

Suivi de SS Cyg :

compte-rendu d'une campagne d'observation

L'astronomie participative a un rôle surprenant à jouer pour nourrir notre passion. Les campagnes d'observation d'étoiles variables en font partie et offrent le sentiment d'être utile à la science tout en faisant partie d'une équipe.

L'AAVSO⁽¹⁾ est une association internationale sans but lucratif qui regroupe les observateurs d'étoiles variables tout autour de notre planète. Ses missions sont :

- l'observation et l'analyse des étoiles variables,
- la collecte et l'archivage des observations au niveau mondial,
- l'établissement de collaborations fortes entre astronomes amateurs et professionnels,
- la promotion de la recherche scientifique, l'éducation et la sensibilisation du public en utilisant les données d'étoiles variables.

Un bon exemple du type de campagne menée par l'AAVSO a été réalisé à la fin de l'hiver 2015-2016.

Début février 2016 nous recevons une alerte nous demandant d'observer l'étoile appelée **SS du Cygne** ou **SS Cyg**, actuellement de magnitude +12 pour en détecter son éruption qui semble imminente. Cette étoile est une nova dite "récurrente", car elle entre fréquemment en éruption ce qui fait d'elle la variable probablement la mieux connue des variabilistes.

N'ayant pas l'horizon nécessaire à son observation, je me rends régulièrement en voiture vers 4h du matin sur l'un ou l'autre des terrains que j'ai repérés pour leur absence de pollution par les lumières des villages du Verdon.

Lorsque le temps le permet, durant un mois, c'est matin et soir que je guette la lumière de cette étoile. Dans un premier temps j'observe plutôt sa "non évolution" car sa magnitude oscille sobrement autour de +12. Le télescope binoculaire de marque Vixen de 126mm me suffit pour l'observer en vision périphérique, décalée. La magnitude théorique limite de ce télescope n'est pourtant que de +12,3, mais avec un peu d'habitude et sous un bon ciel, la vision périphérique me permet d'atteindre +12.2.

1. Aquarelle du site d'observation avec un télescope binoculaire VIXEN de 126mm. Dans le ciel est représenté le champ de SS Cyg lors de son minimum. Aquarelle de l'auteur.



Pourquoi cette étoile a-t-elle des éruptions ?

SS Cyg est une naine blanche dense autour de laquelle gravite une étoile rouge plus froide. La vitesse de révolution de cette étoile secondaire est énorme, son année durant 6h30 terrestre, c'est le temps extrêmement court qu'elle prend pour boucler son orbite. La naine blanche dont la masse n'est que de 60% de la masse de notre soleil est très petite mais est la plus dense du couple. L'étoile secondaire ne dispose que de 40% de masse solaire, c'est une étoile rouge moins dense mais plus grande. Dans ce système double particulièrement serré, les lois de Kepler montrent que la distance entre les surfaces des deux étoiles n'est que d'au maximum 150000km, même pas la moitié de la distance Terre-Lune.

Evidemment un transfert de l'enveloppe gazeuse de l'étoile secondaire via un disque d'accrétion tournant autour de la naine blanche est souvent observé, c'est un peu du cannibalisme stellaire que l'on nous demande d'étudier (voir figure 2).

Un disque d'accrétion est une structure formée par de la matière en orbite autour d'un objet céleste. A l'inverse des anneaux de Saturne, les particules sont entraînées en spirale vers l'astre central.

Dans l'univers, un disque d'accrétion émet toujours des « jets » radio détectables dans diverses longueurs d'ondes. Toujours, sauf dans le cas des naines blanches comme SS-Cyg. Dans le cas de ce type d'étoile, aucune émission radio n'a encore jamais été détectée, c'est ici que l'affaire se corse.

Analyse radio-astronomique

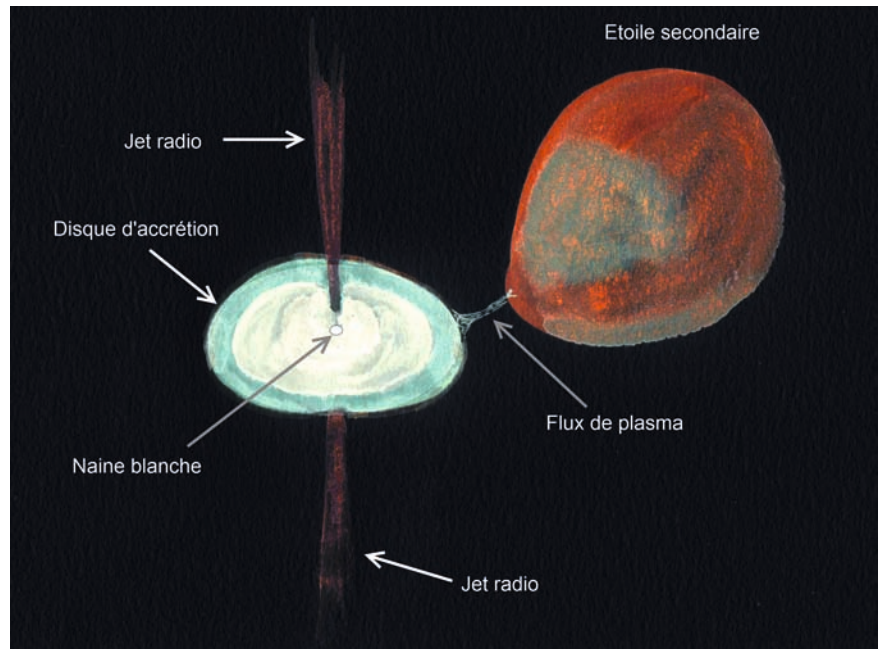
Pour comprendre ce qui se passe autour des naines blanches lors de leur phase explosive, les scientifiques ont décidé de combiner des observations dans le domaine visible en parallèle avec les domaines radio et X. Deux interféromètres et un satellite de la NASA appelé Swift, sont programmés pour réaliser les mesures.

e-MERLIN ⁽²⁾ est un groupe de 7 antennes géantes toutes situées au centre du Royaume-Uni (voir figure 3). Ces 7 antennes sont reliées entre elles par un

(1) American Association of Variable Stars Observers : <https://www.aavso.org/>

(2) Multi-Element Radio Linked Interferometer Network

(3) Arcminute Microkelvin Imager - Large Array



nouveau réseau de fibres optiques. Elles sont sensibles dans des bandes de fréquence allant de 151 MHz à 24 GHz. Le centre de traitement des données se trouve à l'Observatoire de Jodrell Bank en Angleterre. La résolution de e-MERLIN est (aujourd'hui) meilleure que celle du télescope spatial de Hubble : mieux que 50 millièmes de seconde d'arc !

AMI LA ⁽³⁾ est composé de 8 antennes paraboliques situées dans le sud du Cambridgeshire en Angleterre (voir figure 4). Ces antennes sont disposées en grappe, la distance qui les sépare varie de 18m à 110m. La résolution angulaire de ce radiotélescope est moindre que e-MERLIN, soit approximativement 30 secondes d'arc. SWIFT est un satellite de la NASA lancé en 2004, son rôle principal est la détection des sursauts gamma (voir figure 5). Un des trois télescopes, le XRT qui est monté à bord de ce satellite est sensible dans la bande qui nous intéresse, celle des rayons X.

2. L'étoile cannibale - Représentation du phénomène par l'auteur

3. Le radiotélescope de Defford. Il fait partie du réseau e-MERLIN - Photographie reproduite avec l'aimable permission de Mike Peel (www.mikepeel.net). Jodrell Bank Centre d'Astrophysique de l'Université de Manchester.



L'observation visuelle

Nous pensons que les émissions radio n'apparaissent qu'au début de la phase explosive, celle-ci est très rapide et ne dure habituellement que 24 heures. Il est essentiel de rapporter nos observations au sol très rapidement et ce dès le début de la montée de la courbe. Dans ce cas le satellite, e-MERLIN et AMI-LA sont dirigés à temps vers l'étoile SS Cyg.

Les instruments ne sont orientés vers cette source qu'au moment où les observateurs visuels au sol détectent une augmentation de l'ordre de 0,5 magnitude.

Dans le cas où la détection visuelle est trop tardive ou seulement au moment du maximum de brillance de l'étoile, il faut reporter la recherche conjointe lors d'une phase explosive ultérieure. C'est d'ailleurs ce qui va nous arriver avec l'observation inattendue d'un soubresaut d'éclat :

Ce matin du 11 février 2016, entre 4h et 5h15 Temps Universel, par moins 4 degrés Celsius avec un ciel moyen (SQM 20,21) j'ai pu observer cette étonnante montée (en puissance) de la lumière qui est passée, en à peine plus qu'une heure, de 11,5 à 10,7. Malheureusement comme le montre très bien la courbe ci-dessous (voir figure 6), la montée s'est interrompue. L'observation radio a donc été reportée à l'éruption suivante.

Une seconde alerte est émise en espérant que la montée en brillance sera cette fois plus normale (voir figure 7). C'est le 18 avril au petit matin que j'observe à nouveau un

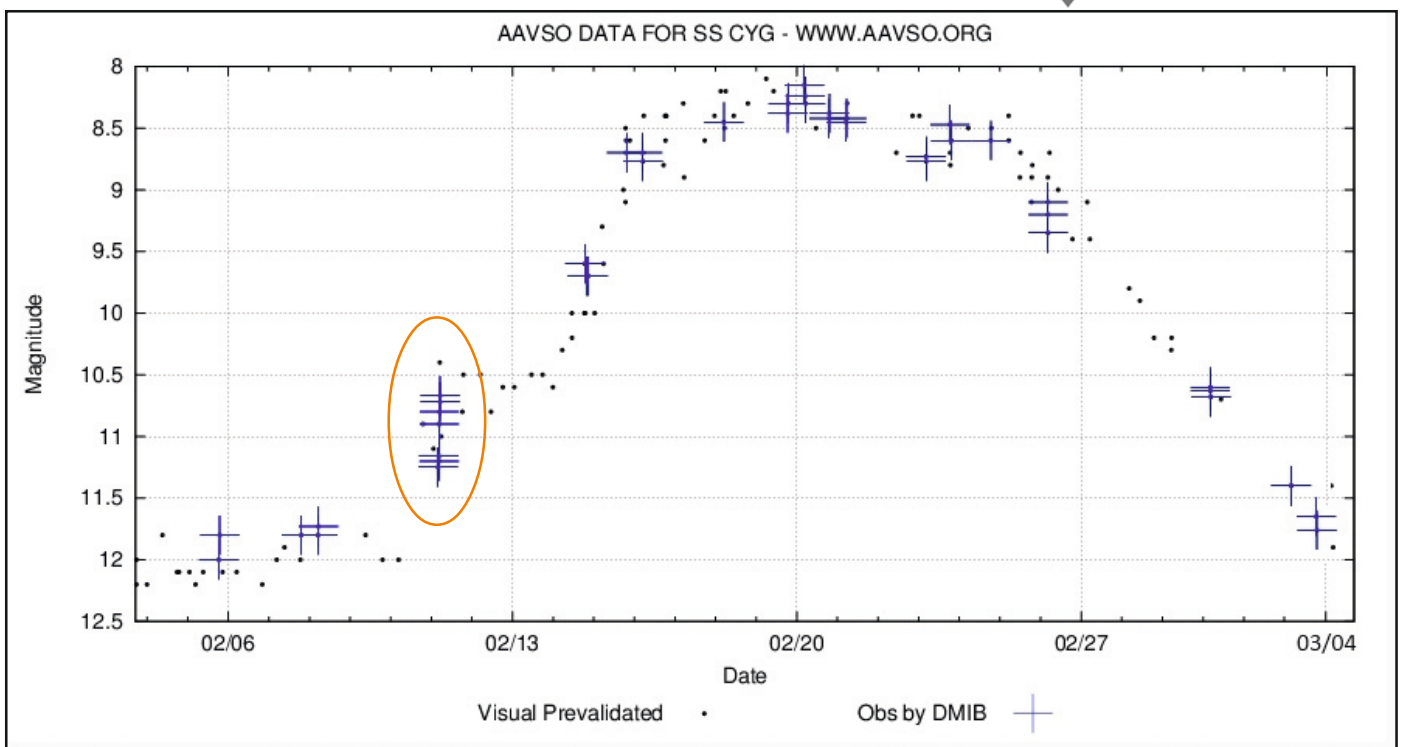


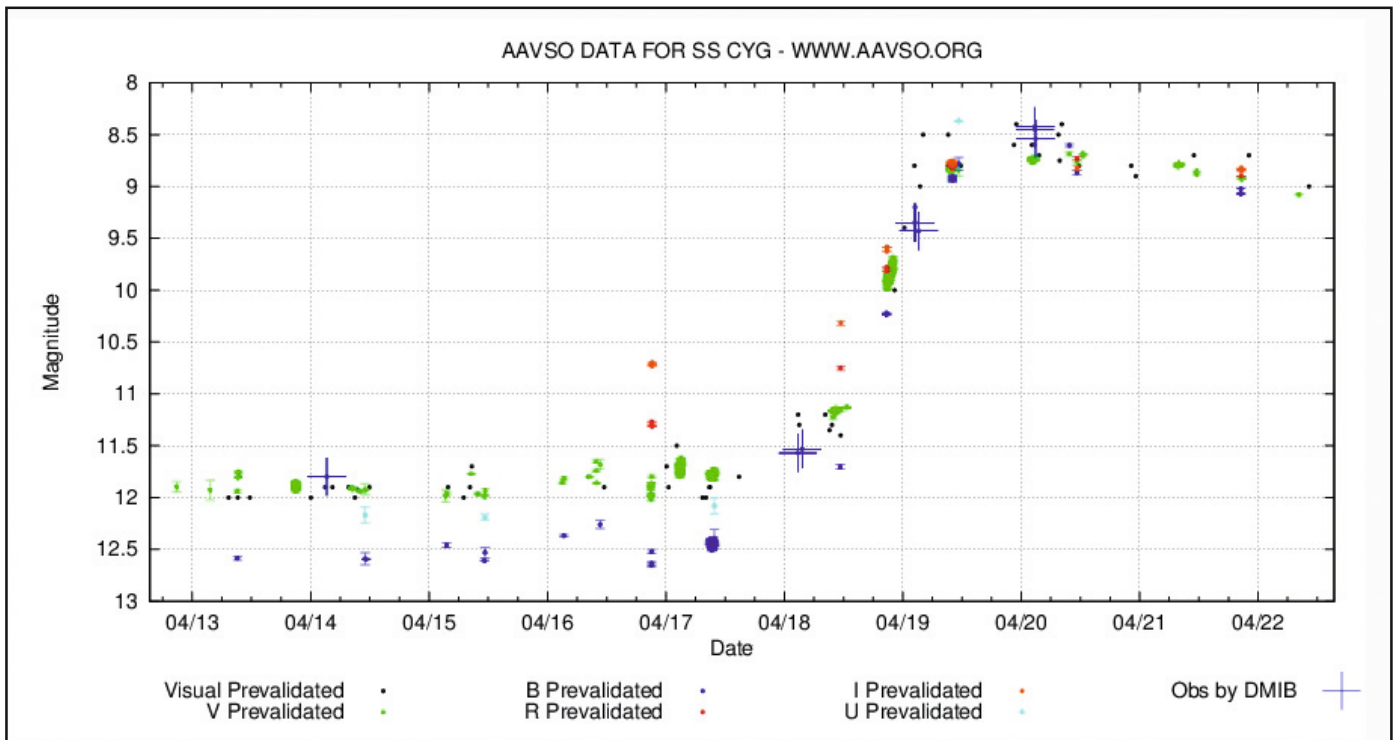
4. Photographie du centre AMI LA, reproduite avec l'aimable permission du MRAO, le groupe d'astrophysique, Cavendish Laboratory, Université de Cambridge

5. Image du satellite SWIFT. Photographie reproduite avec l'aimable permission de Mike Peel (www.mikepeel.net) Centre d'Astrophysique de l'Université de Manchester.

début de montée de la brillance (+11.5) confirmée le lendemain (+9.4) pour atteindre le 20 avril la magnitude de +8.4. Cette fois-ci, ce qui m'interpelle, c'est le changement significatif de la couleur de l'étoile, qui est devenue nettement plus bleue que la veille. Cette observation visuelle permet de confirmer une différence de température que je n'avais pas observée lors de l'éruption précédente. Ceci signifie que le système double est devenu nettement plus chaud.

6. Courbe de luminosité sur laquelle on voit la montée interrompue, à la date du 11 février. Avec l'aimable permission de l'AAVSO





La courbe qui précède montre de manière évidente que les observations à l'aide de filtres rouge (R) et bleu (B) donnaient, lors de l'éclat minimum, une différence de plus d'une magnitude (entre ces couleurs R-B) alors qu'au maximum de brillance cet écart est devenu insignifiant, de rouge et froid le couple est donc bien devenu bleu et chaud. Le 18 avril un message de l'Université d'Alberta aux USA nous confirme que les équipes scientifiques ont pointé les interféromètres dans le domaine radio et le satellite Swift dans le domaine X vers cette étoile pour en suivre l'évolution. Pour ces équipes, la véritable recherche peut enfin commencer. Tôt le matin ce même 18 avril 2016, deux séries d'observations avec le télescope à rayons X du satellite permettent de relier l'entrée de la matière qui alimente l'explosion à son émission dans les bandes radios.

Le mystère du défaut d'observation d'éjection sera-t-il enfin résolu ? Est-ce que même pour les naines blanches une émission radio sera pour la première fois détectée ? Va-t-on enfin pouvoir confirmer la présence de ces jets radios et mettre à jour une théorie désormais universelle ?

Comment conduire une observation visuelle de ce type ?

L'AAVSO met à disposition d'excellentes cartes que l'on peut télécharger à la demande et où sont précisées les étoiles reconnues comme ayant un éclat fixe qui vont nous servir de référence (voir figure 8).

Les indications près des étoiles fixes sont ici données en dixième de magnitude, afin d'éviter un point décimal ou une virgule qui pourraient être confondus avec une étoile. Pour réaliser une estimation, il suffit d'estimer quel est l'écart entre la luminosité de la variable et celle de deux étoiles dont les magnitudes l'entourent.

Exemple du 21 février 2016 à 06h01 du temps local : 77 - 4 V 1 - 86,

Cet exemple signifie que la variable « V » se trouve à un cinquième de la luminosité de l'étoile de magnitude 8.6 et donc quatre cinquième de l'étoile de magnitude 7.7.

Une simple règle de trois donne une estimation de 8.42 avec une précision de +/- 0.10 magnitude. Cette précision est fonction des conditions d'observation, de la pertinence des étoiles repères dans le champ de l'oculaire et surtout de l'expérience du variabiliste.

Pour éviter d'éventuelles interpolations erronées, lorsque je réalise plusieurs estimations dans une même nuit je les entrecoupe par des observations d'autres variables, des estimations d'éclats des comètes ou encore en utilisant des étoiles repères différentes.

En ce mois d'un hiver réputé nuageux, j'ai réalisé 59 estimations de la magnitude de SS Cyg, je ne me plains pas !

Les observations visuelles sont essentielles (voir encadré "Courriers échangés"), les données rapportées dans la base de données de l'AAVSO permettent de comparer les informations avec celles de

7. Courbe de luminosité avec l'augmentation de luminosité et le changement de couleur de l'étoile entre le 18 et le 20 avril. Avec l'aimable permission de l'AAVSO

Courriers échangés avec différents organismes (traduit de l'anglais)

Voici, ce que nous écrit Stella Kafka depuis Cambridge au Massachusetts, Stella est astrobiologiste à la NASA et directrice de l'AAVSO, c'est une spécialiste reconnue de ce type d'étoile.

Cher Michel,

Merci déjà pour ta contribution, chaque point de la courbe d'évolution est très important, et voici pourquoi.

Pour donner une idée simplifiée du phénomène: les « jets » existent dans toutes sortes de disques d'accrétion (les trous noirs, les étoiles à neutrons, et les protoétoiles), mais nous n'avons encore jamais pu observer de « jets » lors de la formation de disques d'accrétion autour des naines blanches, c'est au point que les scientifiques "ajustent" leurs théories de formation des « jets » pour expliquer l'absence de ceux-ci dans les naines blanches. Très récemment (en 2008), et avec l'aide de l'AAVSO, SS Cyg aurait peut-être présenté ces fameux jets durant sa phase explosive. Les résultats ont été publiés dans la revue américaine Science⁽⁴⁾ et ont eu un impact énorme sur la communauté scientifique. Nous aurions peut-être une image plus complète, toutes les sources provenant de disques d'accrétion auraient des jets, cette découverte ouvre un nouveau champ d'études pour les astronomes. Pour étayer ceci un plus grand nombre d'observations est nécessaire pour comprendre le mécanisme d'éjection des jets, leur angle ainsi que les conditions dans lesquelles ces jets sont formés et éjectés des disques d'accrétion des naines blanches. Il est naturel de commencer par essayer de comprendre SS Cyg, qui est la première source pour laquelle des jets ont peut-être été observés. Pour cette recherche, les courbes de lumière relevées au sol sont essentielles: les résultats préliminaires montrent que l'apparition du jet provient au début de l'explosion (ceci faisant allusion au mécanisme d'éjection du jet) et évolue au cours de l'explosion suivant la courbe de lumière visible. Par conséquent, toutes les estimations acquises au cours de cette campagne de données sont essentielles pour notre compréhension de ce phénomène.

Je suis vraiment impatiente d'obtenir le résultat scientifique de cette campagne. Ceci montre à quel point les observateurs de l'AAVSO aident à faire des découvertes scientifiques !

Message de Gregory R. Sivakoff, PhD
Assistant Professeur de Physique
University of Alberta, Edmonton, AB

Tout au long de cette explosion, les observations de l'AAVSO vont jouer un rôle crucial pour les quatre objectifs:

- 1. Confirmer que la source est en sursaut;*
- 2. Déclencher les observations des équipements scientifiques sur la base de l'explosion;*
- 3. Déclencher les observations en phase de croissance;*
- 4. Corréler les données optiques avec les données radio et X.*

Même si vous ne pouvez pas réaliser d'estimation en parfaite simultanéité avec nos propres données dans d'autres longueurs d'onde, vos données sont cruciales! Nous reconnaissons que SS Cyg est une source qui nécessite des estimations très tôt le matin particulièrement pour les observateurs visuels au sol, nous apprécions donc particulièrement vos efforts.

Je tiens à remercier particulièrement les observateurs qui nous ont permis de savoir si rapidement que SS Cyg était en phase explosive.

Greg

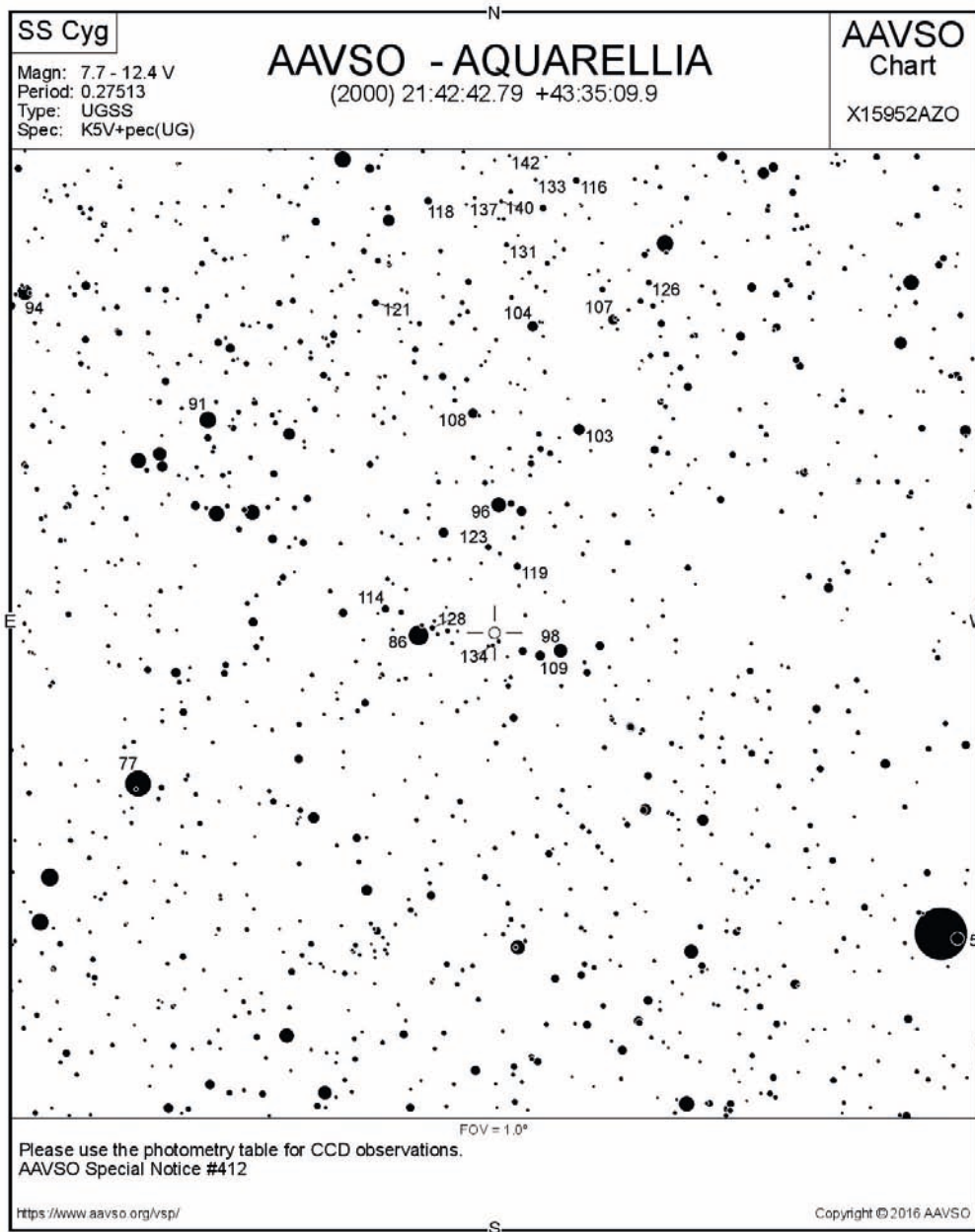
Message de Gregory R. Sivakoff, PhD
Assistant Professeur de Physique
University of Alberta, Edmonton, AB
Le 3 mai 2016

Au nom de toute l'équipe scientifique, je tiens à vous remercier tous pour le suivi de cette explosion particulière. Votre aide était absolument indispensable. Pour l'instant nous réduisons les données et commençons seulement à comprendre ce que nous avons observé simultanément dans toutes les longueurs d'onde.

Nous restons en contact.

Greg

(4) l'article paru dans la revue Science en anglais, peut être trouvé ici: <http://arxiv.org/pdf/0806.1002.pdf>



8. Exemple de carte de champ stellaire. Avec l'aimable permission de l'AAVSO

systèmes technologiquement beaucoup plus complexes comme SWIFT, e-MERLIN et AMI-LA. Lors de cette campagne particulière les amateurs restent sollicités pour observer l'évolution de la lumière de l'étoile jusqu'à la fin du festin stellaire.

Cette discipline passionnante de l'astronomie participative est accessible à nos modestes télescopes, parfois même à l'aide d'une paire de jumelles, il suffit de disposer d'un matériel simple et surtout fiable. L'observation en solitaire n'a que peu d'intérêt. C'est pourquoi des réseaux actifs d'observateurs couvrent le monde entier. Faire partie de l'un ou l'autre de ces réseaux est très motivant. Pour donner un exemple, la première estimation de la nova SS-Cyg qui se trouve dans la base de données de l'AAVSO date du 6 novembre

1889. Depuis, nous sommes 2667 observateurs à avoir estimé sa magnitude pour un total de 564 609 observations ! Et nous pouvons être fiers de l'immortalité d'un simple point dans une courbe...

Au moment où cet article est entre vos mains, il est probable que les résultats des observations dans tous les domaines : visible, X et radio soient enfin connus, si vous le souhaitez n'hésitez pas à vous documenter à ce sujet, ou à appeler directement l'auteur via son site.

Merci à Jean Bourgeois pour ses conseils et pour la relecture du manuscrit, à Roland Boninsegna qui, dans les années 1970, m'a montré le chemin de ces observations passionnantes et à Jannik mon épouse qui accepte de bon cœur mes virées astronomiques ainsi que pour le phrasé du texte.

L'auteur

Michel Deconinck a débuté l'observation des étoiles variables dans les années 1970 avec le GEOS, le Groupe Européen d'Observation Stellaires. Depuis quelques années il est membre actif de l'association internationale AAVSO sous le patronyme DMIB et il y a récemment été nommé "mentor" (conseiller) pour les variabilistes visuels francophones. Outre de France, de Suisse et de Belgique, des demandes de conseils lui arrivent du Canada et même d'Afrique. Sa spécialité est le suivi visuel des variables dites CV's (variables cataclysmiques) dont font partie les novæ récurrentes, les novæ classiques et les supernovæ.