

# CONVENTION OCA-AQUILA

## Rapport d'activité 2018



Ce rapport rend compte des activités de l'association AQUILA pour l'année 2018 autour du télescope Schaumasse et de la coupole qui l'abrite, effectuées dans le cadre de la Convention OCA-AQUILA signée le 15 juin 2007.

La première partie de ce rapport traite des travaux d'astronomie amateur réalisés avec le télescope Schaumasse et des soirées organisées avec les membres d'AQUILA.

La deuxième partie présente une synthèse des travaux de recherche effectués au télescope Schaumasse, portant notamment sur la photométrie d'étoiles variables, d'exoplanètes et d'astéroïdes. Des mesures d'occultations d'étoiles par des astéroïdes ont également été réalisées.

## Sommaire

1. Observations Amateur.....	3
2. Travaux scientifiques .....	4
2.1 Occultations d'étoiles .....	4
2.1.1 Occultation de UCAC4 593-005847 par (84522) 2002 TC302.....	4
2.1.2 Occultation de TYC 5713-00019-1 par (97) Klotho - 26 juillet 2018 .....	5
2.1.3 Occultation de 4UC 555-033529 par (777) Gutemberga .....	6
2.1.4 Occultation de TYC 2394-01953-1 par (19690) 1999 RD212.....	6
2.1.5 Autres occultations négatives.....	6
2.2 Courbes de lumières d'astéroïdes .....	8
2.3 Courbes de lumière d'étoiles variables.....	10
2.4 Découvertes d'étoiles variables.....	10
2.5 Etoiles variables en attente de publication... ..	13
2.6 Autres transits .....	15
2.7 Diagrammes HR .....	15
2.8 Suivi photométrique des céphéides de la galaxie d'Andromède .....	18
3. Statistiques.....	23

1. Observations Amateur



NGC6946, par Jean-Marc Lemoine - C8



M78, télescope Schaumasse 400/2000, (Luminance: 2 heures)



IC342, télescope Schaumasse 400/2000



M101, Télescope Schaumasse 400/2000



NGC188, télescope Schaumasse 400/2000



Comète Giacobini-Zinner, 8 août 2018, télescope Schaumasse 400/2000

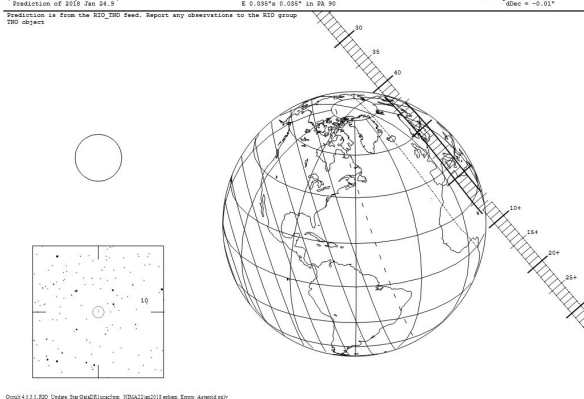
## 2. Travaux scientifiques

### 2.1 Occultations d'étoiles

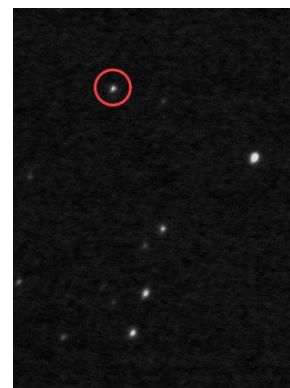
#### 2.1.1 Occultation de UCAC4 593-005847 par (84522) 2002 TC302

Le 28 janvier à 21h55m TU, le transneptunien (84522) 2002 TC302 occultait une étoile de magnitude 15. Une campagne d'observation a été lancée sur le forum Planoccult, afin que les observateurs, de la Finlande à l'Afrique du Nord, puissent suivre le phénomène. Malheureusement, de nombreuses stations, y compris en Algérie, n'ont pu suivre l'éclipse à cause de nuages. A Nice, l'occultation a été observée avec succès.

```
84522 2002 TC302 occults 4UC 593-005847 on 2018 Jan 28 from 21h 31m to 22h 18m UT
Name:                               Max Deviation: 0.122 2 4939
RA: 15 21 41.6338 (22000)             Sid. Time: 15 17 38:1
Dec: 2 24 12.381                      Alt: 1244 = 22 04P
UT Date: 2018 01 28 21 41 41          Alt: 1244 = 22 04P
Prediction of 2018 Jan 28.2         E 0.5847x 0.0397 13 08 00
                                         Alt: 1244 = 22 04P
                                         Hourly Alt: 0.0012
                                         dAlt: -0.0012
```



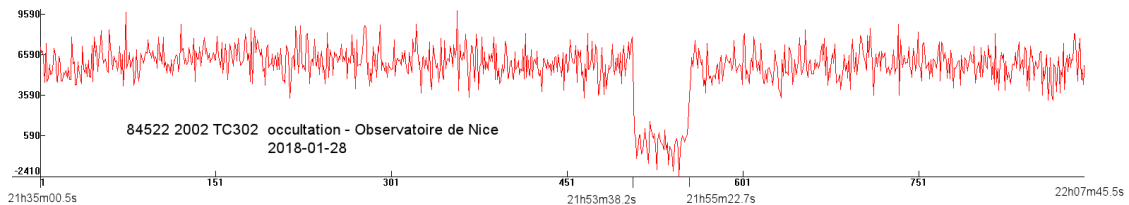
Trajectoire de l'ombre de l'astéroïde



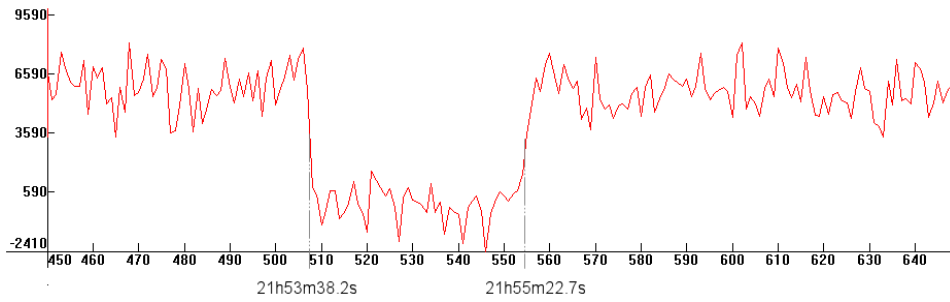
Position de l'étoile occultée

L'observatoire de Nice était idéalement positionné, non loin du centre de la bande de totalité. L'incertitude temporelle étant assez grande, nous avons commencé l'enregistrement 15 minutes avant le transit, afin également de détecter la présence d'un éventuel satellite. Nous avons utilisé la caméra Asi174 au foyer primaire du télescope Schaumasse, en enregistrant une série d'images de 2.2'' de pose chacune. La magnitude de l'étoile occultée étant faible (15.2), de même que celle de l'astéroïde (20.5), il a fallu utiliser un temps de pose assez conséquent. Heureusement, le transit devant durer jusqu'à 2 minutes, la résolution temporelle était moins importante.

L'éclipse a commencé à 21h53m38.2s, soit 90 secondes avant l'heure théorique, et a duré 104.5 secondes.

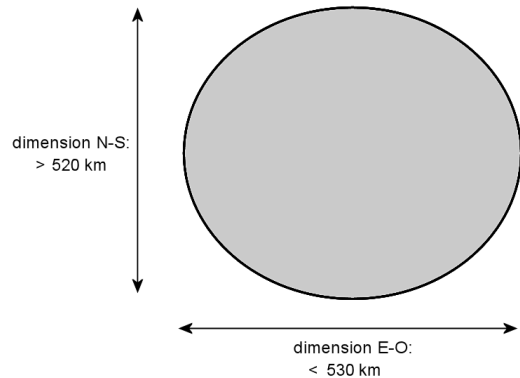
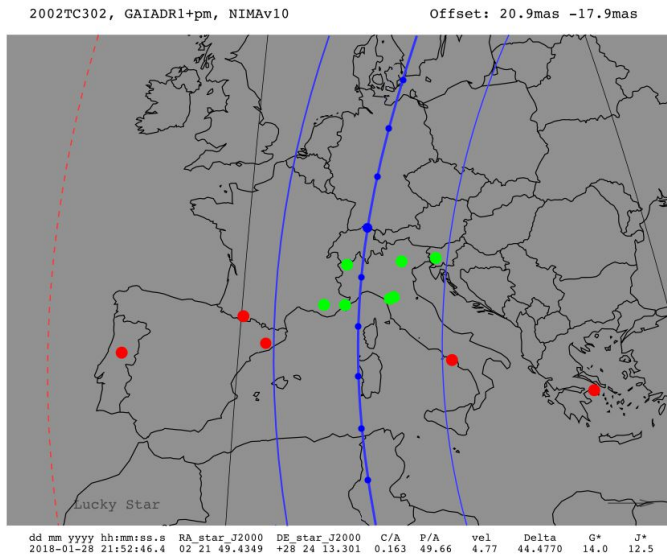


Courbe de lumière du transit, de 21h35m à 22h07



Zoom sur le transit

Connaissant la durée du transit (104.5''), le déplacement apparent du TNO (13.3 arcsec par jour) correspond à un déplacement de 16.1 millisecondes d'arc. A une distance de 44.5 u.a., cela correspond à un diamètre d'au moins **520km** (dans le sens Nord-sud). Les observations de l'instrument Spire sur le télescope Herschel en 2013 avaient permis de déterminer un diamètre de **585 (+105, -80km)**. Les derniers résultats semblent montrer que l'Observatoire de Nice n'était pas exactement situé sur le centre de la bande de totalité (voir carte ci-dessous). Notre mesure du diamètre de (84522) 2002 TC302 est donc parfaitement compatible avec la mesure officielle.

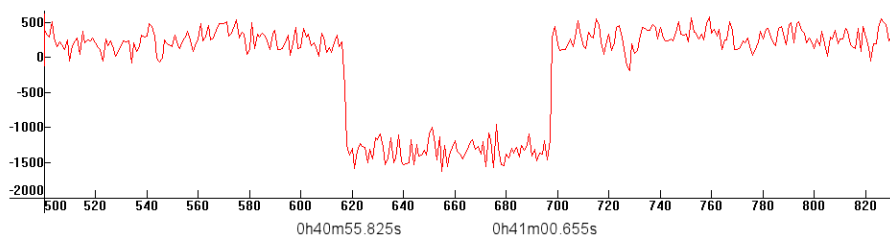


Dimensions de (84522) 2002 TC302

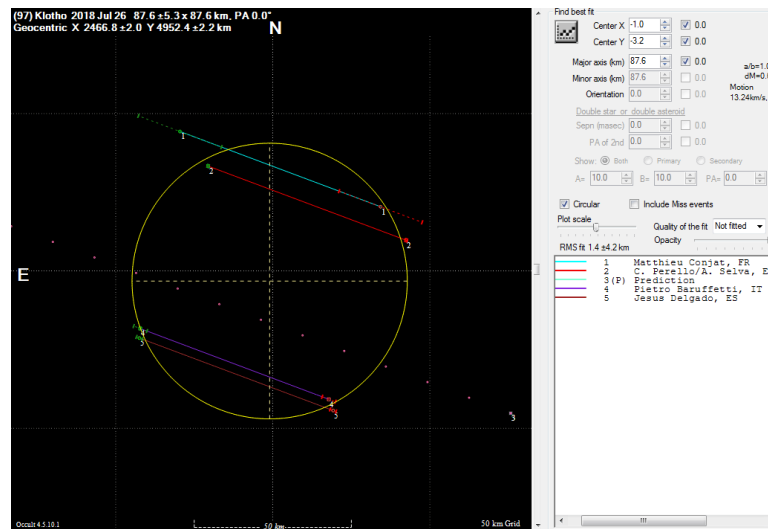
Carte fournie par Josselin Desmars (Obs. De Paris) des sites ayant participé à la campagne de suivi.

Le diamètre que nous avons mesuré est calculé selon la direction Nord-Sud, puisque l'ombre de l'astéroïde se déplaçait de la Suède vers la Tunisie. De plus, la carte ci-dessus décrit une bande de totalité de 930 km de large, mesurée dans le sens des longitudes. Compte tenu de la hauteur de l'astéroïde dans le ciel (35°), cela donne une dimension horizontale maximale (Est-Ouest) de **530km** ( $930 * \sin(35)$ ). L'astéroïde a donc une forme plutôt sphérique (**~520x530 km**). Tout comme certains satellites de Saturne (Encelade, de même diamètre), 2002 TC302 pourrait donc être un corps glacé, ayant eu un océan liquide sous la croûte lors de sa formation. C'est un objet transneptunien, donc cette hypothèse est tout-à-fait plausible.

### 2.1.2 Occultation de TYC 5713-00019-1 par (97) Klotho - 26 juillet 2018



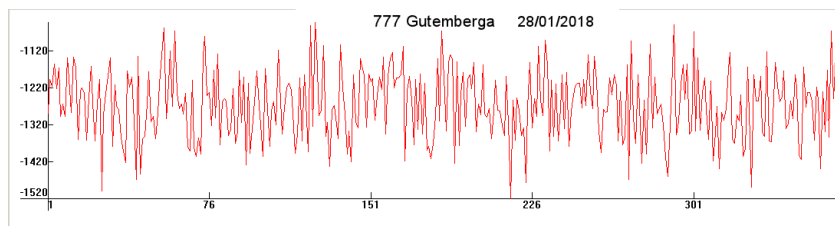
L'occultation a duré 4.83" et a été suivie par plusieurs observateurs en Europe (Espagne et Italie).



Cordes de l'occultation de Klotho

### 2.1.3 Occultation de 4UC 555-033529 par (777) Gutemberga

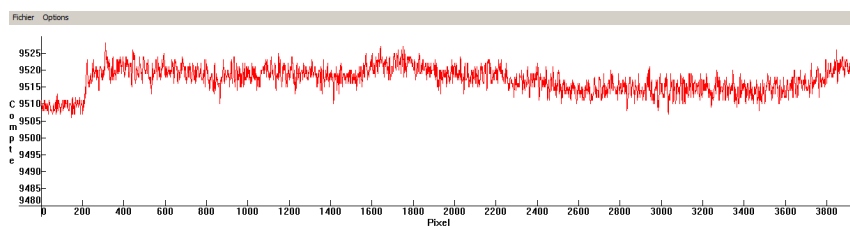
Le 28 janvier, peu avant le transit du TNO (84522) 2002 TC302, (777) Gutemberga occultait une étoile de magnitude 13.4. Nous avons utilisé la caméra Asi174mm au foyer primaire du télescope Schaumasse, avec des temps de pose de 0.4". L'astéroïde est passé à côté de l'Observatoire de Nice, conformément aux prédictions. Cette observation permettra cependant d'affiner l'orbite de l'astéroïde.



Courbe de lumière de 777 Gutemberga le 28 janvier

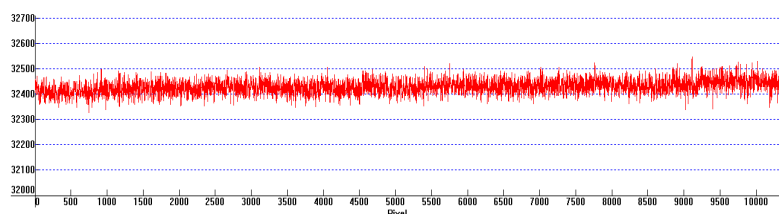
### 2.1.4 Occultation de TYC 2394-01953-1 par (19690) 1999 RD212

Le 12 janvier, (19690) 1999 RD212 occultait une étoile de magnitude 9.4. Ce transit, même s'il passait au nord de l'Observatoire de Nice, devait être facilement visible avec un petit instrument. Nous avons utilisé l'Audine au foyer du GP200. Malgré quelques passages nuageux, nous avons pu constater que l'étoile n'a pas été occultée. Le temps de pose était de 20ms par ligne de scan.



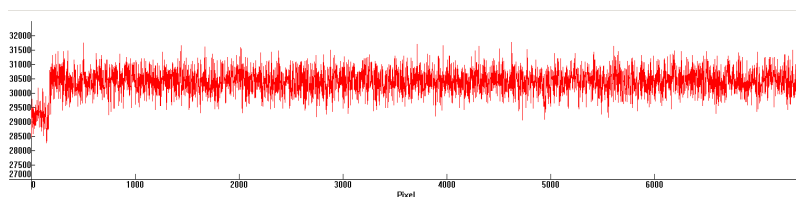
Malgré la brume, le transit, en milieu de scan, n'a pas été observé

### 2.1.5 Autres occultations négatives



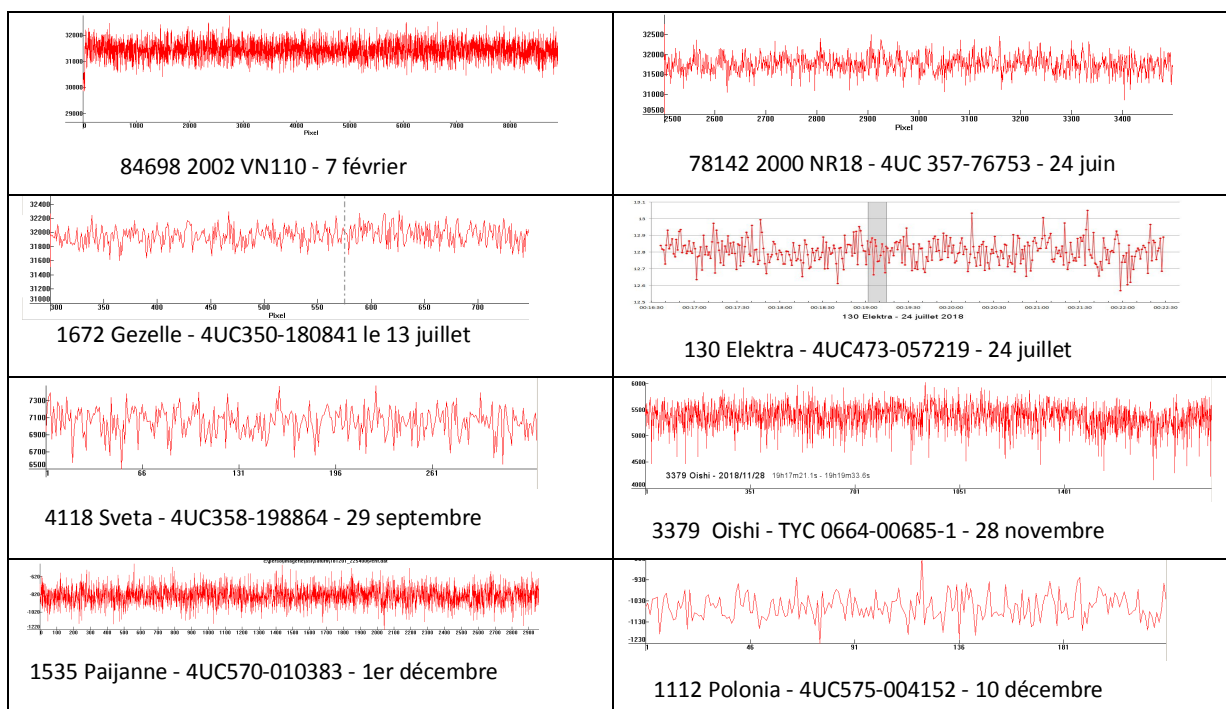
Occultation de GSC 2986.0209 par 364P/Panstarrs le 22 mars 2018

Pour cette occultation, l'incertitude (temporelle et spatiale) était très grande, et la bande de totalité était située à plusieurs centaines de km de l'Observatoire de Nice, mais nous avons quand même tenté d'observer un éventuel passage de la chevelure de la comète 364P devant l'étoile, qui n'a finalement pas eu lieu.

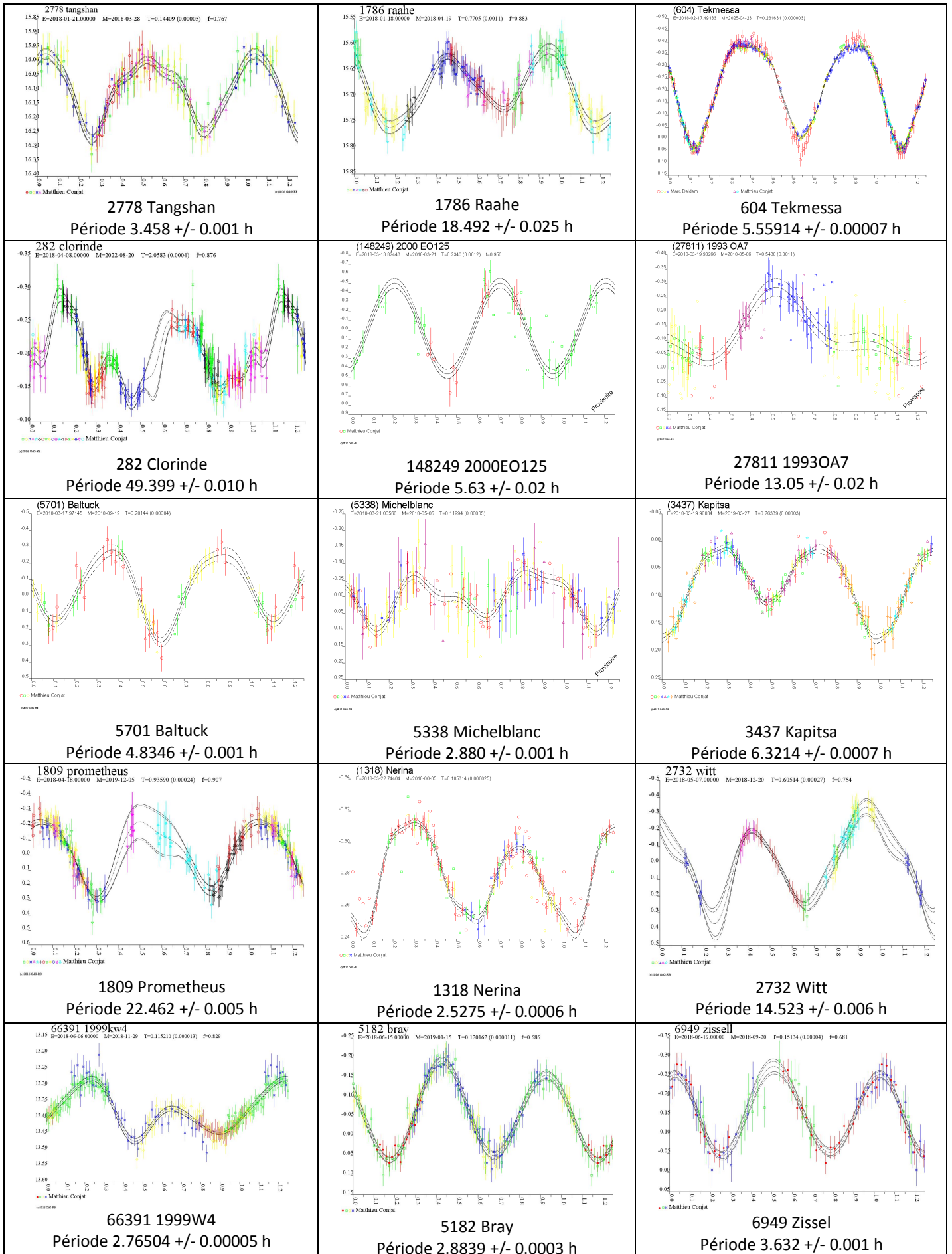


Occultation de TYC 0408-00029-1 par 130 Elektra le 21 avril 2018

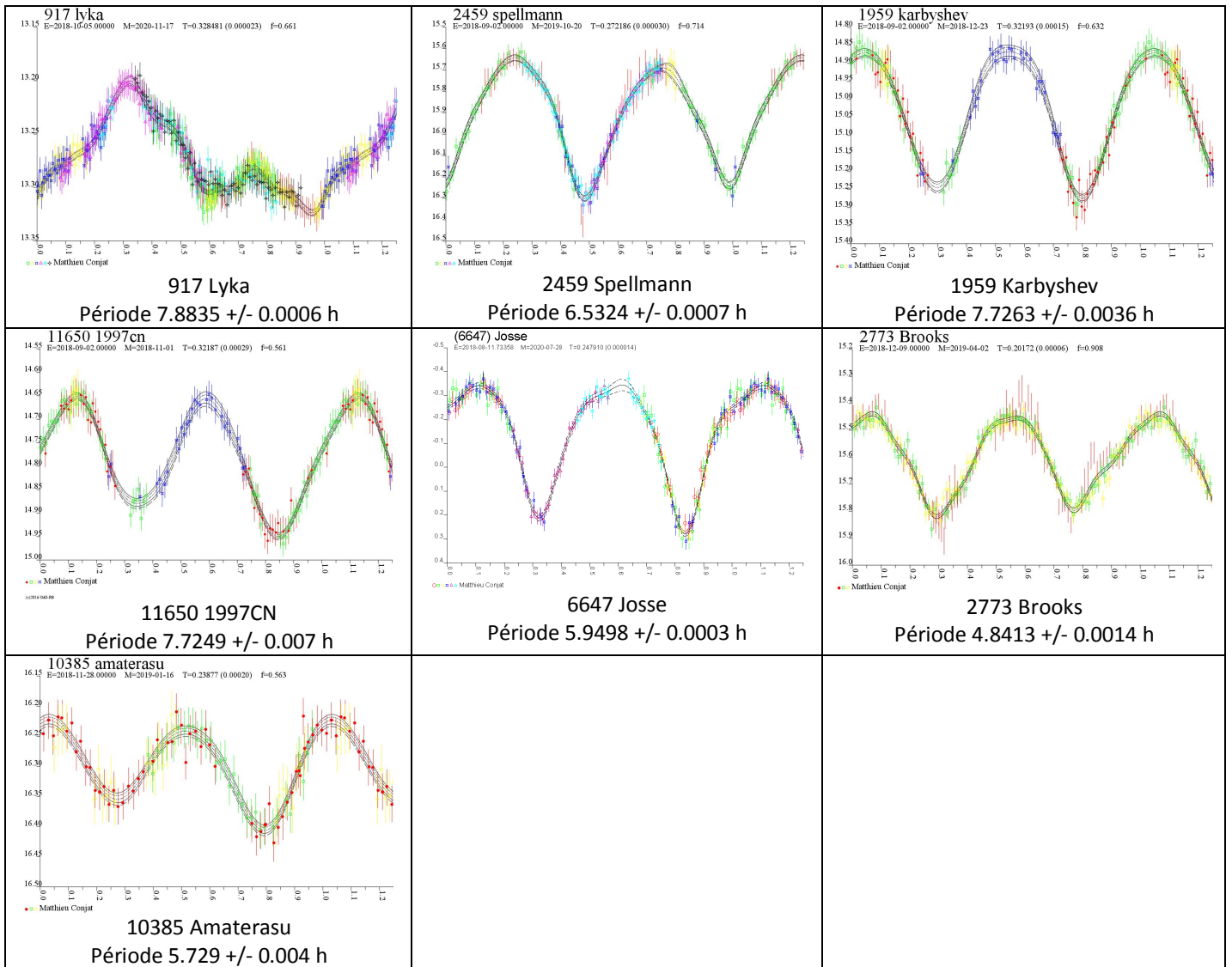
Elektra est un astéroïde multiple, entouré de 2 satellites (S/2003 (130) 1 et S/2014 (130) 1). La bande de totalité de l'éclipse du 21 avril ne passait pas sur l'Observatoire de Nice, mais nous avons quand même tenté de suivre une éventuelle occultation par l'un des 2 satellites, qui n'a toutefois pas eu lieu.



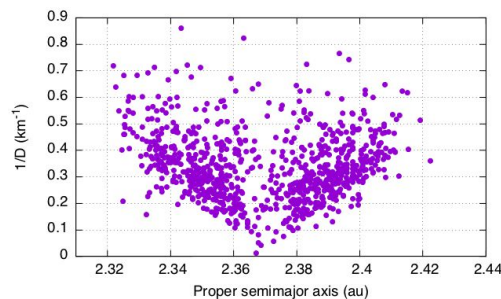
## 2.2 Courbes de lumières d'astéroïdes





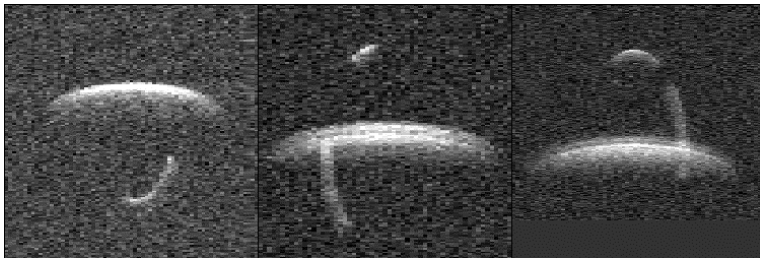


- Les astéroïdes 282 Clorinde, 2778 Tangshan, 917 Lyka, 6647 Josse et 2773 Brooks font partie d'une nouvelle famille découverte à l'Observatoire de la Côte d'Azur (Delbo, M., Walsh, K., Bolin, B., Avdellidou, C. & Morbidelli, A. 2017. Identification of a primordial asteroid family constrains the original planetesimal population. *Science* 357, 1026-1029). Cette famille est probablement issue d'une collision et contient des corps vraisemblablement soumis à l'effet Yarkovsky, qui a pour effet de modifier leur demi grand-axe en fonction de leur sens de rotation. Les objets tournant dans un sens prograde voient leur distance au Soleil lentement augmenter, tandis que les objets rétrogrades ont une distance au Soleil qui diminue, comme le montre la figure ci-dessous, représentant la famille Erigone :

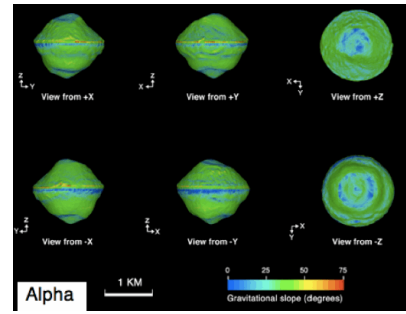


Nous avons donc commencé à suivre certains des objets de cette famille sur proposition de Marco Delbo, afin de mesurer leur période de rotation et de préciser la direction de leur axe de rotation.

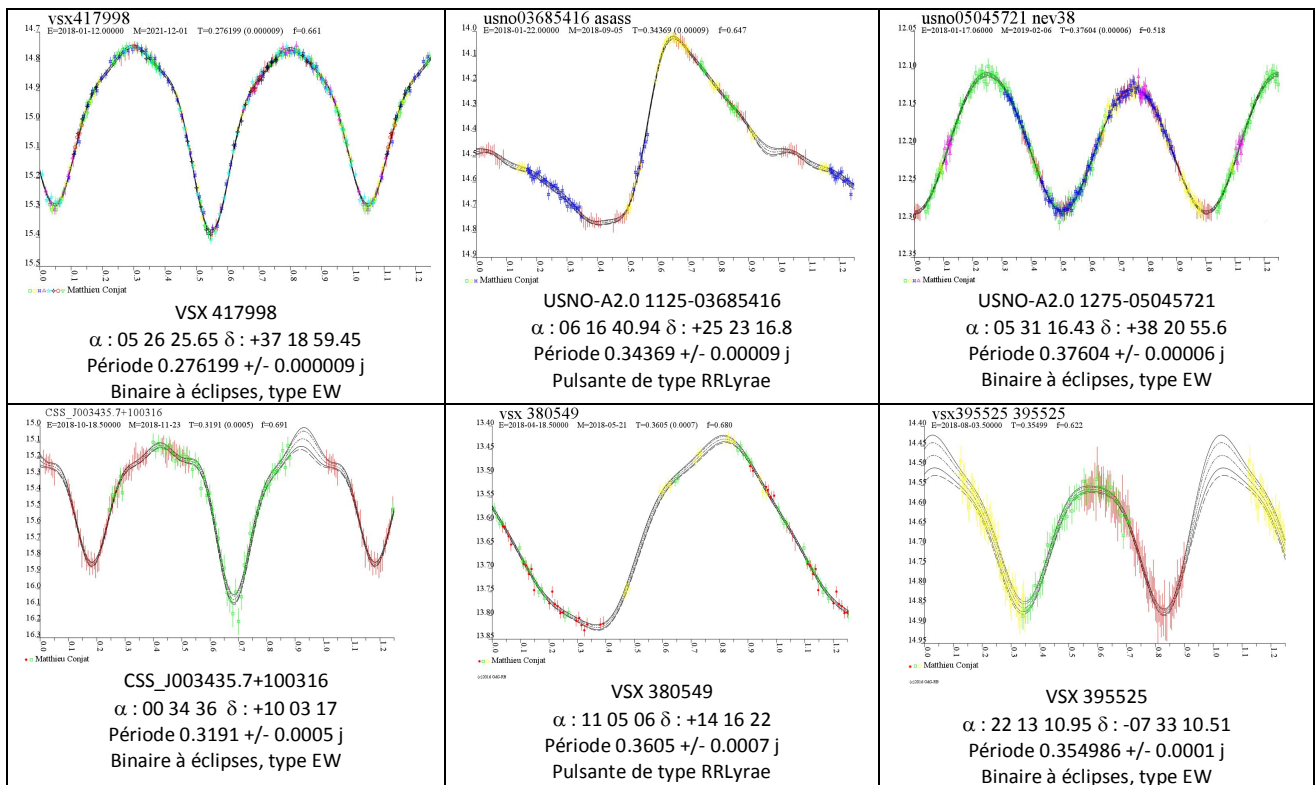
- 66391 1999kw4 est un astéroïde géocroiseur, découvert en 1999 et observé en 2001 à l'aide des antennes de Goldstone et d'Arecibo, lors de son passage à proximité de la Terre. Lors de l'opposition de 2018, nous n'avons apparemment pas observé l'éclipse du satellite.



Observations radar de 1999kw4 en 2001

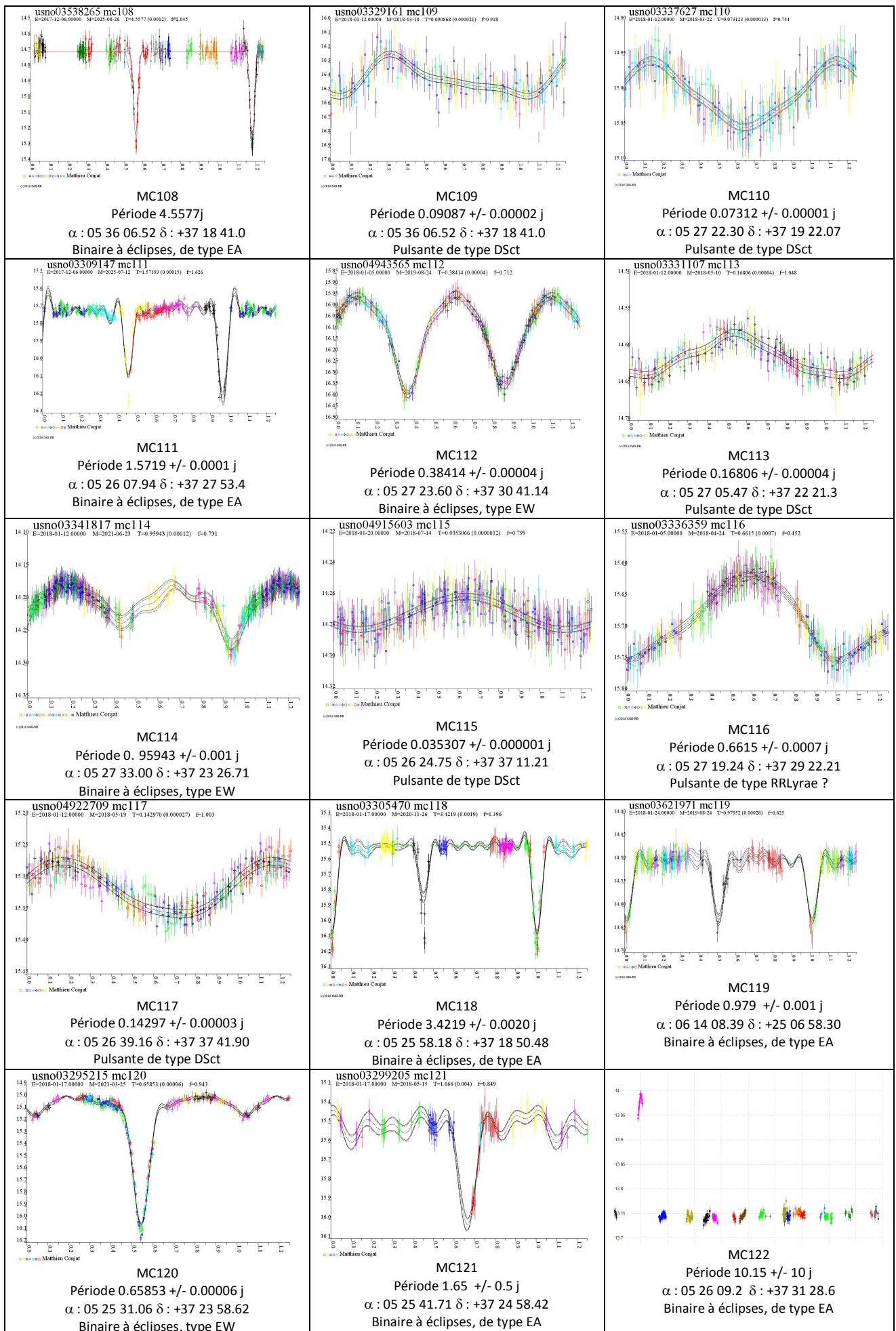


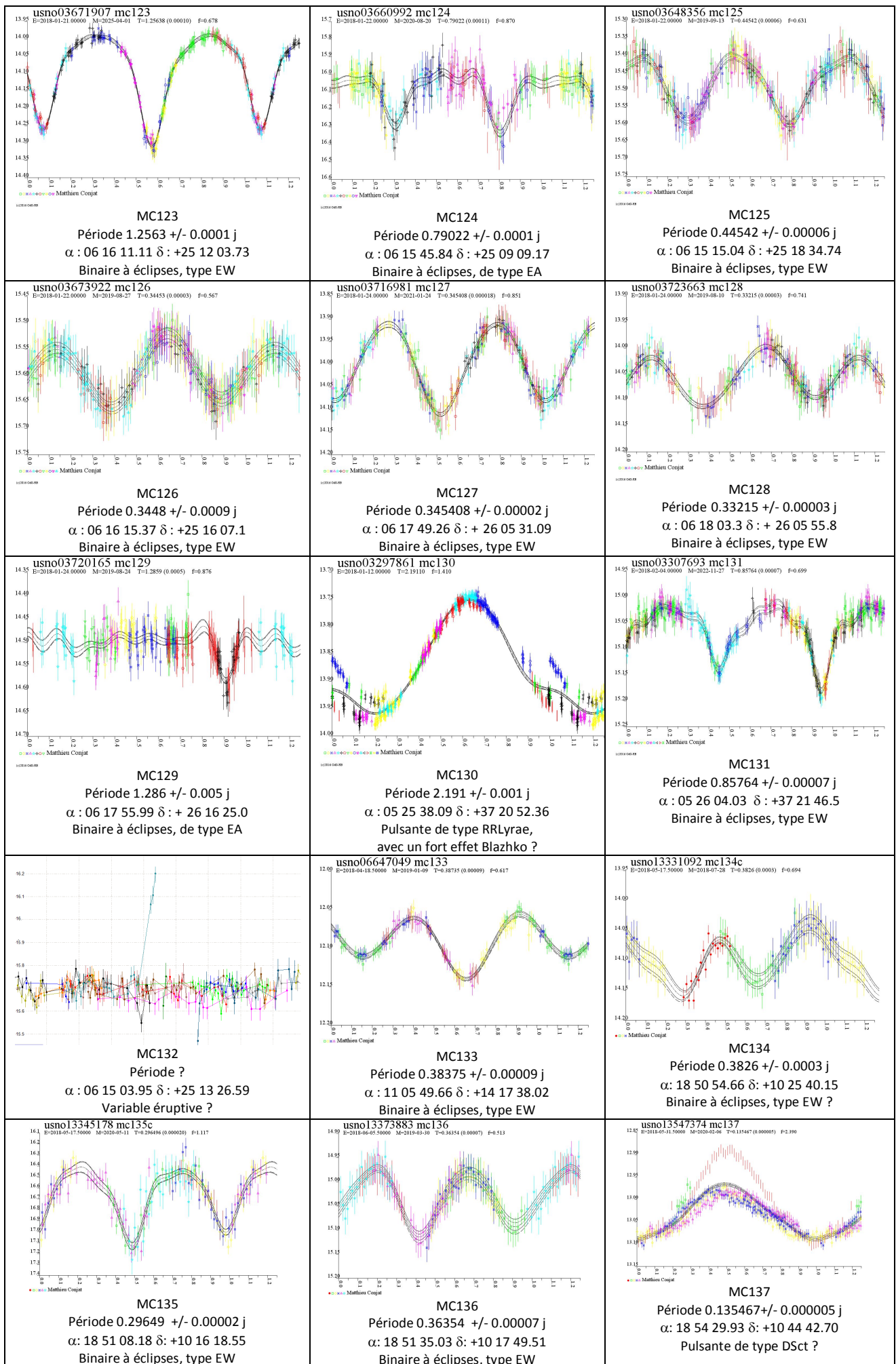
### 2.3 Courbes de lumière d'étoiles variables

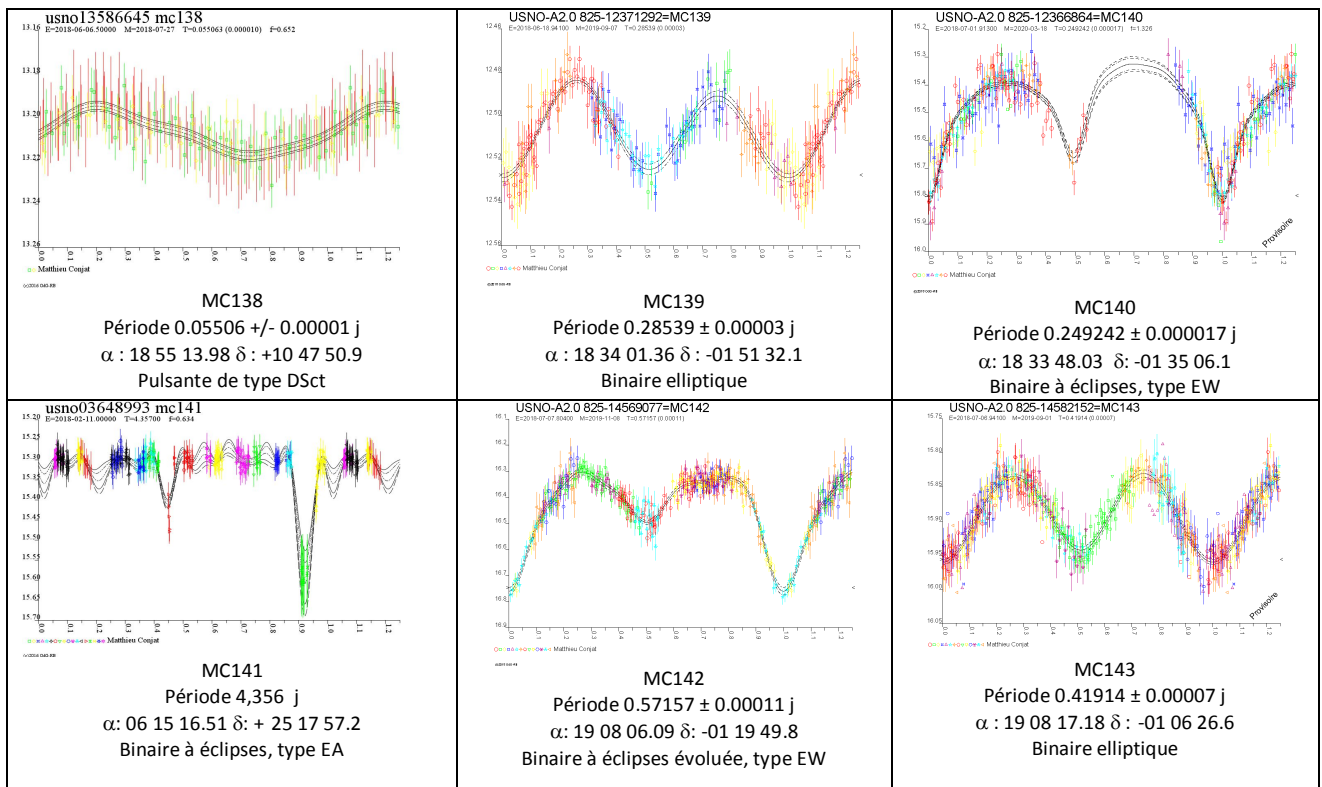


### 2.4 Découvertes d'étoiles variables

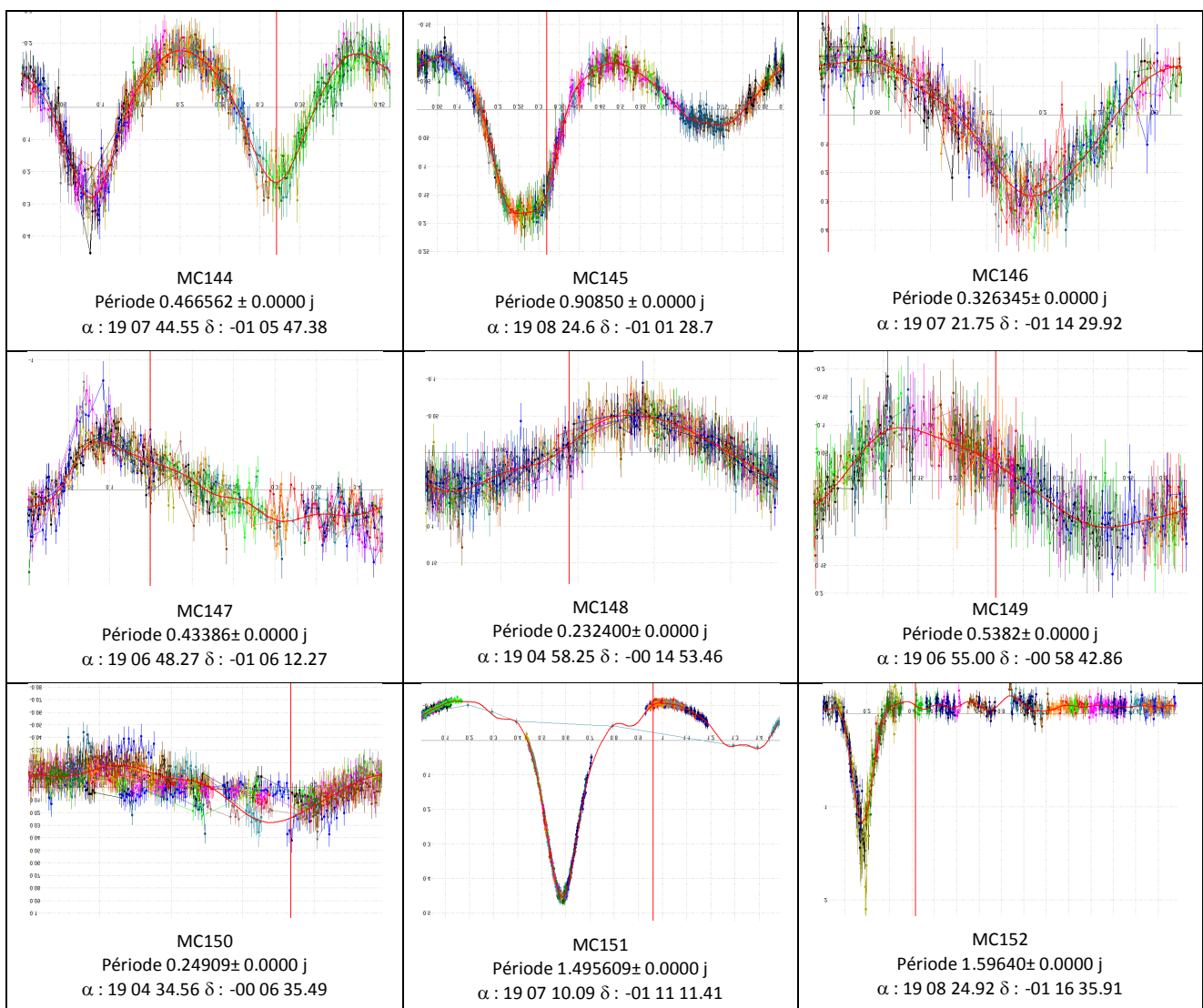
Les programmes automatiques de surveillance des astéroïdes ou des étoiles variables ont longtemps évité la Voie Lactée à cause de son trop grand nombre d'étoiles, c'est pourquoi de nombreuses étoiles variables qui s'y trouvent n'ont jamais été répertoriées. Les 2 instruments montés sur la platine de la monture (le Cassegrain de 40cm et le Newton de 20cm) équipés respectivement des caméras QSI et Audine, permettent de pointer 2 champs simultanément, séparés d'au plus 5°. Il arrive donc parfois, lors de suivis d'astéroïdes, ou lorsque l'on reste plusieurs jours sur le même champ, que l'on découvre des étoiles variables non répertoriées dans le catalogue VSX (catalogue officiel de l'AAVSO)

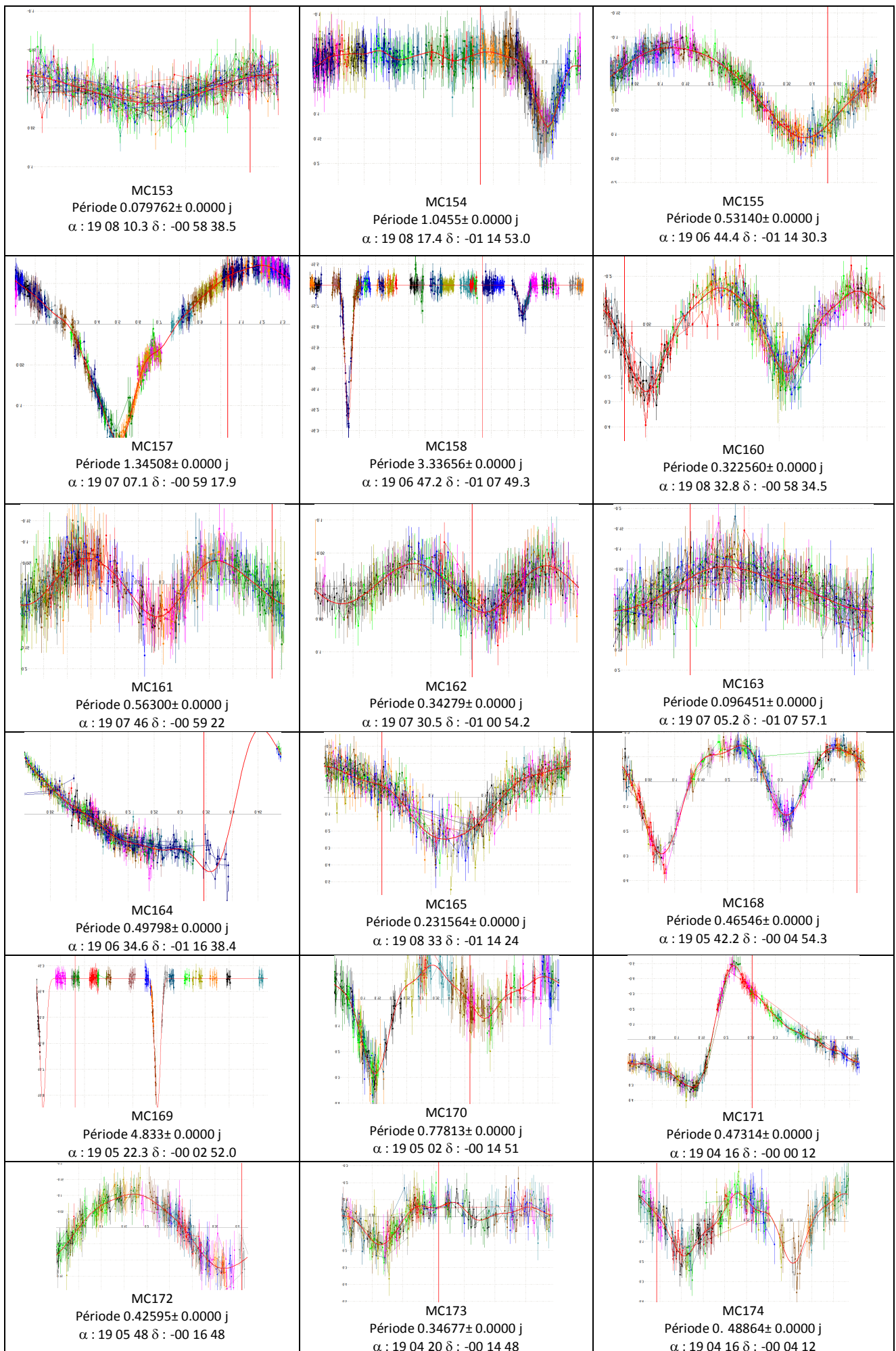


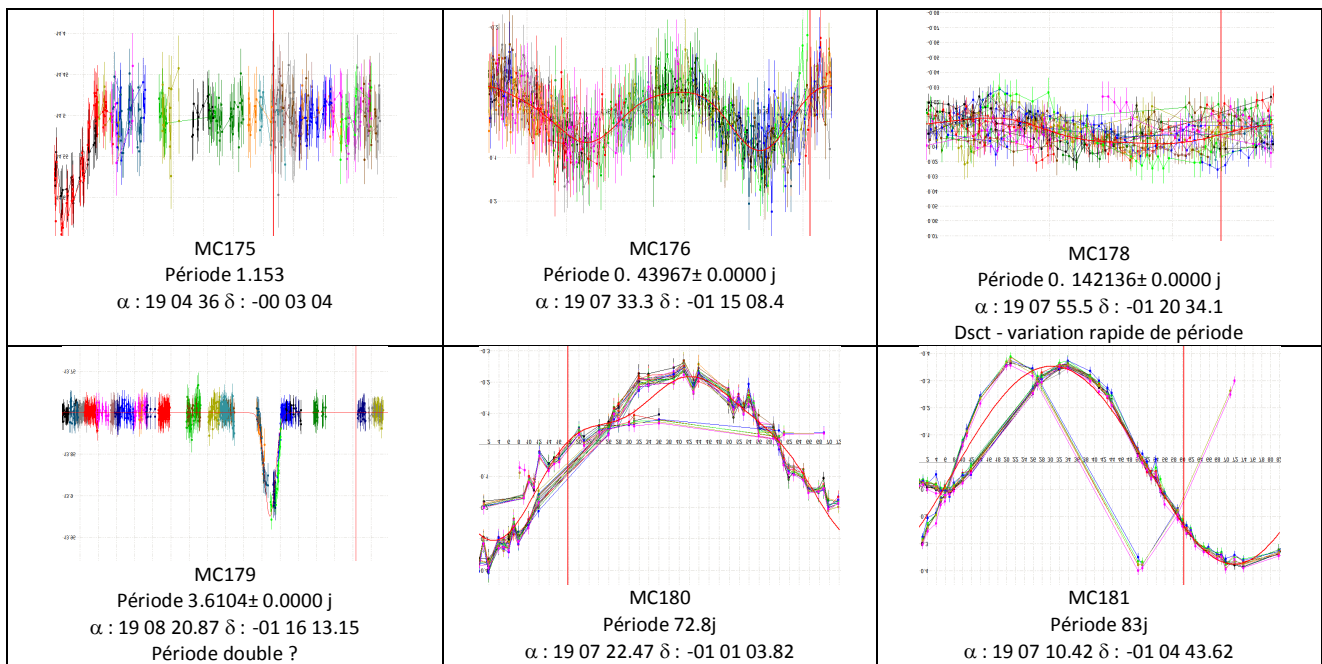




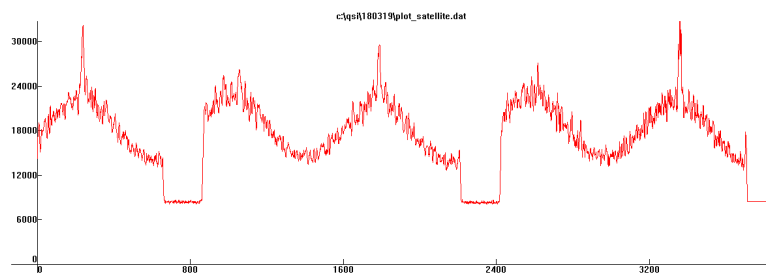
## 2.5 Etoiles variables en attente de publication...







## 2.6 Autres transits



En suivant les astéroïdes 3437 Kapitsa, 5338 Michelblanc et 27811 1993OA7, nous avons vu passer un satellite pendant plusieurs minutes, qui semblait présenter des variations rapides et régulières de luminosité, signe qu'il tournait sur lui-même. Une recherche sur le site Calsky nous a permis de déterminer qu'il s'agissait des restes d'une fusée Falcon 9. La période de rotation du satellite est d'environ 150 secondes, et la courbe présente un sursaut brusque de luminosité à chaque tour. Les interruptions sur l'image correspondent au temps de lecture de l'image après la pose (20 secondes).

## 2.7 Diagrammes HR

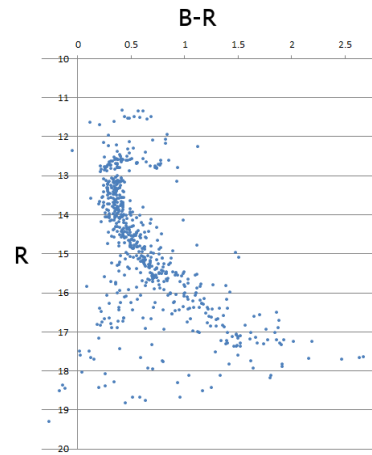
Le diagramme HR d'un amas permet de mesurer des données caractéristiques telles que l'âge ou la distance des étoiles qui le composent.

### Diagramme HR de M67

Nous avons observé l'amas ouvert M67 au foyer du télescope Schaumasse, en prenant soin de faire des poses courtes pour ne pas saturer les étoiles les plus brillantes. Le diagramme HR obtenu en filtre rouge et bleu est représenté ci-dessous.



M67 au foyer primaire du télescope Schaumasse



On observe bien le coude au sommet de la séquence principale, révélateur d'un âge particulièrement avancé, qui a permis aux étoiles les plus massives (en haut du diagramme) d'évoluer vers la branche des supergéantes rouges. On observe aussi la zone d'instabilité, vers la magnitude 11.5, où se situent certaines étoiles variables de type RR Lyrae. En bas de la figure, on observe la séquence principale qui s'évase, notamment vers la gauche. Ces dernières sont typiquement des étoiles qui ne font pas partie de l'amas, car cette partie du diagramme HR n'est pas censée être peuplée.

### Diagramme HR de *ngc6366*

NGC 6366 a été observé en 2015 et 2018. Il a la particularité d'être diffus (concentration 11 (1=dense, 12=épars)), ce qui permet d'obtenir son diagramme HR sans que la proximité des étoiles perturbe les mesures. En revanche, il est peu lumineux, il a donc fallu utiliser un long temps de pose.



NGC 6366 au foyer Cassegrain du télescope Schaumasse (F/10)

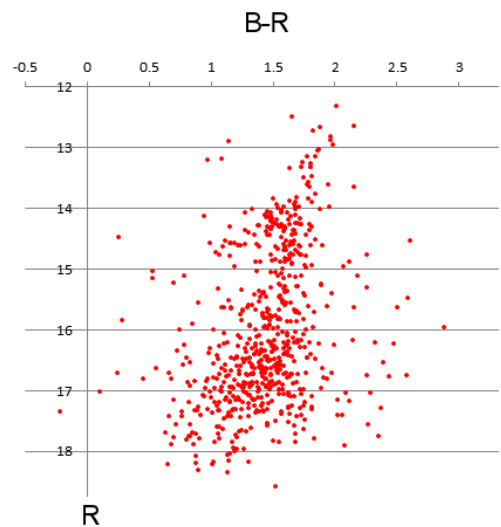


Diagramme HR de NGC6366

Si on compare le diagramme avec les mesures obtenues avec des télescopes de plus grand diamètre, on constate que les étoiles que nous parvenons à mesurer ont toutes déjà évolué vers la branche des géantes. On ne distingue que la partie supérieure du coude de bifurcation entre la séquence principale et la branche des géantes ('turn-off point'), car cette partie de la séquence principale est peuplée par des étoiles trop peu lumineuses. Seules les étoiles les plus brillantes de l'amas sont visibles. On mesure cependant la branche horizontale, peuplée entre autres par les géantes de type RR Lyrae.



Comme le montre la photo ci-dessus, le rougissement des étoiles semble important, car NGC6366 est situé dans la constellation d'Ophiucus, non loin du centre de la Voie Lactée. Cet assombrissement, pourtant associé à une distance relativement faible de 11700 a.l., explique que seules les étoiles les plus lumineuses de l'amas soient visibles. La branche horizontale apparaît à une magnitude de  $\sim 14.3$ , ce qui donne une distance théorique de 20000 a.l. (la magnitude absolue de la branche horizontale est de l'ordre de 0). L'amas semble donc bien plus éloigné à cause de l'assombrissement.

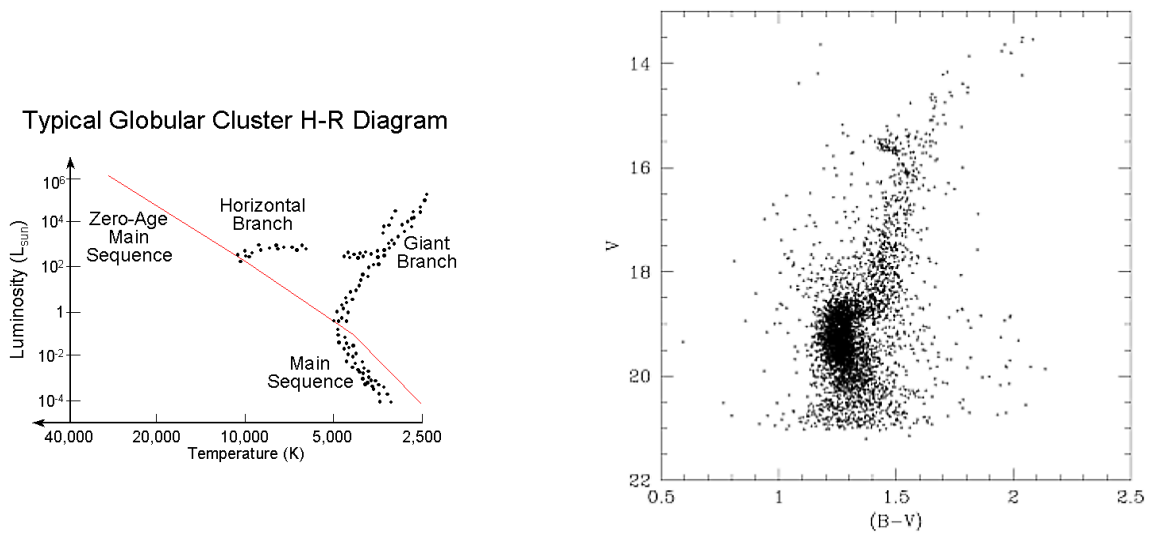


Diagramme HR de NGC6366 obtenu avec le Isaac Newton Telescope (INT, Alonso et al., A&A, 1997)

### Diagramme HR de ngc288

NGC 288 est un amas globulaire brillant situé dans la constellation du sculpteur dont la hauteur maximale ne dépasse pas  $17^\circ$  au-dessus de l'horizon. En aout 2018, lorsque la turbulence était faible, nous l'avons pointé. Le faible temps de pose ne nous a pas permis de faire ressortir les étoiles les plus faibles, néanmoins nous avons pu obtenir le diagramme HR de NGC288.



NGC288 au foyer du miroir primaire

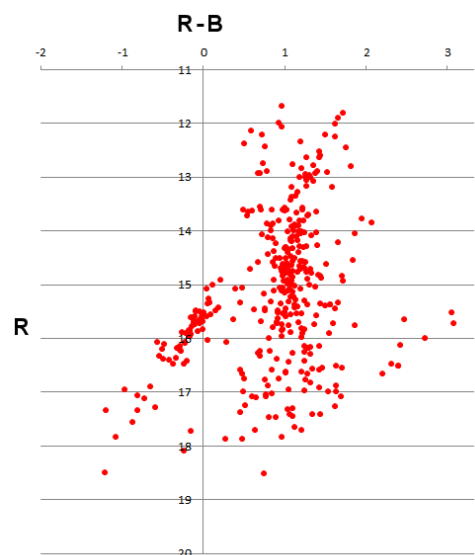


Diagramme HR (R, B-R) de NGC 288

Le diagramme HR ci-dessus a été obtenu à l'aide des images R et B. La branche horizontale, de magnitude 15.5 sur l'image V, donne une distance de 40000 a.l. (magnitude absolue 0). La littérature donne une distance de 29000 a.l.

## 2.8 Suivi photométrique des céphéides de la galaxie d'Andromède

M31 est avec la Voie Lactée la plus grosse galaxie du Groupe Local, qui contient une soixantaine de galaxies sur un diamètre de 10 millions d'années-lumière. L'observation des céphéides permet, grâce à la relation période luminosité, de déterminer approximativement la distance des galaxies proches.

La relation de Pogson permet d'obtenir l'égalité suivante:

$$m=M+5*\log(D)-5$$

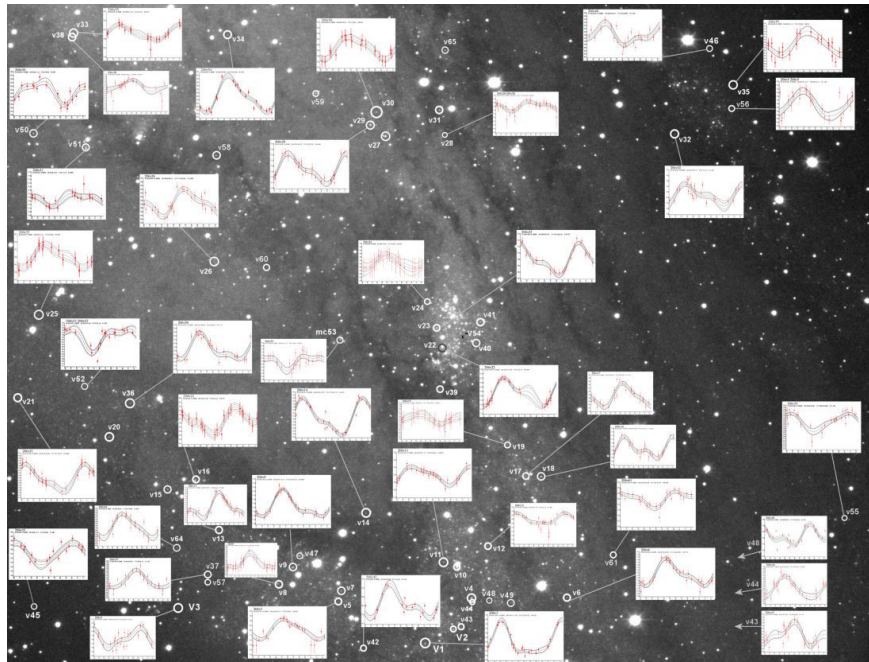
où  $m$  est la magnitude apparente,  $M$  la magnitude absolue, et  $D$  la distance en parsec. Les étoiles supergéantes de la galaxie d'Andromède, de magnitude absolue  $-7$ , ont donc, à une distance de 2.3 millions d'a.l., une magnitude apparente de 17.2. Les étoiles les plus brillantes sont donc visibles sur les images CCD, dès 30 secondes de pose.

Les étoiles céphéides ont une magnitude absolue comprise entre  $-5.5$  et  $-4$ , ce qui donne une magnitude apparente entre 18.7 et 20.2, qui est parfaitement observable en augmentant le temps de pose. Nous avons donc entrepris de repérer les céphéides autour de ngc206, association d'étoiles de la galaxie d'Andromède contenant plusieurs milliers de jeunes étoiles chaudes. L'article publié par Edwin Hubble dans *Astrophysical Journal* en 1929 donne la position d'une dizaine de céphéides autour de ngc206, mais nous avons pu en repérer une trentaine d'autres, non répertoriées par Hubble, sans doute par manque de sensibilité des plaques photos de l'époque, malgré l'utilisation des réflecteurs de 60 et 100 pouces de diamètre (1.5 et 2.5m). Nous avons également détecté des variables de type différent (Mira, céphéides à courte période...)



Association NGC 206 dans la galaxie d'Andromède

Nous avons photographié le même champ pendant plusieurs semaines à l'aide du télescope Schaumasse. Une vingtaine de poses ont été obtenues. Chacune d'entre elle est la somme d'une vingtaine d'images de 2 minutes de temps d'exposition, sans filtre. Les étoiles jusqu'à la magnitude 21 apparaissent dans les bras spiraux. La comparaison des différentes images nous a permis de repérer 65 étoiles variables. Près de 90% de ces étoiles présentent des variations nettes de luminosité, et certaines semblent avoir varié seulement sur 1 ou 2 images, sans que l'on puisse toutefois déceler une réelle périodicité.



Céphéides repérées dans le champ de NGC206

Dans l'image ci-dessus, nous avons repéré les étoiles variables (cercle blanc). Les courbes de lumière sont associées aux céphéides. Si l'on considère que les céphéides sont de type I, (le plus fréquent, associé aux étoiles jeunes, typiquement dans les bras spiraux) on peut utiliser la relation période-luminosité suivante:  $M = -2.8 \cdot \log(P) - 1.4$

On obtient donc le tableau récapitulatif suivant, qui recense les caractéristiques de certaines des 43 céphéides que nous avons détectées:

V'	Periode (jours)	m moy	Mv	d (106 al)	# Hubble
1	25.3	18.4	-5.33	1.82	27
3	23.3	19.5	-5.23	2.88	
5	23.8	20.2	-5.25	4.02	39
6	17.46	19.3	-4.88	2.23	21
8	15	19.4	-4.69	2.15	
9	25.4	17.63	-5.33	1.28	
11	26.1	19.5	-5.37	3.07	26
12	24	19.9	-5.26	3.52	31
13	33.9	18.9	-5.68	2.69	34
14	17.23	19.2	-4.86	2.12	30
15	93	18.1	-6.91	3.28	
16	26.6	18.4	-5.39	1.87	
17	17	18.7	-4.85	1.67	22
18	13.65	17.85	-4.58	1.00	
19	9.05	19.55	-4.08	1.73	
21	14.92	19.5	-4.69	2.24	
22	57.1	16.95	-6.32	1.47	
23	16.76	18	-4.83	1.20	
24	11.5	21.2	-4.37	4.24	
25	14.75	19.75	-4.67	2.50	
26	17.74	18.75	-4.90	1.75	35
28	12.2	20.4	-4.44	3.03	
29	17.67	17.62	-4.89	1.04	

30	12.25	18.65	-4.45	1.36
32	46	18.45	-6.06	2.60
33	22	19.48	-5.16	2.76
34	23.16	18.7	-5.22	1.98
35	18.49	19.7	-4.95	2.77

Pas régulière ??

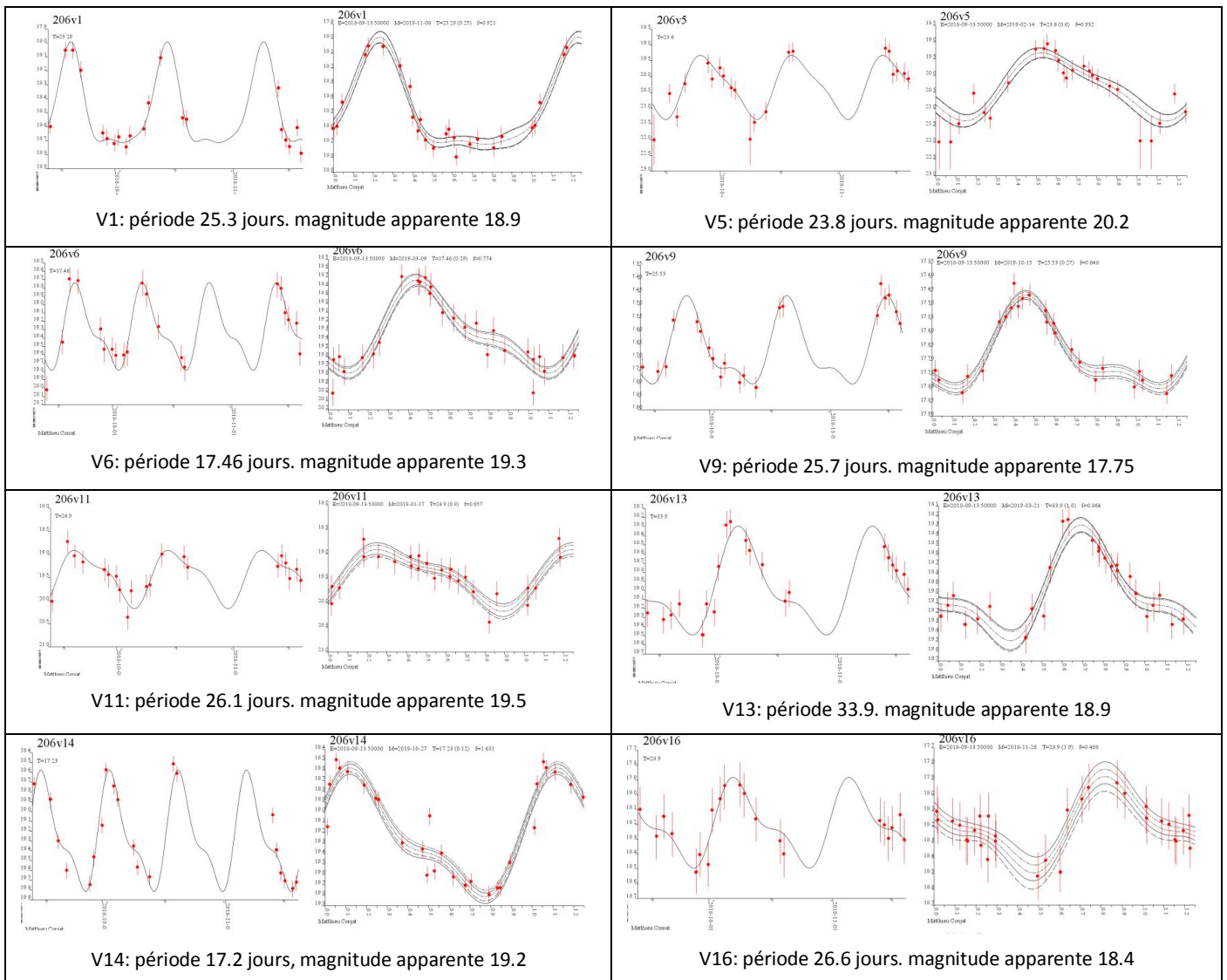
V est le numéro de la variable, m moy la magnitude apparente moyenne, Mv la magnitude obtenue grâce à la relation période-luminosité donnée plus haut, d la distance obtenue d'après la relation de Pogson. #Hubble est le numéro attribué par Edwin Hubble à la variable dans l'article de 1929.

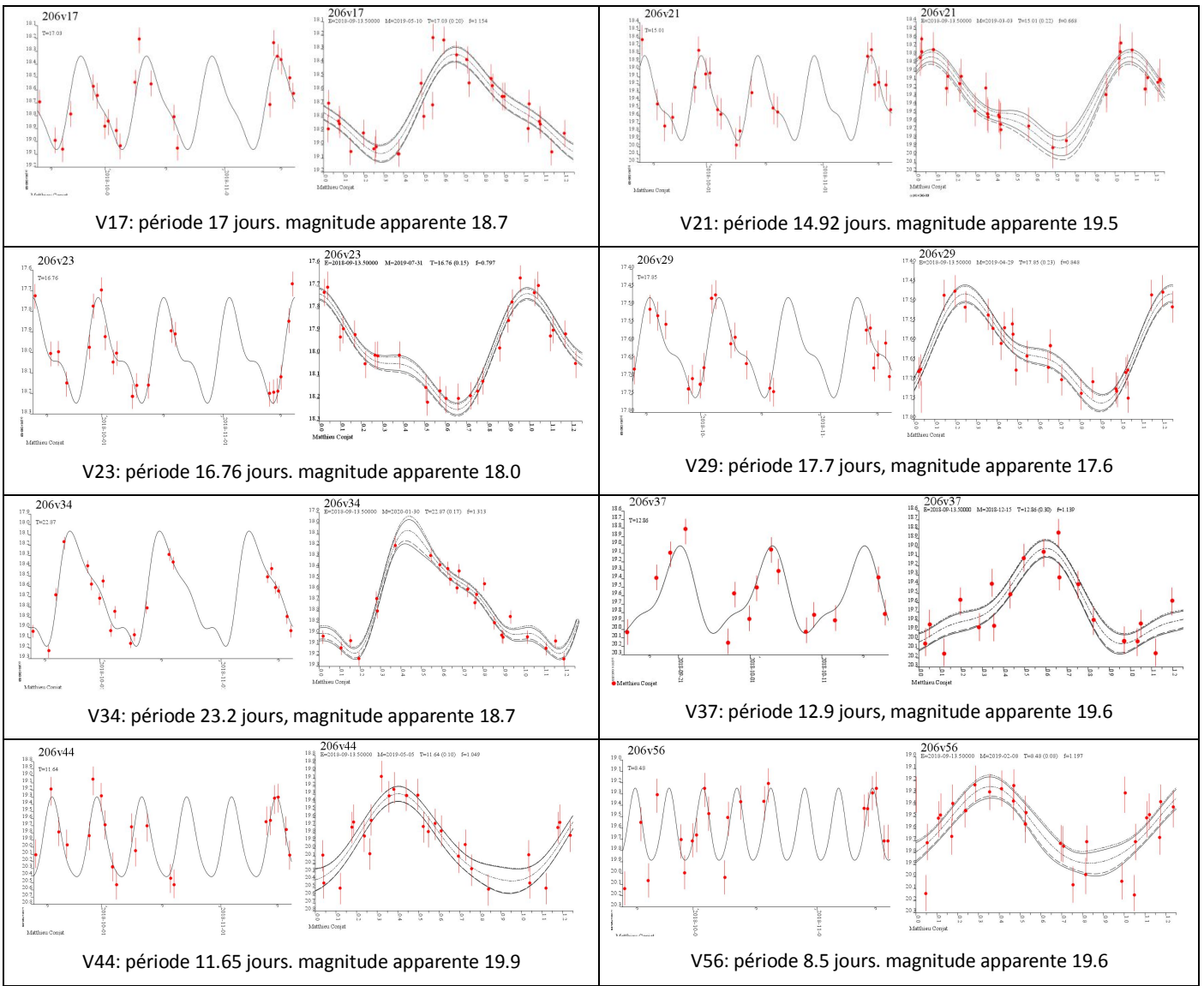
La distance moyenne obtenue à l'aide de ces variables est **2.35 +/- 0.9 millions d'années-lumière**.

L'incertitude est grande, mais nous pouvons quand même confirmer la nature extragalactique de la nébuleuse d'Andromède!

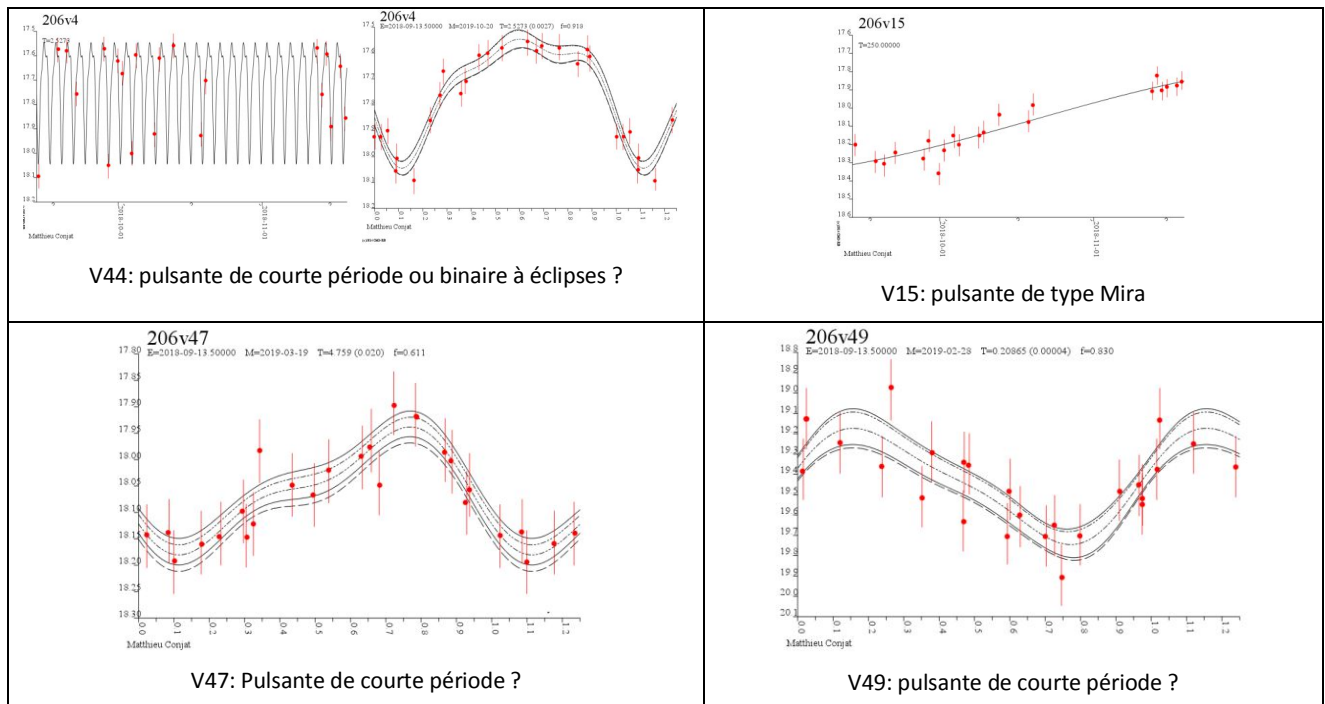
La magnitude apparente de certaines céphéides conduit à une distance supérieure à 4 millions d'années-lumière. Cette grande valeur vient sans doute du fait que nous n'avons pas tenu compte d'un éventuel assombrissement stellaire dû à des poussières ou des nuages de gaz à proximité des étoiles. Une magnitude apparente faible impliquerait une distance plus proche.

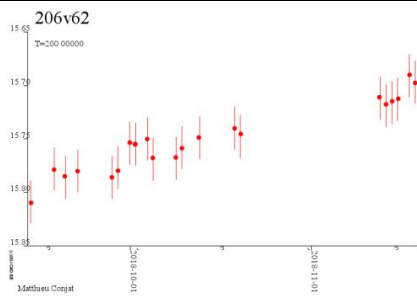
Quelques céphéides sont représentées dans le tableau ci-dessous:





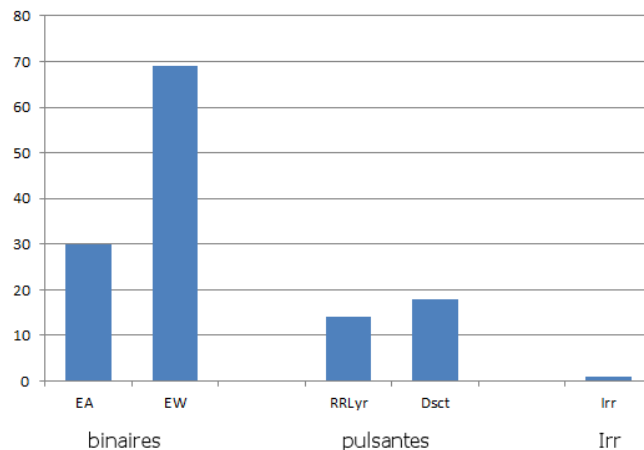
Les autres étoiles variables, qui ne semblent pas être des céphéides, sont représentées ci-dessous:





V62: pulsante de type Mira

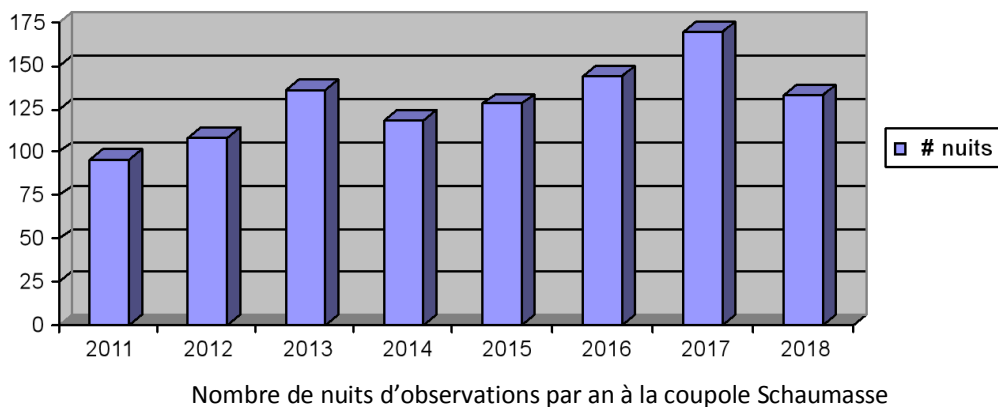
### 3. Statistiques



Les différents types de variables découvertes depuis 2016 à l'Observatoire de Nice (mars 2018)

Les étoiles de type EA sont des binaires détachées, du genre Algol, de période généralement supérieure à 0.8 jour. Les étoiles EW sont des binaires en contact, de période allant de 0.2 à 0.6 jour. Les étoiles EW présentent souvent des sous-types (AX Vir, KW, ...) caractérisés par la présence d'atmosphère évoluée, de disques de matière, ou par d'éventuelles dissymétries (comme pour MC70).

Les pulsantes présentent également de nombreux sous-types. Nous avons représenté ici les 2 principaux : RR Lyr (ou céphéides, de période supérieure à 0.2 jours) et Dsct (HADS ...), de période beaucoup plus courte, comprise entre 0.03 et 0.18 jours).



Nombre de nuits d'observations par an à la coupole Schumacher



Températures relevées en début de nuit (typiquement au crépuscule astronomique)