	1,41	8,06	2,55	7,48
$N_{\text{fons V}}$	55,7	659,6	657,12	655,88	663	655,9	655,5	662,3
$\sigma N_{\text{fons V}}$	0,71	6,79	9,51	15,57	1,13	7,78	2,97	6,36
$N_{\text{fons B}}$	52,5	640,2	628,64	637,72	642,92	641,1	638	641,7
$\sigma N_{\text{fons B}}$	0,99	0,28	8,32	19,77	7,04	0,14	0,57	0,71
Q	0,3 – 1,39	0,04 – 0,84	0,42 – 1,86	0,77 – 3,91	0,13 – 1,39	0,02 – 0,96	0,07 – 0,84	0,09 – 1,51
X	1,085 – 1,088	1,099 – 1,102	1,135 – 1,141	1,144 – 1,149	1,191 – 1,197	1,217 – 1,221	1,225 – 1,230	1,260 – 1,269
UT	19h 12m 43s	19h 23m 55s	19h 46m 33s	19h 57m 51s	20h 17m 26s	20h 28m 34s	20h 34m 16s	20h 40m 49s

Pel càlcul de les constants, s'han pres com a estrelles de referència la B, C i D. L'A s'ha considerat estrella problema ja que no està a la mateixa escala que les altres. D'aquestes estrelles de referència se n'ha buscat els valors teòrics de magnitud i índex de color al *Simbad*:

Estrella	V	B-V
B	4,31	-0,11
C	5,45	-0,07
D	6,46	1,7

A partir dels quals s'han calculat les constants:

Estrella	C_V	C_B	C_{BV}
B	$13,23 \pm 0,01$	$13,15 \pm 0,01$	$-0,080 \pm 0,001$
C	$13,58 \pm 0,02$	$13,60 \pm 0,01$	$0,020 \pm 0,001$
D	$13,54 \pm 0,071$	$14,50 \pm 0,07$	$0,960 \pm 0,007$

I amb la mitjana de cadascuna:

C_V	C_B	C_{BV}
$13,45 \pm 0,03$	$13,75 \pm 0,03$	$0,300 \pm 0,004$

S'han obtingut els valors de magnitud i color per les estrelles problema:

Astronomia Observacional – Fotometria d'un cúmul obert

Estrella	V	B-V	V (teòric)	B-V (teòric)	Discrepància abs. V	Discrepància abs. B-V
A	$3,36 \pm 0,03$	$0,240 \pm 0,004$	2,87	-0,07	0,49	0,30
E	$6,73 \pm 0,02$	$0,32 \pm 0,04$	6,83	0,02	0,09	0,29
F	$6,87 \pm 0,06$	$0,34 \pm 0,07$	6,96	0,12	0,08	0,22
G	$7,37 \pm 0,08$	$0,40 \pm 0,08$	7,45	0,12	0,05	0,27
H	$7,74 \pm 0,14$	$0,39 \pm 0,18$	7,71	1,23	0,02	0,84

I amb aquestes últimes dades, s'han calculat la magnitud absoluta i el color intrínsec per tal de poder representar el corresponent diagrama HR:

Estrella	$(B-V)_{\text{Observat}}$	$(B-V)_{\text{Intrínsec}}$	M_V
B	-0,11	-0,14	-1,66
C	-0,07	-0,1	-0,52
D	1,7	1,67	0,49
A	$0,240 \pm 0,004$	$0,21 \pm 0,004$	$-2,61 \pm 0,03$
E	$0,32 \pm 0,04$	$0,29 \pm 0,04$	$0,76 \pm 0,02$
F	$0,34 \pm 0,05$	$0,34 \pm 0,05$	$0,90 \pm 0,06$
G	$0,40 \pm 0,03$	$0,37 \pm 0,03$	$1,40 \pm 0,08$
H	$0,39 \pm 0,11$	$0,36 \pm 0,11$	$1,76 \pm 0,14$

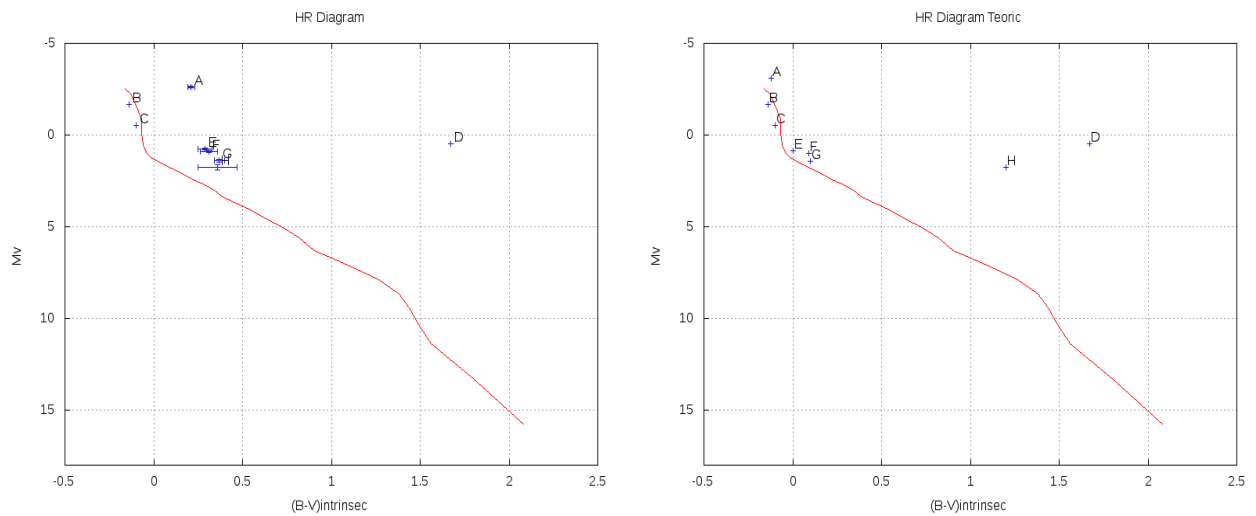
Pel que fa a l'estimació del càlcul de la distància, seguint el mateix procediment que s'ha explicat en l'apartat anterior, s'han obtingut els següents resultats:

Estrella	Tipus espectral	M_B	M_V	$(B-V)_{\text{intrínsec}}$	$(B-V)_{\text{observat}}$	A_V	r (pc)	$r_{\text{mitj.}}$ (pc)
B	B6V	-0,723	-0,6	-0,05	-0,11	0,04	94,13	104,79
C	B8V	0,15	0,2	-0,05	-0,07	-0,06	115,45	
E	B9V	0,15	0,2	-0,05	0,32	$1,15 \pm 0,06$	25 ± 2	

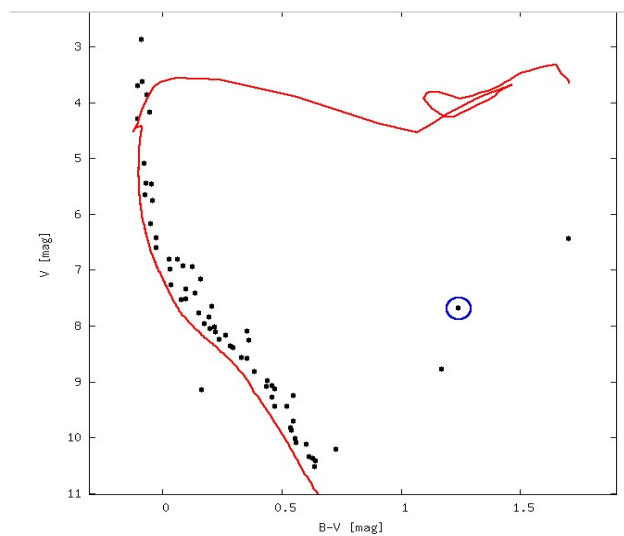
En aquest cas, les estrelles B i C tampoc tenen error ja que no s'ha considerat l'error dels catàlegs de *Simbad*, i l'E (HD 23568) no s'ha considerat en la mitjana donat que s'obté una distància molt diferent a la del cúmul. Tot i així, l'estrella sí que pertany al cúmul segons indiquen els catàlegs consultats, tal com l'*Sky Catalog 2000.0*⁷.

7. Sky Catalog 2000.0 Volume 1, Stars to Magnitude 8.0 (Cambridge University Press); pàg.669

Astronomia Observacional – Fotometria d'un cúmul obert



Es denota la molt significativa discrepància en l'índex de color de l'estrella H (HD 23654) respecte dels valors teòrics. Tot i no saber amb exactitud l'origen d'aquesta diferència, se l'associa a la similitud del nombre de comptes rebuts de l'estrella i els del fons de cel, tan en el filtre B com en el V. Possiblement un mal centrat de l'estrella proporcionés un nombre de comptes relativament baix. Pel que fa al gràfic teòric, construït a partir de les dades extreïdes del *Simbad*, s'ha validat amb el plot representat a la web de la *Webda*, per verificar que, efectivament, l'estrella HD 23654 es troba allunyada de la isòcrons (seleccionada en blau).



Astronomia Observacional – Fotometria d'un cúmul obert

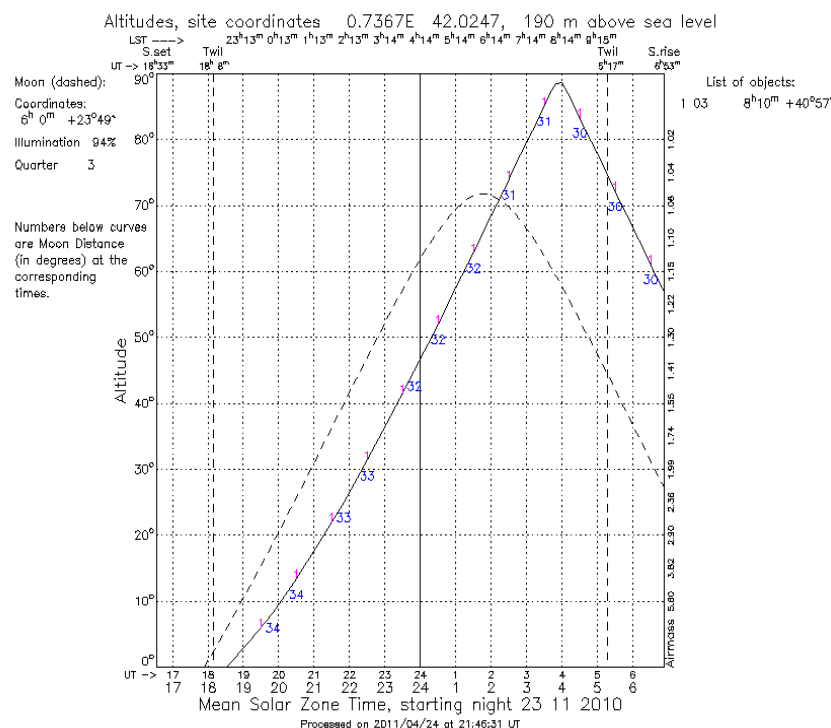
5.3. Estudi de variabilitat d'Algol

5.3.1. Dades obtingudes

Donat que Algol no era una de les estrelles seleccionades en el dossier previ, s'indiquen aquí les seves característiques principals i les pròpies dels dies d'observació (22 i 23 de novembre de 2010):

Estrella variable	R.A. (h m s)	Dec. (° ' ")	Mag V	Període (dies)	Tipus de variable	Tipus espectral	Constant 1	Constant 2
Algol	03 08 10,13	+40 57 20,33	2,1 – 3,4	2,87	Algol	B8V	SAO 56138	SAO 38609

La visibilitat de les dues nits en les que es van prendre les dades va ser idònia a partir de les 22.30 UT, tal com es mostra en el següent gràfic obtingut amb l'*Staralt*.



A continuació es presenten tres taules corresponents a les dades obtingudes dels fitxers de sortida del programa *OPTECW*. La primera pertany a la variable a analitzar i les altres dues a les constants de comparació. Les dades estan ordenades temporalment per tal que sigui més fàcil visualitzar a cada hora les mesures que es van fer:

Astronomia Observacional – Fotometria d'un cúmul obert

- Variable: Algol

Data	Hora (UT)	Scale	CTIM	MTIM	N	$\bar{\delta}N$	N_{fons}	$\bar{\delta}N_{\text{fons}}$	Q	X
22-11-2010	20h07m46s	1	10	1	1820.4	15.56	34.7	0.67	1,15 – 0,36	1,175 – 1,171
22-11-2010	20h44m13s	1	10	1	2031.8	20.5	36.4	0.52	1,44 – 0,27	1,103 – 1,102
22-11-2010	21h16m58s	1	10	1	1944.7	12.23	33.6	0.52	0,88 – 0,28	1.057
22-11-2010	23h26m25s	1	10	1	2120.5	25.67	125.7	5.19	1,46 – 1,76	1.004
23-11-2010	00h30m56s	1	10	1	2026.2	13.95	56.1	1.1	0,98 – 0,46	1,048 – 1,049
23-11-2010	01h42m45s	1	10	1	1983.5	25.26	31.1	4.36	1,79 – 2,47	1,162 – 1,163
23-11-2010	18h46m24s	1	10	1	1961	16.19	18.8	0.42	1,16 – 0,31	1,425 – 1,419
23-11-2010	20h34m38s	1	10	1	1994.2	20.64	34	0.47	1,46 – 0,26	1,113 – 1,111
23-11-2010	21h39m17s	1	10	1	2064.1	14.47	46.7	11.76	1,01 – 5,44	1,030 – 1,031
23-11-2010	22h24m06s	1	10	1	2036	11.53	33.6	0.84	0,81 – 0,46	1.005
23-11-2010	23h38m02s	1	10	1	1722.9	62.52	33.2	19.36	4,76 – 10,63	1,011 – 1,012
24-11-2010	00h15m28s	1	10	1	1800.5	31.2	42.4	8.87	2,33 – 4,31	1,036 – 1,037
24-11-2010	00h40m11s	1	10	1	531.1	38.47	32.1	9.6	5,28 – 5,35	1,063 – 1,064
24-11-2010	01h12m17s	1	10	1	1967.7	12.61	29.6	5.36	0,90 – 3,11	1,110 – 1,111

- Constant 1: SAO 56138 (R.A: 3h 5m 19,6s - Dec: +38° 50' 25",0 - Magnitud V: 3,42)

Data	Hora (UT)	Scale	CTIM	MTIM	N	$\bar{\delta}N$	N_{fons}	$\bar{\delta}N_{\text{fons}}$	Q	X
22-11-2010	20h07m46s	1	10	1	4077,4	38,9	38,7	4,24	1,93 – 2,16	1,165 – 1,167
22-11-2010	20h44m13s	1	10	1	4068,5	75,93	36,4	0,7	3,76 – 0,37	1,096 – 1,097
22-11-2010	21h16m58s	1	10	1	4111	41,1	36,1	0,88	2,03 – 0,46	1,054 – 1,053
22-11-2010	23h26m25s	1	10	1	2107,2	45,35	73,6	43,38	3,12 – 15,99	1,008
23-11-2010	00h30m56s	1	10	1	4086,6	27,92	51,2	0,63	1,38 – 0,28	1,065 – 1,064
23-11-2010	01h42m45s	1	10	1	4117,6	32,85	32,3	0,48	1,62 – 0,27	1,182 – 1,184
23-11-2010	18h46m24s	1	10	1	2729	143,74	21,4	0,7	8,7 – 0,48	1,414 – 1409
23-11-2010	20h34m38s	1	10	1	4151	49,68	34,1	0,32	2,44 – 0,17	1,107 – 1,106
23-11-2010	21h39m17s	1	10	1	4194,3	27,37	33,8	0,42	1,34 – 0,23	1,028
23-11-2010	22h24m06s	1	10	1	4170,5	28,12	33,3	0,48	1,38 – 0,26	1,005
23-11-2010	23h38m02s	1	10	1	4178,6	33,84	26,7	16,3	1,66 – 9,97	1,017
24-11-2010	00h15m28s	1	10	1	4109,5	29,61	45,4	0,97	1,46 – 0,45	1,045 – 1,046
24-11-2010	00h40m11s	1	10	1	4126,3	21,87	38,8	0,63	1,08 – 0,32	1,074 – 1,075
24-11-2010	01h12m17s	1	10	1	3908,3	36,69	72	5,94	1,86 – 2,22	1,125 – 1,127

Astronomia Observacional – Fotometria d'un cúmul obert

- Constant 2: SAO 38609 (R.A.: 3h 9m 29,8s - Dec.: +44° 51' 27".2 - Magnitud V: 3,8)

Data	Hora (UT)	Scale	CTIM	MTIM	N	δN	N_{fons}	δN_{fons}	Q	X
22-11-2010	20h07m46s	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22-11-2010	20h44m13s	1	10	1	648	14,61	29,1	0,57	1,82 – 0,33	1,090 – 1,089
22-11-2010	21h16m58s	1	10	1	705,8	5,27	30	0,47	0,63 – 0,27	1,051 – 1,050
22-11-2010	23h26m25s	1	10	1	792,1	22,4	107,6	0,52	2,52 – 0,16	1,006 – 1,007
23-11-2010	00h30m56s	1	10	1	710,6	13,43	21,9	0,99	1,59 – 0,67	1,056 – 1,057
23-11-2010	01h42m45s	1	10	1	663,3	7,82	31,4	1,65	0,96 – 0,93	1,157 – 1,158
23-11-2010	18h46m24s	1	10	1	423,5	50,32	19,9	1,29	7,73 – 0,91	1,368 – 1,364
23-11-2010	20h34m38s	1	10	1	720,3	8,38	33,1	0,32	0,99 0,17	1,099
23-11-2010	21h39m17s	1	10	1	729,5	5,25	37,5	7	0,62 – 3,61	1,027
23-11-2010	22h24m06s	1	10	1	719	4,64	33,1	0,57	0,55 – 0,31	1,005
23-11-2010	23h38m02s	1	10	1	614,7	19,21	56	0,82	2,45 – 0,35	1,015
24-11-2010	00h15m28s	1	10	1	736,2	2,74	57,8	1,14	0,32 – 0,47	1,039
24-11-2010	00h40m11s	1	10	1	719,4	3,47	37	7,36	0,41 – 3,83	1,065 – 1,066
24-11-2010	01h12m17s	1	10	1	697	3,68	33,3	0,48	0,44 – 0,26	1,109 – 1,110

5.3.2. Anàlisi de dades

Per tal de poder representar la corba de variabilitat, cal determinar la magnitud aparent de l'estrella variable. Per a fer-ho, es segueix un procediment molt semblant al tractat en l'estudi del cúmul obert. A partir dels comptes rebuts de cada estrella, es calculen els comptes nets i, prenent les magnituds teòriques de les estrelles de comparació, es calculen les constants (amb les expressions 5.1 i 5.3).

$$N_{\text{nets}} = N_{\text{estrella}} - N_{\text{fons}}$$

$$V_{1/2} = C_{1/2} - 2,5 \log N_{1/2}$$

Fent la mitjana de les dues constants obtingudes C_1 i C_2 , s'obté la constant C a partir de la qual, aplicant de nou la mateixa expressió, es determina la magnitud d'Algol. El procés de càlcul d'errors és idèntic a l'emprat en les expressions 5.2, 5.7 i 5.9.

Per tal de poder representar la variabilitat de l'estrella en funció del temps cal fer el canvi dels dies i les hores a dies julians. Per fer-ho, s'ha fet ús del *Julian Date Converter* de la web de *The United States Naval Observatory*⁸.

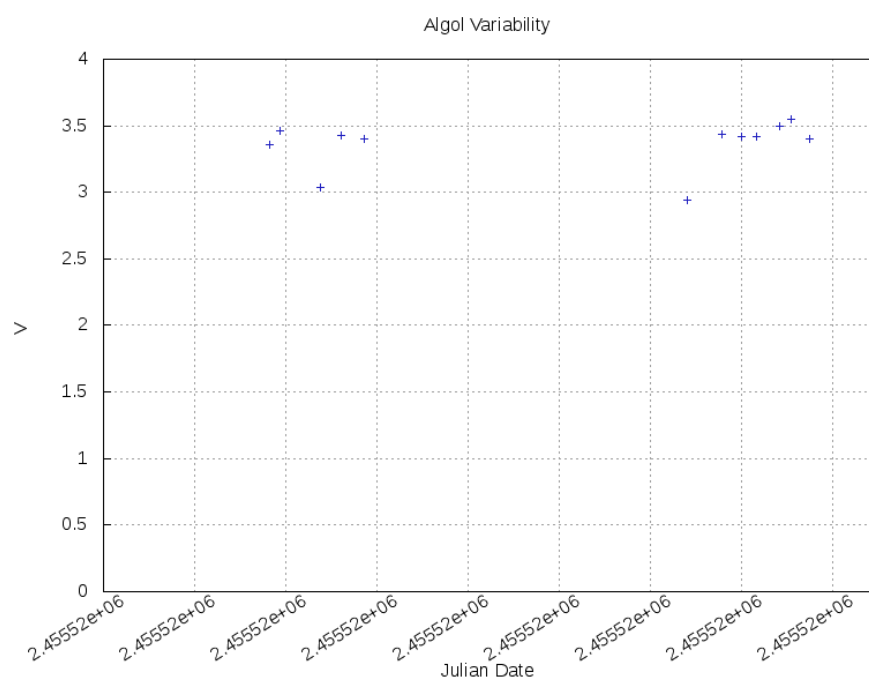
La taula següent detalla els resultats obtinguts:

8. <http://aa.usno.navy.mil/data/docs/JulianDate.php>

Astronomia Observacional – Fotometria d'un cúmul obert

Dia Julià	C_1	C_2	C_{mig}	V
2455523.338727	$12,44 \pm 0,02$	-	$12,44 \pm 0,02$	$4,31 \pm 0,03$
2455523.364039	$12,43 \pm 0,05$	$10,78 \pm 0,06$	$11,61 \pm 0,08$	$3,36 \pm 0,08$
2455523.386782	$12,45 \pm 0,03$	$10,87 \pm 0,02$	$11,66 \pm 0,03$	$3,46 \pm 0,04$
2455523.476678	$11,69 \pm 0,08$	$10,89 \pm 0,08$	$11,29 \pm 0,11$	$3,04 \pm 0,12$
2455523.521481	$12,43 \pm 0,02$	$10,90 \pm 0,05$	$11,66 \pm 0,05$	$3,43 \pm 0,05$
2455523.571354	$12,45 \pm 0,02$	$10,80 \pm 0,03$	$11,62 \pm 0,04$	$3,40 \pm 0,05$
2455524.282222	$12,00 \pm 0,13$	$10,3 \pm 0,3$	$11,2 \pm 0,3$	$2,9 \pm 0,3$
2455524.357384	$12,46 \pm 0,03$	$10,89 \pm 0,03$	$11,67 \pm 0,04$	$3,44 \pm 0,05$
2455524.402280	$12,47 \pm 0,02$	$10,90 \pm 0,03$	$11,68 \pm 0,04$	$3,42 \pm 0,04$
2455524.433403	$12,46 \pm 0,02$	$10,89 \pm 0,02$	$11,68 \pm 0,02$	$3,42 \pm 0,03$
2455524.484745	$12,47 \pm 0,02$	$10,67 \pm 0,02$	$11,57 \pm 0,09$	$3,50 \pm 0,13$
2455524.510741	$12,44 \pm 0,02$	$10,89 \pm 0,02$	$11,66 \pm 0,02$	$3,55 \pm 0,05$
2455524.527905	$12,45 \pm 0,01$	$10,89 \pm 0,01$	$11,67 \pm 0,03$	$4,9 \pm 0,2$
2455524.550197	$12,38 \pm 0,02$	$10,85 \pm 0,02$	$11,62 \pm 0,03$	$3,40 \pm 0,03$

Per a la representació de les dades s'han eliminat els punts marcats en gris a la taula anterior. El primer, bàsicament, perquè no es tenen dades de la segona constant a aquella hora i, per tant, el resultat no és bo. I el segon, perquè s'obté un valor massa alt de la magnitud degut a què (si s'observa en la taula de dades obtingudes) els comptes mesurats per Algol són baixos respecte al que hauria de donar (possiblement per un mal centrat de l'estrella). Així doncs, amb aquestes consideracions s'obté la següent corba de variabilitat:



Pel valor de les magnituds obtingudes, tots els punts són propers al mínim d'intensitat de l'estrella. És per això que no s'observa la corba de variabilitat, sinó només dues zones aproximadament constants.

Astronomia Observacional – Fotometria d'un cúmul obert

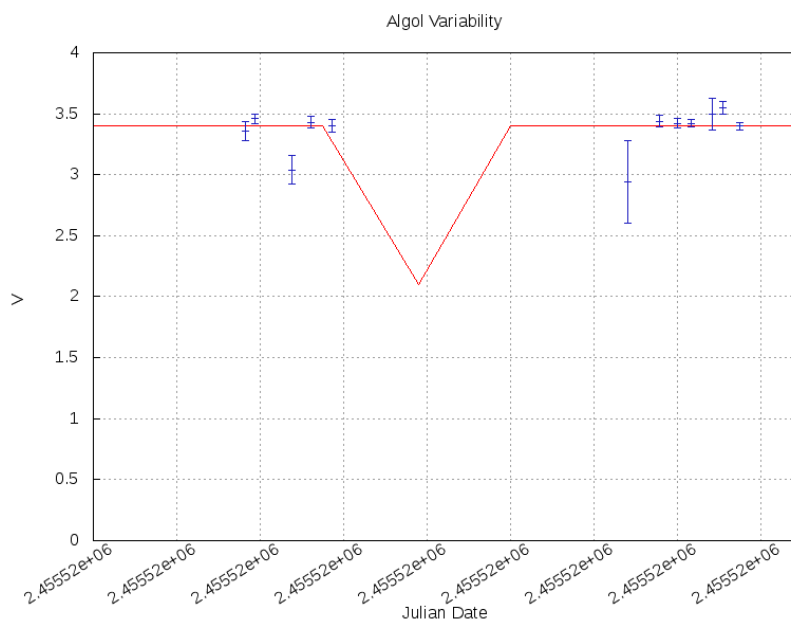
Amb l'objectiu de comprovar la fiabilitat de les dades i saber com hauria d'evolucionar aquesta corba, s'ha intentat trobar alguna manera de poder representar la corba teòrica. Mitjançant la web *The Sky and Telescope*⁹, es va trobar un petit programa – calculadora dels mínims d'intensitat d'Algol.

Below is a calculator you can use to predict when Algol will be at mid-eclipse. Press "Initialize to today" to view the dates and times of Algol's minima for the next three weeks. Or you can enter any date, between 2008 and 2015 inclusive, to see the dates and times of eight consecutive minima. The times given should be accurate to within a few minutes.

Computed dates (mm/dd/yyyy) and Universal Times of Algol minima:	Corresponding local dates (mm/dd/yyyy) and times of Algol minima:
11/16/2010 @ 02:41 UT	11/16/2010 @ 04:41 am
11/18/2010 @ 23:30 UT	11/19/2010 @ 01:30 am
11/21/2010 @ 20:19 UT	11/21/2010 @ 10:19 pm
11/24/2010 @ 17:08 UT	11/24/2010 @ 07:08 pm
11/27/2010 @ 13:57 UT	11/27/2010 @ 03:57 pm
11/30/2010 @ 10:46 UT	11/30/2010 @ 12:46 pm
12/03/2010 @ 07:35 UT	12/03/2010 @ 09:35 am
12/06/2010 @ 04:24 UT	12/06/2010 @ 06:24 am

Note: local times are based on a time zone offset of 2 hour(s) from UT as given by your Web browser.

Tal com explica, s'introdueix una data i el programa calcula els mínims per les pròximes tres setmanes. Tenint en compte que la periodicitat és de 2,87 dies, es pot afirmar que, teòricament, cada 1,435 dies està en un màxim o en un mínim. Coneixent els mínims pel programa, s'han extrapolat alguns màxims sota aquesta consideració. De manera que s'ha obtingut una corba teòrica bastant precisa, i s'ha pogut comprovar que, efectivament, les dades preses a la pràctica corresponen a dos mínims d'intensitat, i que just en l'interval entre les dues nits del 22 al 23 (és a dir, durant el dia del 23) es va produir el màxim.



9. http://www.skyandtelescope.com/observing/objects/variablestars/Minima_of_Algol.html

6. Conclusions

Al llarg de l'informe s'han anat valorant i discutint els resultats obtinguts, per tal de poder anar extraient les principals conclusions de tot l'anàlisi fet tant pel cúmul de les Pèiades com per l'estudi de variabilitat d'Algol.

Cal fer èmfasi de nou a les problemàtiques trobades en fer la fotometria per al cúmul ja que, per una banda, se'ns va comunicar a posteriori que els filtres emprats no estaven en condicions òptimes (per tant, les dades obtingudes no eren les millors) i, per l'altra, es va cometre un error humà amb un factor d'escala d'una estrella que ha complicat altament tot el treball posterior a l'observació.

Tot i així, satisfactòriament, un cop revisades les dades inicials i comparades amb les d'altres grups i les facilitades del 1998, s'ha aconseguit detectar l'error d'origen, i es pot concloure que els resultats obtinguts són força bons, de manera que les condicions dels filtres no van afectar significativament a les dades experimentals.

Pel que fa a l'estudi de variabilitat d'Algol, els resultats obtinguts també han estat satisfactoris, encara que no s'arribessin a obtenir dades suficients per a obtenir una corba de lluminositat completa, ja que els màxims de magnitud de l'estrella no van coincidir amb les hores d'observació dels diferents grups.

7. Bibliografia

- Manual Fotometria d'un cúmul obert. J. Torra; X. Luri; F. Figueras. Novembre 2003
- Astronomia Fonamental. Vicent J.Martínez, Joan A. Miralles, Enric Marco, David Galadí-Enríquez. PUV.
- Fundamental Astronomy. Hannu Karttunen. Springer.
- Base de dades SIMBAD
<http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/>
- Optec – Optical and Electronic Products
<http://www.optecinc.com/astronomy/ssp3.htm>
- Computation of isochrones (Siess et al., 2003)
<http://astropc0.ulb.ac.be/~siess/server/iso.html>

Astronomia Observacional – Fotometria d'un cúmul obert

<http://www-laog.obs.ujf-grnoble.fr/activities/starevol/FILES/iso.html>

- Webda: Stellar Clusters in the Galaxy and the Magellanic Clouds (BBDD cúmul)

<http://www.univie.ac.at/webda/>

- Sky Catalog 2000.0 Volume 1. Stars to magnitude 8.0. Alan Hirshfeld, Roger W, Sinnott; François Ochsenbein. Cambridge University Press, 1991

- Isaac Newton Group of Telescopes – Object Visibility

<http://catserver.ing.iac.es/staralt/>

- General Catalogue of Variable Stars

<http://www.sai.msu.su/groups/cluster/gcvs/gcvs/>

- American Association of Variable Star Observers.

www.aavso.org

- Variable Stars

http://www.science-project.com/_members/science-projects/sponsorads/aavso/makeobs.html

- The Sky and Telescope – The Minima of Algol

http://www.skyandtelescope.com/observing/objects/variablestars/Minima_of_Algol.html

- Julian Day

http://en.wikipedia.org/wiki/Julian_day

- Julian Date Converter

<http://aa.usno.navy.mil/data/docs/JulianDate.php>

- Serviastro. Departament d'Astronomia i Metereologia de la Universitat de Barcelona.

<http://serviastro.am.ub.es/>