

Astronomie *Québec*

Vol. 3 • No. 6 • Avril 2015



*La chasse aux
exoplanètes éjectées*

Fin de la pause

Depuis ses débuts sous le nom *La Veillée de nuit*, j'ai toujours été le seul à piloter le magazine *Astronomie-Québec*. J'ai aujourd'hui de nombreux collaborateurs, et je les en remercie — la publication ne serait jamais la même sans leur aide précieuse —, mais d'une autre côté, sans moi pour tout mettre ensemble, le magazine n'existerait pas.

Ma muse m'aide beaucoup dans mon travail, et plusieurs éditions passées d'*Astronomie-Québec* lui doivent beaucoup. Comme toute muse, elle a été — et continuera d'être — ma source d'inspiration, me suggérant parfois des changements de style ou de mise en pages pour les articles.

Elle comme moi avons toutefois une vie à l'extérieur d'*Astronomie-Québec*, et nous nous sommes toujours dit que le magazine ne prendrait jamais le dessus sur cette vie. C'est une des raisons pourquoi *La Veillée de nuit* a changé de période de publication, passant d'aux deux semaines jusqu'aux mois, puis aux deux mois quand elle est devenue *Astronomie-Québec*, à l'exception des deux premiers numéros (publiés respectivement en juin, puis juillet/août 2012).

Vous voyez peut-être où je veux en venir ; cette vie-hors-du-magazine est la raison derrière le retard de cette édition, qui devait originellement paraître en mars. J'ai plutôt décidé de consacrer mes énergies à un autre projet — celui-ci étant relié à l'astronomie, je vous en ferai part un jour —, et je dois avouer que cela m'a fait beaucoup de bien, même si ce projet n'est pas encore terminé.

Astronomie-Québec est donc de retour après une pause, qui m'a enlevé un certain poids sur les épaules. Il y aura certainement d'autres éditions du magazine, encore à chaque deuxième mois, mais il pourrait y avoir d'autres pauses, et il y aura certainement des changements dans les mois qui viennent, à la forme que prend *Astronomie-Québec*.

Soyez toutefois assurés que la qualité n'en souffrira pas, et que mes collaborateurs et moi veillerons toujours à ce que les articles rapportent des faits vérifiables et vérifiés.

Bonne lecture !

Notre équipe

Éditeur	Pierre Paquette
Muse	Erin Pecknold
Chroniqueurs	Gilles Boutin Luc Descoteaux Geneviève Dufresne Robert Giguère Seh Kee Horng Stéphane Lemon Pouria Nazemi Normand Rivard Gilbert St-Onge Eddy Szczerbinski Pierre Tournay
Collaborateurs	Michele Ferrara Jonathan Gagné Marc Leduc

Contact

info@astronomie.quebec

Astronomie-Québec (ISSN 1929-4301) est publié bimestriellement au format PDF et disponible gratuitement au <http://astronomie.quebec>

Facebook : <http://facebook.com/AstronomieQuebec>

Twitter : [@AstronomieQcMag](https://twitter.com/AstronomieQcMag)

Un magazine nommé *Astronomie-Québec* fut publié de 1991 à 2001 par Les Éditions astronomiques. Le présent webzine a été fondé en juin 2012 par Pierre Paquette, avec l'aimable autorisation des anciens directeurs des Éditions astronomiques pour utiliser le nom.

Les opinions publiées dans *Astronomie-Québec* n'engagent que leurs auteurs et ne sont pas nécessairement celles de l'éditeur ou celles des annonceurs.

Le contenu d'*Astronomie-Québec* ne peut pas être reproduit (© 2015), mais la publication en son entier peut être redistribuée librement ; prière de donner le lien du site Web (<http://astronomie.quebec>) afin de nous permettre de mieux servir nos lecteurs.

Dépôt légal : Bibliothèque et Archives nationales du Québec <http://collections.banq.qc.ca/ark:/52327/2110203>



Dans ce numéro...

4 *J'aimerais savoir, le ciel et l'espace...*

Les déchets spatiaux

...avec Gilbert St-Onge et Geneviève Dufresne

14 *La Lune t'écoeure ?...*

Copernicus, le monarque de la Lune

...avec Pierre Tournay

18 *Techniques avancées...*

ABC d'astrométrie

...avec Marc Leduc

26 *Je CRAQ pour toi...*

La chasse aux exoplanètes éjectées

...avec Jonathan Gagné

32 *Voir double...*

Iota Cancri

...avec Luc Descoteaux

34 *La vie sur Mars*

Le cercle se rétrécit
par Michele Ferrara

46 *Voyage céleste...*

L'hexagone d'hiver

...avec Normand Rivard



Gaetan Cormier
Meteorite Collector
Collectionneur de Météorites

VENTE - IDENTIFICATION - EXPERTISE
débutez votre collection dès aujourd'hui!

Membre de la
International Meteorite Collectors Association

<http://gcmeteorites.blogspot.com>

Fier commanditaire de
la Société Royale
d'Astronomie du Canada



Ontario Telescope and Accessories

tél. 905-487-6363

Fier revendeur de
iOptron
Bresser
Explore Scientific
Antares
ZWO Optical
Lumicon
Levenhik
et plus...

Votre source en ligne pour
Montures «GoTo» EQ et
azimutales
Télescopes
Chercheurs
Montures de caméra
Adaptateurs mécaniques
et accessoires

www.ontariotelescope.com

Ontario Telescope and Accessories, Where OTA means more!

J'aimerais savoir, le ciel et l'espace

Les déchets spatiaux

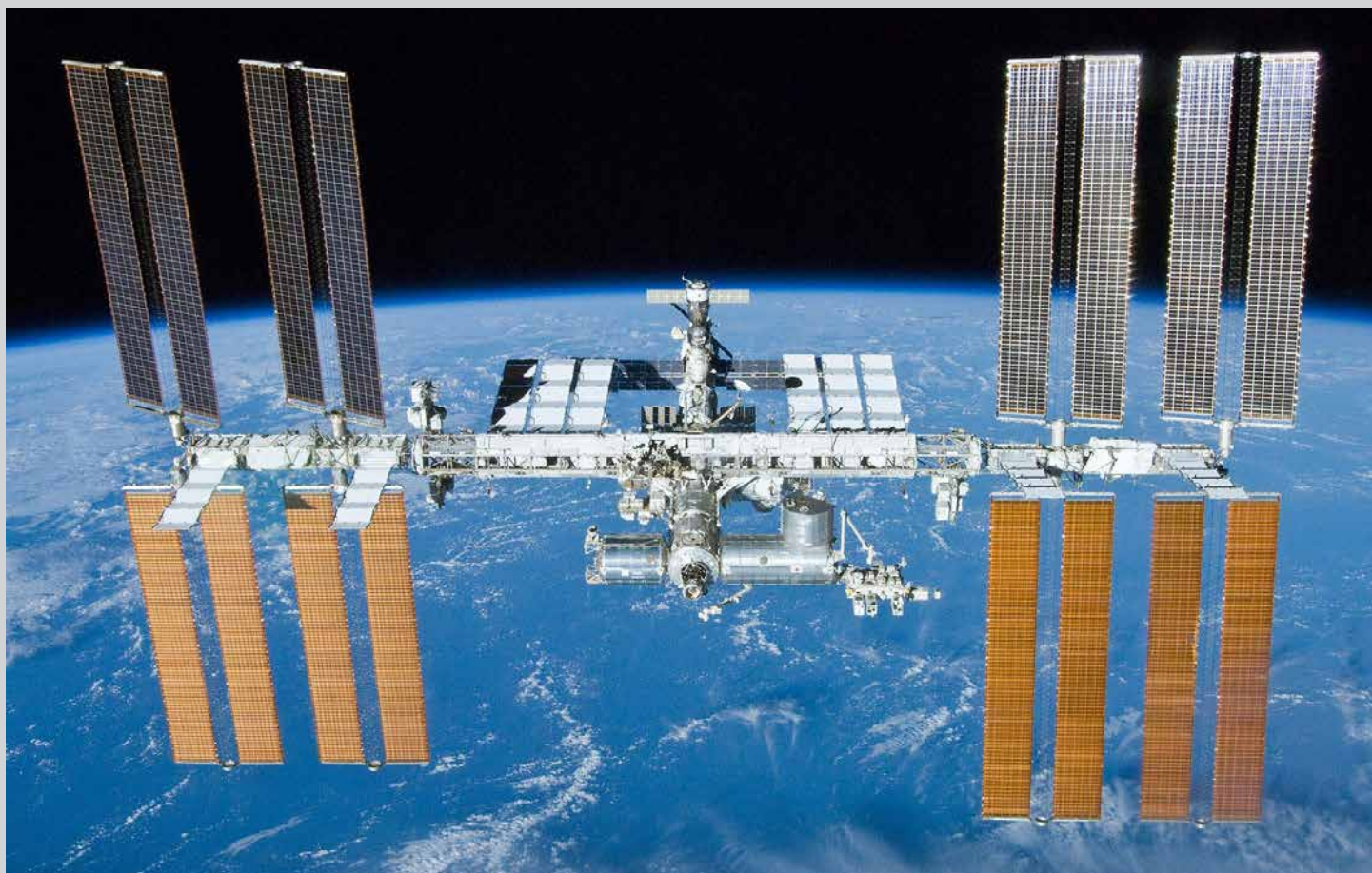
A globe of Earth is centered in the image, showing the Americas. It is surrounded by a dense, circular cloud of small white dots, representing space debris or satellites in orbit. The background is black with scattered white stars.

...avec Gilbert St-Onge



...et Geneviève Dufresne





Depuis plusieurs années, nous entendons parler des « déchets spatiaux ». Depuis les débuts de l'exploration spatiale et l'envoi de satellites, qu'en est-il de la situation actuelle ? Quels sont les impacts de ces débris sur la Terre et l'espace ?

— Geneviève Dufresne

Historique

Depuis le début de son histoire il y a ~4,5 milliards d'années, la Terre a évolué dans un environnement naturel. Elle a nettoyé l'espace qu'elle parcourt sur son orbite autour du Soleil de la plupart des débris résiduels provenant du disque protoplanétaire à l'origine de la formation du système solaire. Elle a un seul satellite naturel connu, soit la Lune^[1]. Après des milliards d'années

d'un tel régime, son environnement immédiat est aujourd'hui à nouveau envahi, cette fois par des satellites artificiels qui ont été placés sur différentes orbites par les humains habitant la Terre.

Le premier satellite artificiel a été mis en orbite par l'ancienne Union des républiques socialistes soviétiques (URSS) ; Spoutnik 1 a été lancé le 4 octobre 1957. Celui-ci a été mis sur une orbite elliptique, ce qui ne put le maintenir en orbite très longtemps : il se désintégra dans l'atmosphère

*avec la participation de
Daniel Provençal*

[1] On lit parfois que la Terre a d'autres satellites, comme par exemple Cruithne, mais ceux-ci ne sont pas en orbite autour de la Terre mais bien autour du Soleil, ou au mieux, en orbite temporaire autour de la Terre.

Image ci-dessus : La Station spatiale internationale le 23 mai 2010, telle que vue de la navette spatiale Atlantis qui la quittait lors de la mission STS-132.



Δ La **trainée** représente le déplacement de la Station spatiale internationale (ISS / International Space Station) dans le ciel, le soir du 30 avril 2011. L'image a été prise par Marjolaine Savoie au Domaine Saint-Bernard (Mont-Tremblant, Québec).

le 4 janvier 1958^[2]. Depuis cette époque, il y aurait eu un peu plus de 7000 lancements de satellites artificiels^[3]. On trouve donc des milliers de satellites sur des orbites utiles, qui sont distribuées à des altitudes comprises entre ~160 km et ~36 000 km^[4]. Cela inclut 3857 sondes et satellites actifs en orbite actuellement selon le NASA Orbital Debris Program Office^[5].

Toute cette activité spatiale a produit de nombreux débris spatiaux. La publication trimestrielle du NASA

Orbital Debris Program Office indique qu'il y a 13 136 débris répertoriés (suivis) en orbite autour de la Terre, en plus des 3857 sondes et satellites actifs en orbite. Il faut toutefois savoir qu'il y a aussi beaucoup plus de débris trop petits pour être détectables. Pour simplifier et résumer, disons que les débris spatiaux sont de plusieurs catégories : notamment, les derniers étages des lanceurs et tous les débris résiduels conséquents aux mises en orbite des satellites, qui restent parfois en orbite pendant plusieurs années. Une autre catégorie est celle des satellites en fin de vie utile, qui serait dans les meilleurs cas d'un peu plus de 10 ans. Il existe certaines conditions souvent incontrôlables qui peuvent provoquer des explosions de satellites, comme des collisions avec des micrométéorites ou même

[2] Voir aussi Spoutnik 1 sur Wikipédia : http://fr.wikipedia.org/wiki/Spoutnik_1

[3] Selon Satellite Boxscore : <http://celestrak.com/satcat/boxscore.asp>

[4] Selon le rapport *Les déchets dans l'espace* par l'ONG Robin des Bois : <http://www.robinderbois.org/dossiers/dechets-espace/Les-dechets-dans-l-espace-robinderbois.pdf>

[5] <http://orbitaldebris.jsc.nasa.gov/index.html>

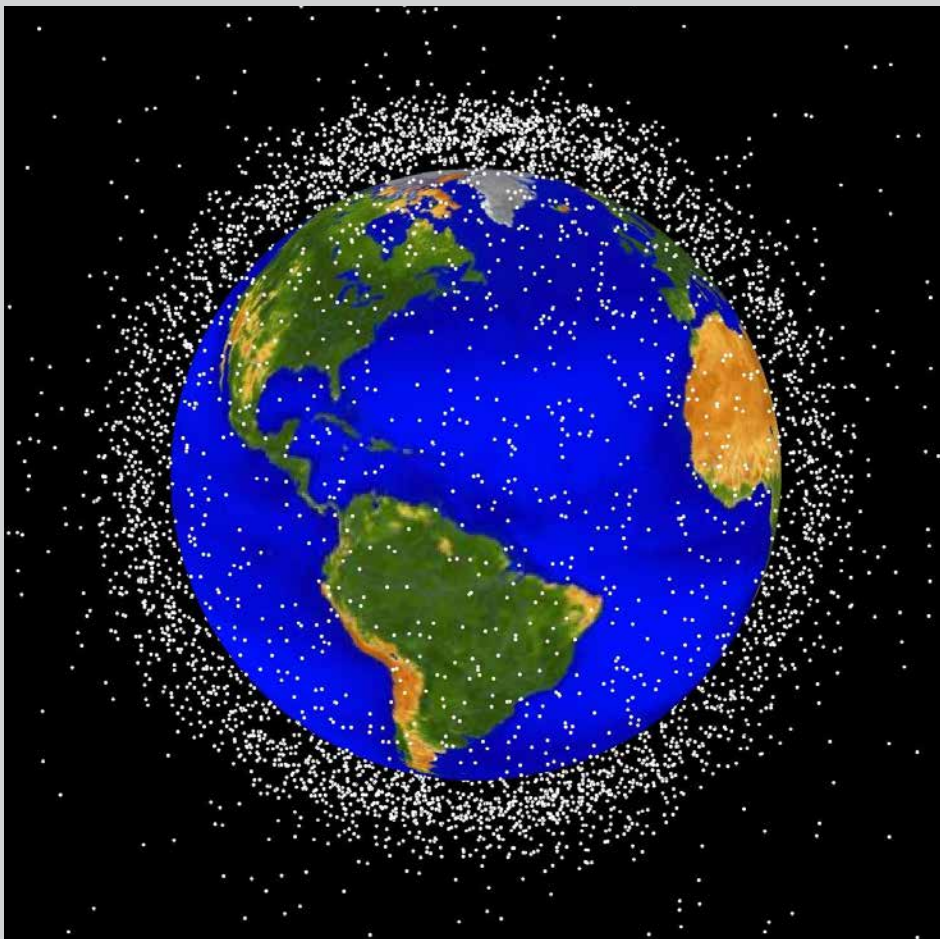
avec un autre satellite, ce qui forme une grande quantité de débris (déchets) de plus petites tailles. Enfin, il faut ajouter à l'équation les résidus polluants qui sont causés par la combustion qu'utilisent les moteurs des lanceurs qui amènent les satellites sur leur orbite.

Risques

Sachant que des satellites sur des orbites stables peuvent y rester pour des centaines, voire des milliers d'années pour certains (géostationnaires) avant de retomber sur la Terre, il est inquiétant de constater qu'avec le temps, la quantité d'objets sur des orbites autour de la Terre va augmenter constamment, et ce, sans même tenir compte des fragments causés par de futures collisions et autres catastrophes dans l'espace. C'est donc préoccupant, et il devient urgent de prévoir des

solutions de nettoyage des orbites utiles pour les besoins de l'évolution technologique de l'humanité.

Les satellites autour de la Terre sont sur trois différents paliers d'orbites^[4]. Pour le premier, on parle d'orbites basses, à moins de 2000 km; on y trouve, entre autres, le Télescope spatial Hubble (HST), la Station spatiale internationale (ISS), et plein d'autres satellites, dont ceux pour la téléphonie comme la série Iridium, certains dédiés à l'imagerie et la télédétection terrestre, à l'espionnage, etc. Puis, il y a les orbites moyennes, de 2000 km à ~35 000 km; on y trouve des satellites de navigation comme ceux utilisés pour les fameux Global Positioning System (GPS). Enfin, on trouve les satellites en orbite géostationnaire à ~36 000 km; ceux-ci servent entre autres aux fournisseurs de signaux



⚠ Cette figure montre seulement les objets en orbite assez basse; on ne mentionne pas ici les satellites en orbite haute comme les géostationnaires. On y représente donc seulement les objets gravitant près de la Terre. Il y a près de 20 000 débris et satellites répertoriés sur des orbites autour de la Terre; ceux-ci sont tous d'une taille assez importante pour que l'on puisse les détecter. Imaginez la scène si on ajoutait les débris de plus petites tailles non détectables, qui sont beaucoup plus nombreux! Source : Wikimedia Commons.



Δ Satellite Iridium. Les satellites Iridium se caractérisent par un sursaut d'éclat soudain, mais prévisible. Ici, on peut aussi voir la comète 17P/Holmes dans le bas de l'image, près de la branche d'arbre. Crédit : Wikimedia Commons (utilisateur Brocken Inaglory).

pour la télévision, pour les émissions radio satellites, l'Internet, etc.

Aujourd'hui, il est possible de connaître la position en temps réel de plusieurs satellites artificiels autour de la Terre et d'en faire

▽ Satellite Iridium. Représentation d'un satellite Iridium qui réfléchit la lumière solaire vers la Terre. Dessin par G. St-Onge.



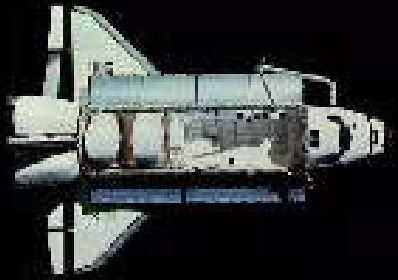
l'observation lorsqu'ils effectuent des passages favorables dans le ciel de notre région. Il est généralement facile de reconnaître un passage de la Station spatiale internationale (ISS) par sa luminosité particulière, mais la plupart des autres satellites ont une luminosité beaucoup plus faible; comment les identifier avec certitude? Nous vous suggérons le site Web Heavens Above^[6] (malgré son nom anglais, il est aussi disponible en français). Il faut y entrer vos coordonnées terrestres (longitude et latitude), puis sélectionner parmi les liens actifs suggérés par le site pour accéder au tableau de votre choix; il est même possible d'y voir une carte du passage du satellite dans le ciel étoilé pour chez vous.

Pour ceux qui sont plus avancés et qui possèdent un télescope avec l'option de suivi de satellites artificiels, ou qui peuvent les suivre manuellement en utilisant la manette de contrôle des moteurs pour en faire le suivi, certains logiciels peuvent vous aider à planifier et à réaliser ce type d'observations. On vous suggère d'aller voir le document *Observation des satellites artificiels* de Denis Bergeron^[7], qui explique bien le fonctionnement d'un de ceux-ci, soit le logiciel Satellite Tracker créé par Brent Boshart.

IMAGE La navette spatiale. Cette image est prise de la page *Observation des satellites artificiels* de Denis Bergeron. L'image est de Denis Bergeron, Daniel Provençal et Jacques Gagnon. En résumé, il s'agit de la navette spatiale filmée avec une caméra vidéo montée sur un oculaire au foyer d'un télescope Meade

[6] <http://heavens-above.com>

[7] http://www.astrosurf.com/d_bergeron/astronomie/Bibliotheque/Observation_satellites/satellites.htm



Navette spatiale américaine avec panneaux ouverts face à la terre



LX-200 de 20 cm d'ouverture. Les meilleures images ont été capturées à l'aide d'une carte de capture vidéo et traitées avec Photoshop.

Comme on peut le constater sur l'image précédente de la navette spatiale, il est possible à partir d'images CCD rapides en rafale, ou encore mieux à partir d'animations du passage de certains satellites artificiels de grande taille, d'obtenir des détails impressionnants de ceux-ci. Il s'agit d'une technique d'imagerie propre à ce type d'observation. Sur la page *Observation des satellites artificiels*, vous trouvez beaucoup d'information concernant ce type d'imagerie satellitaire^[7].

À l'observation visuelle, l'œil à l'oculaire du télescope, tous les

satellites artificiels se détectent comme un point lumineux de taille variable (selon leur intensité) qui se déplace sur le ciel; seule la Station spatiale internationale peut se démarquer, car elle est un peu plus grosse et plus lumineuse. Il y avait aussi la navette spatiale, mais son temps est révolu.

La méthode

Pour commencer, il faut préparer d'avance l'observation en s'assurant de la position sur le ciel qu'aura le satellite visé : est-il possible de l'observer? dans quelle direction? à quelle heure? On a besoin d'informations comme sa position lors de son apparition dans le ciel, sa trajectoire sur le ciel, ainsi que son élévation maximale. Il faut comprendre que si l'observateur

Δ Voici un montage des résultats obtenus par l'équipe de Daniel Provençal, Jacques Gagnon et Denis Bergeron alors qu'ils ont filmé en images vidéo continues un passage de la navette spatiale favorable à l'observation de celle-ci. La grande image de la navette provient de la NASA et est affichée à titre informatif.

change de site d'observation, le même satellite n'effectue pas le même tracé sur le ciel : il peut être plus bas ou plus haut sur le ciel, ou même non observable de cet autre site !

Ensuite, le soir de l'observation, il faut monter à l'avance le télescope et la caméra (CCD) ou vidéo (webcam ou autre) pour obtenir un très fort grossissement; il est souvent utile d'utiliser une projection par oculaire pour y arriver. Il faut ensuite faire la mise au point sur une étoile brillante. Il faut aussi bien aligner le chercheur avec le télescope pour pouvoir viser rapidement sur la cible; les passages de l'ISS ne durent que quelques minutes. Il faut enfin capturer les images vidéo alors que la Station spatiale est à son point le plus haut possible sur le ciel (le plus favorable).

Le pointage et le suivi peuvent se faire à la main à l'aide de la raquette de commande du télescope; on peut utiliser l'écran d'ordinateur pour les corrections de suivi (le télescope n'a pas besoin d'être monté en équatorial). Pour les plus équipés, il peut exister des fonctionnalités dans votre équipement qui vont effectuer le pointage et le suivi de certains satellites automatiquement. En même temps, il faut effectuer les images vidéo à très haut débit, si possible plus de 30 images par seconde, ce qui aide à éviter les contraintes atmosphériques, comme la turbulence, qui dégradent considérablement la qualité des images.

Par la suite, il faut réduire toutes ces images à l'aide de logiciels spécialisés comme PRISM, Maxim DL, et autres. L'idée est de conserver seulement les meilleures images, pour en faire des piles d'images qui permettent

d'augmenter le rapport signal/bruit et la résolution des images finales. Les images finales peuvent montrer certains détails de la Station spatiale internationale, par exemple. Les résultats peuvent être très intéressants, comme ceux obtenus par l'équipe de Daniel Provençal, Jacques Gagnon et Denis Bergeron avec la navette spatiale à l'époque.

Pour en savoir plus allez sur le site de Denis Bergeron^[7].

Les déchets spatiaux

Pour avoir des réponses claires et des sources sûres à ces questions, nous avons fait appel à un astronome amateur québécois bien connu, soit Daniel Provençal, qui travaille dans le domaine spatial depuis près de 30 ans. Ses compétences et ses connaissances dans le domaine spatial sont indiscutables. On lui a donc préparé une série de questions. Nous le remercions chaleureusement d'avoir pris de son temps pour répondre à ces questions qui sont d'un grand intérêt pour la société moderne.

Geneviève Dufresne : Depuis plusieurs années, nous entendons parler des « déchets spatiaux ». Depuis les débuts de l'exploration spatiale et l'envoi de satellites, qu'en est-il de la situation actuelle ? Quels sont les impacts de ces débris sur la Terre et l'espace ?

Daniel Provençal : Pour comprendre la situation actuelle, le meilleur site est celui du NASA Orbital Debris Program Office au <http://orbitaldebris.jsc.nasa.gov/>. La situation actuelle, telle que décrite dans leur publication trimestrielle, est qu'il y a 13 136 débris répertoriés et 3857 sondes et satellites actifs en orbite. (Un satellite inactif est

considéré comme un débris.)

GD : Quels sont les impacts de ces débris sur la terre et l'espace ?

DP : La population de débris qui est près de l'atmosphère terrestre s'y frotte et se « désorbite » éventuellement en quelques années et y brule, avec très rarement des restes de débris calcinés et réduits qui atteignent le sol. Ceux qui sont en plus haute altitude peuvent y rester des centaines d'années. Le problème est surtout pour les vaisseaux spatiaux qui partagent leur orbite avec les débris : on doit suivre attentivement les deux et absolument prévenir les collisions si possible !

GD : Combien y-a-t-il eu de lancements de satellites en tout ?

DP : Je trouve toutes les informations sur le Web, mais de sources fiables. Selon les données du Satellite Boxscore, tenues à jour par une autorité dans la matière, il y aurait eu 7015 lancements depuis 1957.

GD : À combien estime-t-on le nombre de satellites encore en fonction actuellement ?

DP : Selon le NASA Orbital Debris Program Office, il y a actuellement 3857 sondes et satellites actifs en orbite.

GD : Combien de débris et de satellites seraient présents autour de la Terre actuellement ?

DP : Selon le NASA Orbital Debris Program Office, il y a 13 136 débris répertoriés et 3857 sondes et satellites actifs en orbite.

GD : Quels sont les plus petits débris que l'on peut détecter ?

DP : Les dimensions minimales publiées par le Space Surveillance Network américain sont de 10 cm — la taille d'une balle de baseball.

GD : A-t-on une estimation du nombre de débris non détectables ?

DP : Les indétectables sont ceux plus petits que 10 cm. La NASA estime que la quantité d'objets entre 1 et 10 cm est de 500 000, et que ceux plus petits que 1 cm excèdent 100 millions !

GD : Quels sont les risques que causent tous ces débris dans l'espace ?

DP : Comme mentionné précédemment, le risque dans l'espace est la collision entre débris et satellites actifs. On recalcule régulièrement les orbites de tous les débris détectables et satellites, à partir de mesures prises de la Terre par des télescopes, mais aussi par radar. On fait ensuite des projections de toutes ces orbites mesurées, et l'on estime statistiquement (avec des marges d'erreurs) les probabilités de collisions. Pour l'ISS, cette probabilité de collision a été assez élevée à quelques reprises pour justifier des mesures d'évitement (translation propulsive de l'ISS, ou même envoi de l'équipage dans un vaisseau Soyouz jusqu'à ce que le débris passe). L'ISS montre déjà des signes d'impacts de débris que l'on avait pu détecter et pour lesquels on a donc pu se préparer. Pour les débris indétectables, il existe des modèles virtuels des populations de débris qui sont raffinés régulièrement; on utilise ces modèles pour calculer les probabilités de collisions et ainsi concevoir des satellites qui résistent aux impacts prédits.

GD : Quels sont les risques lors de la rentrée de satellites dans l'atmosphère (contaminants radioactifs, blessures, etc.) ?

DP : À ce que je sache, personne n'est mort à cause d'un débris se rendant au sol. Comme mentionné précédemment, les débris brûlent en grande majorité dans l'atmosphère. Pour les grands satellites spatiaux (comme l'ancienne station spatiale Mir, par exemple), on planifie habituellement leur rentrée atmosphérique pour le milieu du Pacifique, ce qui réduit la probabilité qu'un débris restant frappe une région habitée. Pour ce qui est de la radioactivité, je l'ignore.

GD : Quels sont les plans pour nettoyer les orbites après la vie utile des satellites ?

DP : Pour ce qui est de la prévention des débris, il y a des ententes internationales depuis 2007^[8]. Habituellement, cela consiste à envoyer ceux qui sont en orbite haute encore plus loin, et ceux en orbite basse dans l'atmosphère le plus rapidement possible, pendant que ces derniers répondent toujours aux commandes et ont suffisamment de carburant pour les faire rentrer de façon contrôlée. On suggère aussi des séparations d'étages de fusées et des déploiements qui minimisent les débris. Pour le nettoyage, il commence à y avoir des rencontres internationales sur le sujet et différentes solutions sont envisagées, mais à ce que je sache, aucune n'est en place pour le moment.

GD : Quel rôle peut jouer l'Agence spatiale canadienne dans le nettoyage des satellites « morts » et des débris ?

DP : L'Agence spatiale canadienne participe aux comités internationaux sur ce sujet^[9].

Références additionnelles

Space Surveillance Network · http://www.ask.com/wiki/United_States_Space_Surveillance_Network?o=2801&qsrc=999&ad=doubleDown&an=apn&ap=ask.com

Orbital Debris Important Reference Documents · <http://orbitaldebris.jsc.nasa.gov/library/references.html>

Inter-Agency Space Debris Coordination Committee · <http://www.iadc-online.org/>

L'Etoile des Enfants · <http://www.etoile-des-enfants.ch/>

Combien y a-t-il de satellites au-dessus de nous ? · <http://www.culture-generale.fr/sciences/6735-combien-y-a-t-il-de-satellites-au-dessus-de-nous>

Australie : l'observatoire des déchets spatiaux · <http://origin.m.radioaustralia.net.au/french/2014-08-29/australie-observatoire-des-d%C3%A9chets-spatiaux/1362406>

Comment photographier la forme des vaisseaux spatiaux de grande dimension · http://www.astrosurf.com/d_bergeron/astronomie/Bibliotheque/Vaisseaux_spatiaux/vaisseaux_spatiaux.htm

Réflexion de Geneviève Dufresne

Il est étonnant de savoir que le premier lancement d'un satellite artificiel a eu lieu il y a 58 ans ! À cette époque, les ordinateurs fonctionnaient avec des tubes à vide, et aucun ne dépassait la puissance de calcul d'une montre à quartz actuelle. Réseau ? Internet ? Les premiers modems expérimentaux devaient bien grésiller quelque part,

[8] Voir à ce sujet <http://orbitaldebris.jsc.nasa.gov/library/references.html>

[9] Comme <http://www.iadc-online.org/>

Utilisation des différents niveaux orbitaux	
Orbite haute, jusqu'à 1,6 million de kilomètres	Exploration spatiale
Orbite haute, jusqu'à 36 000 km d'altitude	Télécommunications et transferts de données
	Transmissions d'émissions de télévision
Orbite moyenne, 2 000–35 000 km	Observation et communications militaires
	Aide à la navigation Global Positioning System (GPS)
Orbite basse, moins de 2 000 km d'altitude	Observation et communications militaires, communication d'urgence, série Iridium, Station spatiale internationale
	Observation de la Terre (Google Earth, Quickbird), observation météorologique, surveillance des catastrophes naturelles (satellites DMC)

dans les laboratoires américains, mais c'était encore un rêve futuriste^[10].

Depuis, la situation a bien changé ! Plus de 7000 lancements de satellite ont été effectués. Nos besoins en technologie ne cessent d'augmenter, et la quantité de débris spatiaux devient un sujet de plus en plus important. Le tableau ci-dessus résume les différentes utilités des satellites en orbite.

Les satellites sont des outils technologiques nécessaires à notre mode de vie actuel. Il a un grand défi à relever quant à la gestion des débris produits par leur mise en orbite. Les débris spatiaux ont aussi leur coût économique. En février 2009, un satellite désaffecté, Cosmos 2251 (russe), et un satellite en service, Iridium 33 (américain), sont entrés en collision. Ceci a provoqué la panne du satellite de télécommunications, d'une valeur comprise entre 80 et 90 millions de dollars, privant de services la clientèle. Le professeur de droit Ram Jakhu affirme que : « Pour protéger ses propres intérêts, le secteur privé sera obligé de faire pression sur les gouvernements afin que des précautions adéquates soient prises concernant les débris spatiaux »^[11].

Est-ce que la question des débris spatiaux va rester en suspend jusqu'à ce que d'autres collisions surviennent ? Va-t-on assister à une saturation de satellites, voire même à une guerre territoriale pour le lancement des satellites en orbite ?

Dans un article publié en 2009 dans le Journal de Montréal, Hubert Reeves indique : « Des débris spatiaux de toutes tailles encombrant la galaxie [*sic*]... Leur vitesse considérable (des milliers de kilomètres/ heure) les rend très dangereux sur les orbites utilisées par de nouveaux engins. On tente de transférer des satellites en fin de vie sur des "orbites cimetières". Un COPUOS (Committee on the Peaceful Use of Outer Space) vise à unir les efforts de 67 pays concernés par le problème. Une loi internationale est sans doute en gestation... »^[12]

Il semblerait donc que plusieurs comités discutent toujours afin de découvrir comment gérer les déchets spatiaux. ★

[10] <http://www.agoravox.fr/actualites/technologies/article/1957-l-annee-du-sputnik-29629>

[11] <http://publications.mcgill.ca/entete/magazine/odysee-parmi-les-debris-de->

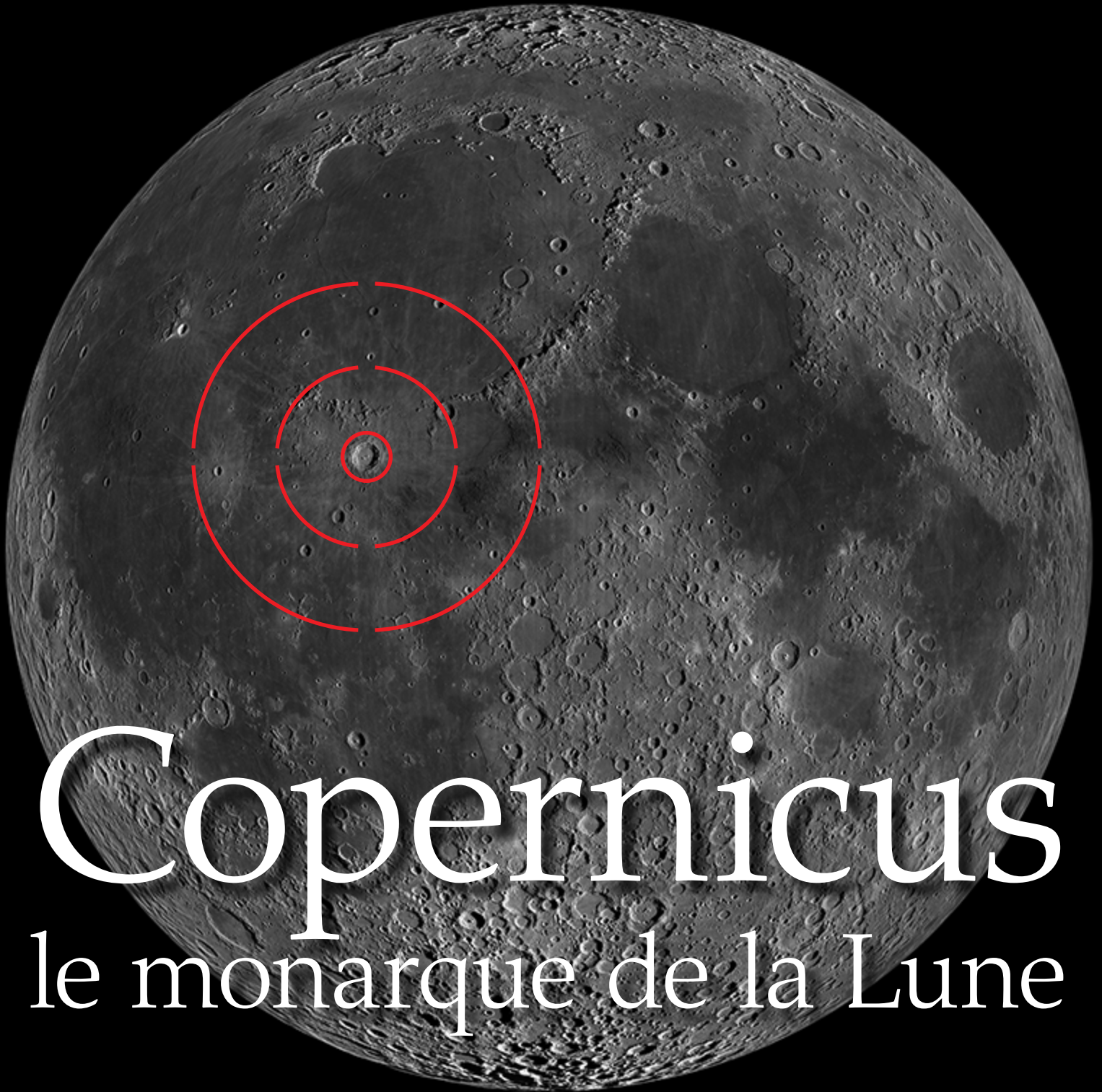
[lespace/](#)

[12] <http://fr.canoe.ca/infos/chroniques/hubertreeves/archives/2009/08/20090802-080000.html>

Geneviève Dufresne est une horticultrice de métier. Elle a effectué des études universitaires en écologie, en biologie, et en administration des affaires. Sa participation à la chronique *J'aimerais savoir, le ciel et l'espace* vise à répondre aux questions d'un public tout-âge, tout-intérêt dans le domaine de l'astronomie.

La Lune t'écœure?

Choque-toi pas ! va jouer avec...



Copernicus

le monarque de la Lune

...avec Pierre Tournay



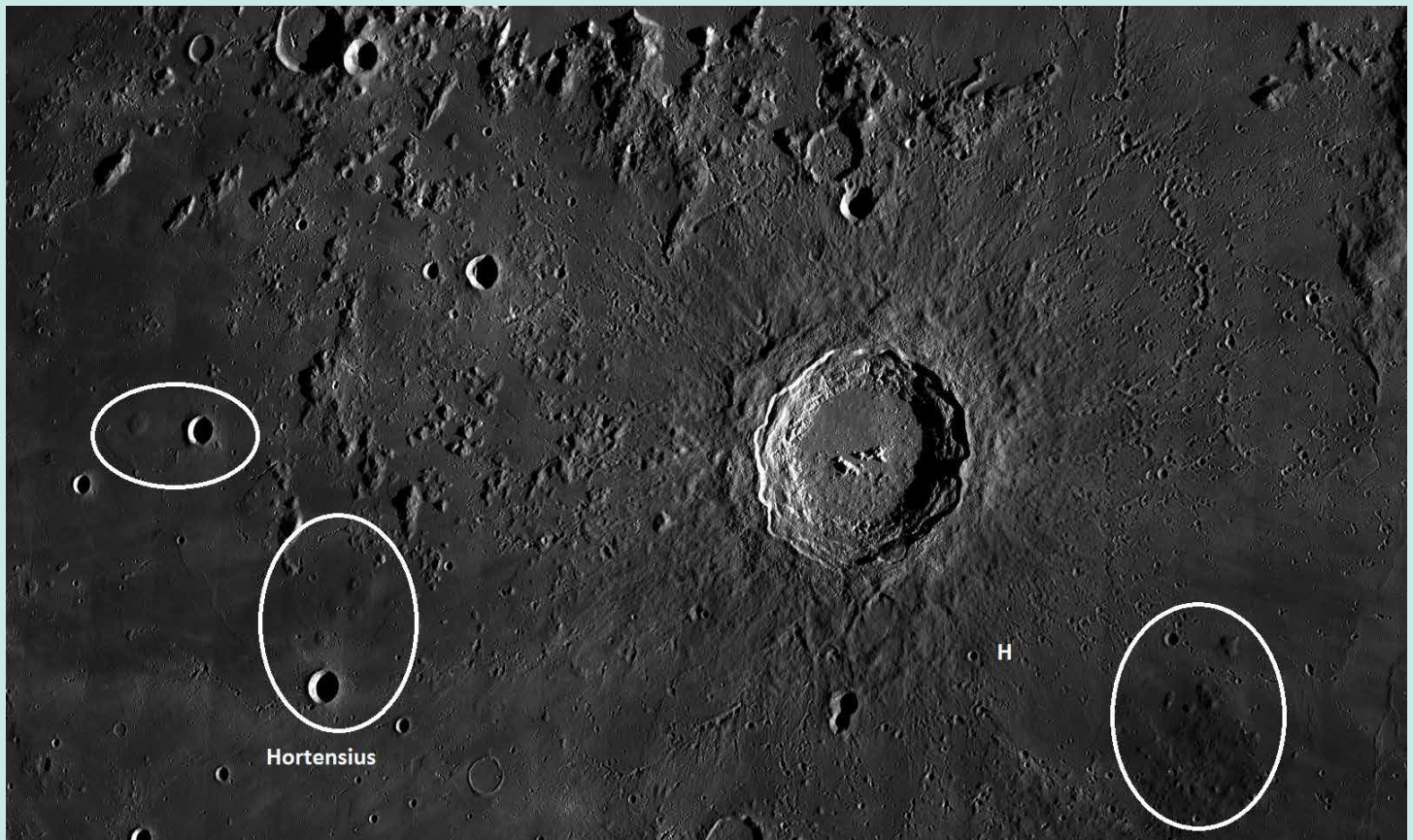
C'est grâce à Giovanni Riccioli, dans son système de nomenclature lunaire de 1651, que le nom de Copernic est donné à une formation lunaire imposante, malgré le fait que Giovanni est un Jésuite. Il justifie son choix du nom en situant le modèle héliocentrique dans la Mer des Tempêtes, quoique Riccioli supportait secrètement ce modèle et ait voulu donner à Copernic une place de choix pour les générations futures... Bien joué, M. Riccioli !

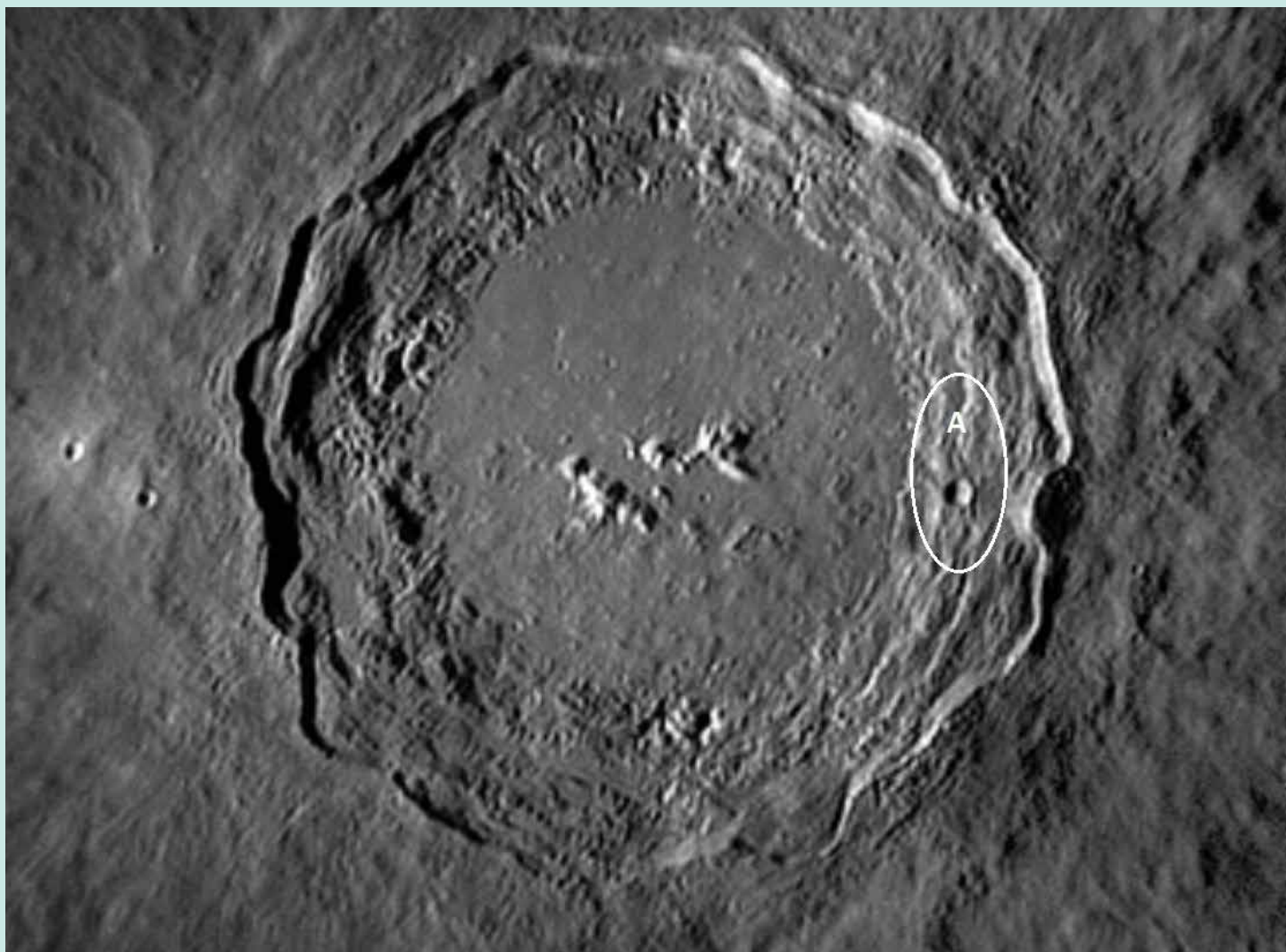
Copernic... quel cratère ! Il est facilement visible aux jumelles. Même durant la pleine lune, son système d'éjecta est nettement différent de celui de Tycho : l'éjecta de Tycho ressemble à une pieuvre, et celui de Copernic ressemble à une toile d'araignée. Copernic fait 95 km de diamètre et a une forme quasi-hexagonale, bien visible deux jours après le premier quartier (ou un jour après le dernier quartier).

Vous y trouverez une multitude de formations en consultant l'Atlas de la Lune d'Antonin Rükl, à la carte 31.

Une des premières subtilités du monarque est que son cirque (fond du cratère) n'est pas égal. En effet, la région nord du cirque est plutôt plate, tandis que la région sud est montagneuse. Essayez de séparer les trois pics centraux individuellement ; ils font au plus 1200 m de haut. Le terrassement qui fait le pourtour du cratère est très accidenté ; vous pourrez observer les vestiges de l'effondrement du sol, et surtout un imposant morceau détaché en position cinq heures, et un autre « bétail » à 10 h. (Attention si votre instrument inverse les vues !)

La région montagneuse immédiatement au nord est Montes Caucasus ; elle vous comblera en termes de détails subtils et de magnifiques jeux d'ombrages.





Les rayons d'éjecta s'étendent jusqu'à 800 km et, parce qu'ils s'étendent sur un sol plus sombre, ils sont moins brillants que l'éjecta de Tycho. En revanche, vous trouverez plus de détails dans les raies de Copernic, grâce à un meilleur contraste. En 1680, Giovanni Cassini observe une multitude de cratères secondaires en « chainons », simplement en suivant les raies d'éjecta. Prenez le temps de le faire, pour revivre ce que Cassini a vu !

Dans la région de Copernic se trouvent 17 dômes volcaniques ! Ce sont des bosses de 200 m de hauteurs. Cinq ou six sont directement dans le voisinage de Hortensius (tout près de Copernic,

mais pas visibles le même soir). Voyez quelques-une de ces zones sur la photo de la page précédente. Leur observation demande absolument un éclairage rasant, donc il peut s'agir d'une question d'heures avant que ces dômes n'apparaissent... ou ne disparaissent ! Pour les masochistes : essayez de voir les calderas volcaniques de ces dômes ! Elles sont là... Tant qu'à être dans le voisinage, tentez votre chance sur Copernic H, un petit cratère secondaire de 5 km de diamètre qui a un pourtour sombre — il pourrait être de nature volcanique.

Avec tout le respect que j'ai pour notre monarque (après tout, Copernic est un astronome qui a

joué un grand rôle dans l'évolution de l'astronomie à la Renaissance, et qui a su laisser sa place dans l'Histoire), je termine avec la cible farfelue Copernic A, qui se situe sur son versant est, en position trois heures (image ci-dessus). Ce cratère fait 3 km de diamètre et semble tout à fait ordinaire, mais si je vous dis que c'est le bouton d'acné de Copernic, vous ne l'oublierez jamais ! Allez le voir ; ça vous fera sourire ! Remarquez l'ombrage qui le cache sur l'image à grand plan (page précédente) ; cela signifie donc que le cratère Copernic A est plus bas que le limbe du cratère principal.

Bonnes observations !



COMMUNIQUE DE PRESSE



29 janvier 2015

Association française d'Astronomie

Pour diffusion immédiate

Photo Nightscape Awards 2015

Lancement de la 2^{ème} édition du Photo Nightscape Awards

Prix international de photographie de ciel nocturne

Le 1^{er} février 2015, l'Association Française d'Astronomie (AFA) lance la 2^{ème} édition du Photo Nightscape Awards (PNA 2015)

Le PNA est organisé en partenariat avec l'ESO, Nikon, la Cité des Sciences et de l'Industrie de Paris, AIP, la Réserve du Ciel Noir du Portugal, le Refuge aux étoiles, Medas et le laboratoire Picto.

Ouvert aux photographes amateurs et professionnels du monde entier, le PNA récompense les plus belles photos de paysages nocturnes dans 4 catégories (« paysage nocturne », « En ville », « timelapse video » et « junior »).

Nouvelle tendance de l'astrophotographie, le Nightscape, ou paysage nocturne, impose aux photographes de faire figurer un paysage terrestre et un paysage céleste nocturne sur la même photographie.

Les photographes récompensés pourront gagner un voyage au Chili pour visiter le Very Large Telescope, un voyage à la Réserve du Ciel Noir d'Alqueva au Portugal, des appareils photos, des lunettes astronomiques, des jumelles...

Les photographes peuvent envoyer leur candidature du 1^{er} février 2015 au 30 septembre 2015, toutes les informations sur www.photonightscapeawards.com

Contacts presse

Adrien CHAMPAGNE

Chargé de la communication,
du développement et des partenariats

+33 1 45 89 89 07

a.champagne@cieletespace.fr

Franck SEGUIN

Rédacteur en chef photo

+33 1 45 89 89 08

f.seguin@cieletespace.fr

www.photonightscapeawards.com



ABC d'astrométrie

À des années lumières d'une docte vérité, voici un article sans prétention, histoire de partager et de résumer ce que j'apprends sur des instruments et des méthodes qui me sont utiles. Des astrophotographes expérimentés et des spécialistes resteront sur leur appétit; d'autres amateurs voudront en savoir plus...

Afin d'éclairer le choix de lectures subséquentes, le texte qui suit est ponctué de liens (Internet), bien que j'ai placé la majorité d'entre eux dans les références en fin d'article. J'espère que cette sélection fera sauver du temps à ceux qui cherchent des renseignements pertinents.

Un peu de vocabulaire

Astrométrie : François Mignard écrivait, en tant que directeur de recherche au CNRS : « L'astrométrie est le domaine de l'astronomie qui se consacre à la mesure des positions et des déplacements des corps célestes. Il peut s'agir de galaxies, d'étoiles, de planètes, d'astéroïdes ou même de satellites artificiels. Peu importe : tous les objets qui se manifestent sous forme d'un point sur la voûte céleste sont concernés »^[1].

Photométrie : En astronomie, la photométrie désigne l'étude de l'intensité lumineuse des étoiles et de sa variabilité.

[1] http://www.lemonde.fr/sciences/article/2013/12/16/l-astrometrie-le-socle-sur-lequel-se-construit-l-astrophysique_4335250_1650684.html

Identification d'un corps céleste : Mesure de position en référence à des catalogues, si le corps est connu.

Calibration (aussi *plate solving* ou résolution d'assiette) : C'est un processus logiciel qui repère des patrons d'étoiles sur des photographies et qui détermine une région du ciel, des corps célestes, etc. Ne pas confondre avec l'autre sorte de calibration, qui est la correction d'une image de luminance avec un *bias*, un noir, une plage de lumière uniforme (PLU), etc.

Réduction : Les logiciels permettent de résoudre des calculs en traitant des fichiers (souvent en format FITS) sous la forme de tables de pixels, ces derniers étant fournis par des images produites par des détecteurs et par des instruments optiques, des caméras CCD et DSLR.

Blinking : Ce n'est pas le scintillement des étoiles visibles à l'œil nu ! C'est plutôt une technique qui superpose des images en les allumant tour à tour afin de détecter le mouvement d'un corps céleste, le cas échéant. Si le *blinking* est rapide, on peut avoir l'impression d'un mouvement animé^[2].

Détection et repérage : D'astéroïdes, de comètes, d'exoplanètes, etc., en comparant des images à d'autres, prises comme références.

Une multitude de logiciels

Plusieurs logiciels destinés aux amateurs facilitent l'exécution de routines complexes d'astrométrie et de photométrie. Certains sont plus performants que d'autres. Difficile de présenter ces logiciels sans en oublier, sans compter

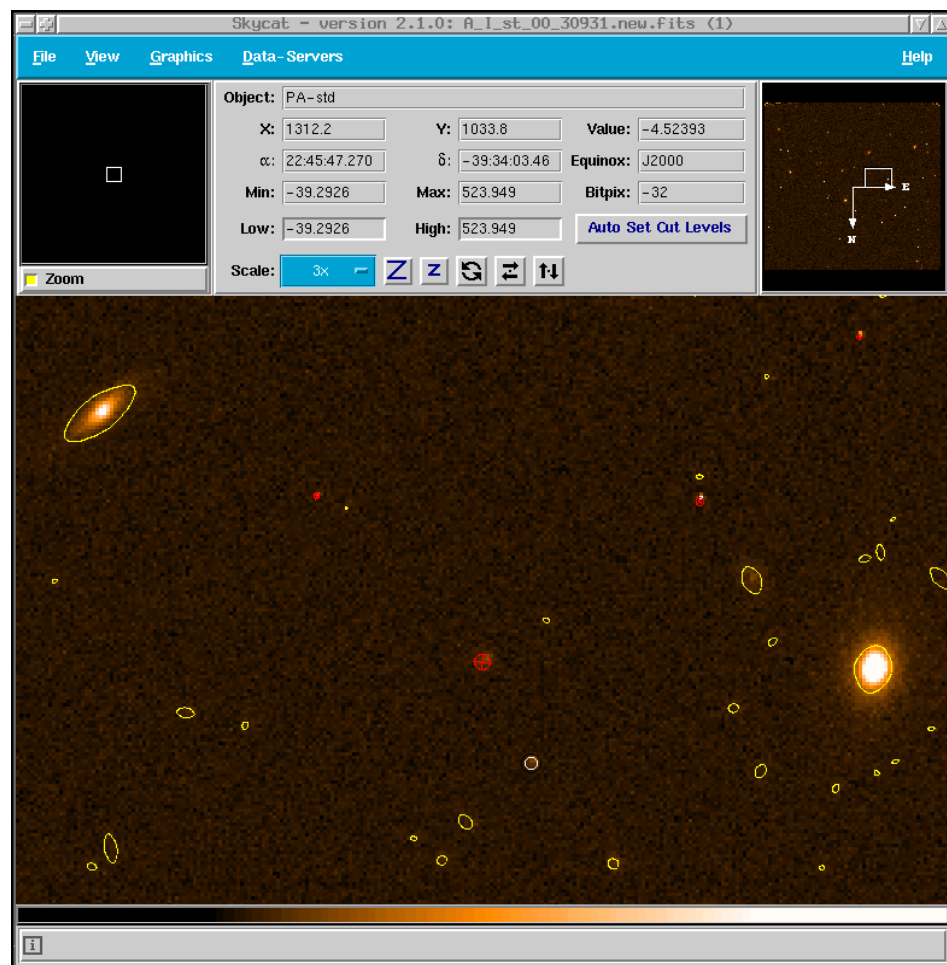
qu'une préférence est souvent matière d'occasion pour l'amateur. Voici quand même une liste non exhaustive.

Astrometia de Herbert Raab offre beaucoup de fonctions d'analyse et est idéal pour les besoins des astronomes amateurs.

AstroTortilla applique l'astrométrie et le *plate solving* lors de la prise en cours de vos photographies. Il effectue une calibration de votre monture *Go To* avec une précision à la seconde d'arc, et il mesure l'erreur de votre alignement polaire.

Un autre logiciel très efficace et convivial est Lagoon Astrométrie, de Benjamin Baqué, plutôt destiné à l'identification d'objets.

L'écran suivant provient de SkyCat:



[2] Voir un exemple au http://www.astrosurf.com/buil/iris/tutorial12/doc29_us.htm

Pour UniMap, nous lisons « ...logiciel d'astronomie *free/opensource* principalement développé pour faire la résolution d'assiette (*plate solving*) avec la détection automatisée selon le catalogue de ciel correspondant... »^[3].

XParallax viu est un logiciel gratuit pour la réduction automatisée de données astrométriques d'images de CCD et autres capteurs.

Il y aussi le logiciel BlackWatersSlies^[4].

Nombre de logiciels, comme Maxim DL, Prism 9, Iris, SkyMorph, Charon, PixInsight, ou AstroArt 5, abordent l'astrométrie et la photométrie avec des fonctions parmi les plus fréquentes et commodes ou même novatrices.

[3] Traduction libre. Nos italiques.

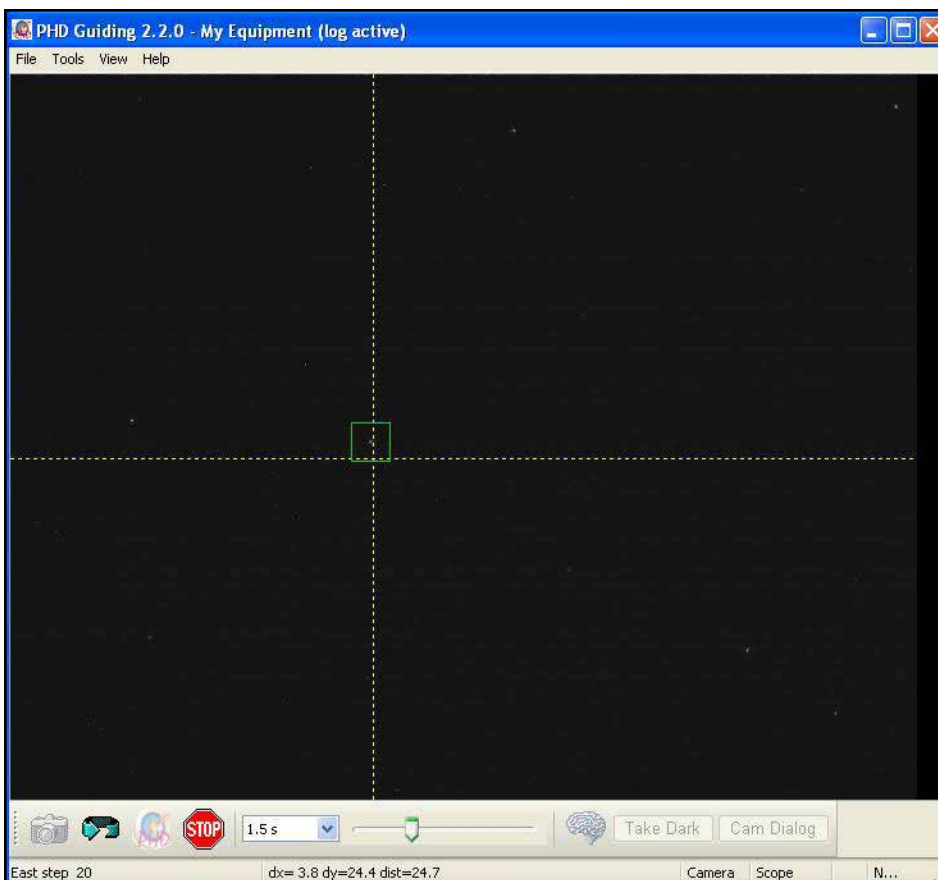
[4] <http://www.blackwaterskies.co.uk/2013/06/imaging-toolbox-instructions.html>

Contexte et environnement amateur de l'astrométrie

En contexte, l'un voudra que la mise en station de sa monture équatoriale soit faite avec un logiciel capable de réitérer des ajustements sur des images successives; un autre voudra identifier les étoiles, les galaxies et les amas d'une photographie; un troisième voudra préciser l'ascension de droite et la déclinaison d'une comète; un autre, encore, sera à la chasse aux astéroïdes; l'un voudra utiliser la photométrie différentielle de deux étoiles voisines pour détecter une exoplanète; enfin, un autre voudra apprécier des distances lointaines d'objets du ciel profond, etc.

Dans un environnement amateur, il y aura souvent du guidage ou de l'autoguidage; une caméra CCD ou une DSLR; l'empilement de plusieurs images; le traitement des couleurs des images; la conversion de formats, souvent du RAW vers le TIF, le FITS, le Jpeg, ou le GIF; le choix d'un télescope, d'un aplanisseur de champ, d'un réducteur de focale, d'une roue à filtre, de filtres de photométrie ou autres, de mise au foyer, ou encore le contrôle de la rotation d'un dôme; le choix d'une durée d'exposition; du *binning*; l'installation d'une carte du ciel et d'autres logiciels sur une plate-forme comme ASCOM; et j'en oublie...

On peut profiter de l'astrométrie et de la photométrie sans s'en rendre compte, par exemple en utilisant les logiciels PHD Guiding ou BackyardEOS pour une soirée de guidage et de capture. On peut avoir un projet, comme installer Astrometrica. On peut aussi avoir une petite curiosité ni difficile ni longue à résoudre; par exemple, identifier des images avec l'aide



d'un service de *plate solving* en ligne. Je dirais toutefois que nombre d'astronomes amateurs abordent l'astrométrie, pas seulement les astrophotographes. Quelles sont mes expériences ?

L'expérience de PHD Guiding

L'auteur de PHD Guiding, Craig Stark, présente les choses comme suit : « Malgré mon doctorat, j'ai toujours eu de la difficulté à figurer de quel côté est le nord dans le cadre d'une image guide... Comment l'image est-elle affectée par la rotation de la caméra, combien cela implique-t-il de secondes d'arc par pixel (d'autant plus qu'un Barlow 2 × n'est pas toujours 2 ×), etc. L'exercice est particulièrement difficile sur la route, dans un champ froid tard dans la nuit, quand vous souhaiteriez être au chaud tout en acquérant de bonnes images d'objets du ciel profond.^[5] » C'est ce qu'un ami exprimait comme suit : « Achète une caméra de guidage avec PHD Guiding, c'est un monde de différence ! »

En bref, PHD Guiding solutionne des images de ma caméra pointée vers une cible, afin de guider ma monture pour des durées d'expositions maximales. PHD Guiding affiche des écrans de contrôle des paramètres et, ensuite, il échange de courtes impulsions successives avec la monture et il analyse des positions.

Des calculs astrométriques se révèlent sur la ligne en bas de l'écran PHD Guiding (voir la capture d'écran de la page précédente).

L'expérience en ligne avec Astrometry.Net

Divers sites offrent un service de *plate solving* en ligne ; comme c'est

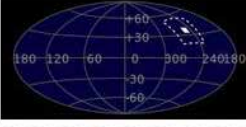
tendant ! J'ai présenté des images et j'ai reçu des résultats d'analyse indiquant l'ascension de droite, la déclinaison, le centre de l'image, la direction du nord, la dimension de l'image en degrés, la position sur une carte céleste de la région, la position sur la sphère céleste, et j'en passe !

Il y a plein de renseignements à approfondir. Le petit rectangle blanc en haut à droite de l'image ci-dessous a attiré mon attention : il représente le cadre de l'image avec ma Canon 40D. J'ai comparé des captures avec et sans réducteur de focale pour mes trois télescopes (Megrez 90, Schmidt-Cassegrain 9,25" et Maksutov 140). J'ai utilisé les illustrations d'astrométrie pour apprécier mes configurations optiques. Sur certaines

Amas globulaire, Messier 13



1 avril 2011, à Lac-Beauport. 3 images de 4 minutes et 4 de 5 à ISO 400, filtre Astronomik CLS-CCD.

Center (RA, hms):
16h 44m 03.813s

Center (Dec, dms):
+36° 31' 32.623"

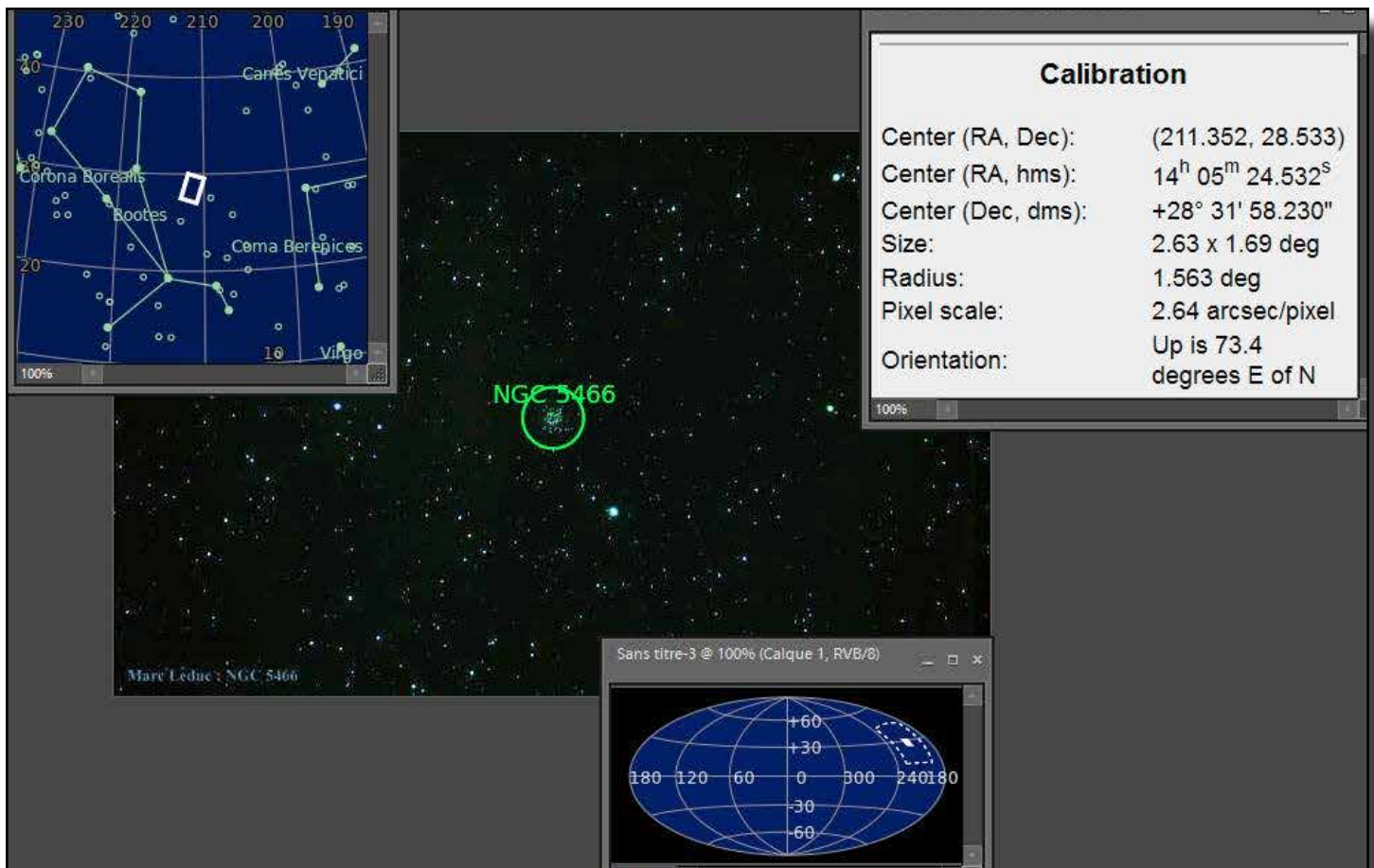
Size: 2.86 x 1.91 deg

Radius : 1.721 deg

Pixel scale : 2.64
arcsec/pixel

Orientation: Up is
81.5 degrees E of N

[5] Traduction libre.



photographies, les dimensions des objets me surprennent; soit elles sont conformes, soit elles sont différentes de ce à quoi je m'attendais. Je sais bien que l'on peut déduire ces appréciations sans utiliser l'astrométrie; là n'est pas la question. Le fait est que cela aide agréablement à figurer les dimensions et l'orientation d'un cadre d'image.

L'expérience d'Astrometrica

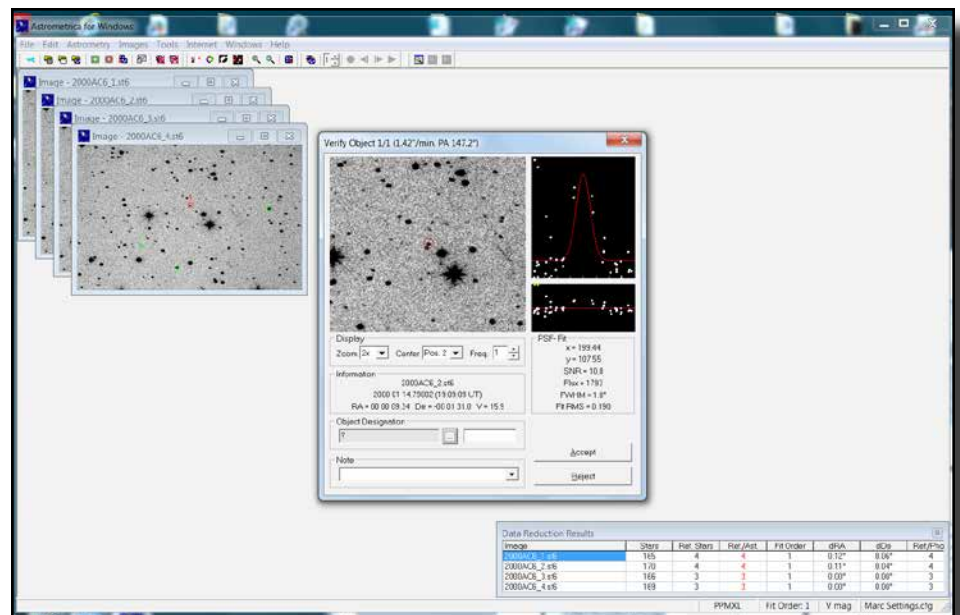
Astrometrica détecte un corps céleste en mouvement dans deux ou plusieurs images : il mesure une localisation ainsi qu'une dimension. Plusieurs amateurs s'en servent dans l'espoir de signaler la découverte d'un astéroïde; c'est pourquoi Astrometrica comporte une routine pour rédiger un rapport officiel et pour le communiquer.

Évidemment, installer Astrometrica et lui soumettre ses propres images demande une planification relative à l'installation technique proprement dite sur le disque dur, de même qu'à la collecte des images et à leur organisation (images de luminance, de noirs, de *bias*, de plages uniformes généralement blanches, etc.). Il faut convertir les formats CR2 en FITS, conserver la date et l'heure de chaque image, fournir la latitude et la longitude du lieu ainsi que des spécifications des instruments optiques, de même que l'ascension de droite et la déclinaison dans le cas d'un objet connu.

Maintenant que j'ai installé Astrometrica sur mon ordinateur de bureau et sur mon portable dédié au guidage, j'ai hâte de cibler Vesta ou Cérès, juste pour voir !

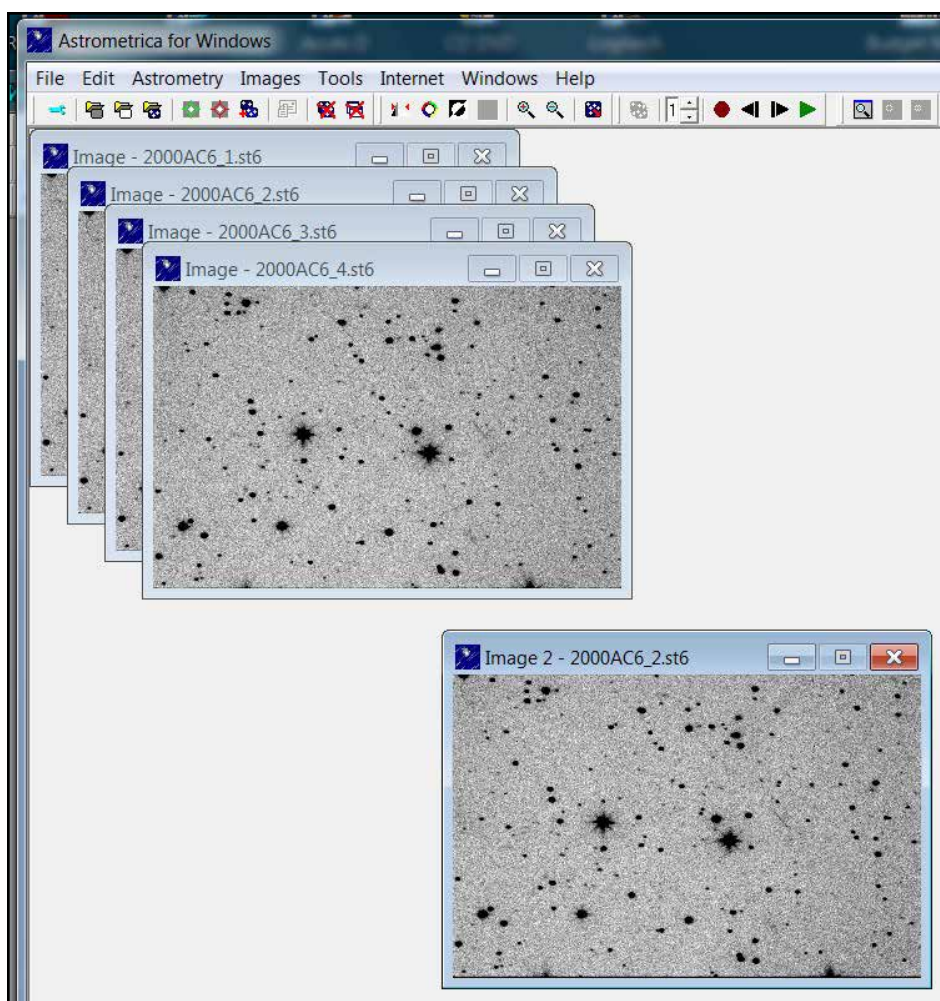
L'expérience d'AstroTortilla

Nous avons vu que des services de *plate solving* solutionnent des images en ligne. AstroTortilla emprunte le moteur d'Astrometry.Net et permet de solutionner des images en cours de capture, sur votre ordinateur et en direct, lors d'une session d'astrophotographie. Il vérifie que le champ visé corresponde bien au champ que vous voulez imager. L'étalonnage du *Go To* est simplifié. AstroTortilla contrôle la monture via ASCOM et permet de piloter la CCD ou la DSLR via un logiciel de capture d'image. Il automatise le pointage de la cible par itérations, c'est-à-dire la prise de vue, la réduction astrométrique, et le pointage de la monture vers la cible. Vous devrez fournir des renseignements concernant votre matériel et calculer certains paramètres.



AstroTortilla nécessite toutes sortes de précautions; par exemple, vous devrez prévoir l'emplacement du répertoire Cygwin afin de rendre disponible le catalogue des objets célestes.

▲ **Capture d'écran** d'Astrometrica qui vient de résoudre quatre images en appliquant la fonction *Blink*. Le logiciel présente l'animation d'un astéroïde dans la cinquième image résultante (voir sur <http://www.astrometrica.at/> ou faites une recherche Google avec «astrometrica blink image» pour voir d'autres animations obtenues avec le logiciel.



▼ **Autre capture d'écran** d'Astrometrica, qui affiche le résultat de la fonction *Moving Object Detection* (détection d'objet mobile).

Programmation et autres arcanes

Chemin faisant, je me suis rendu compte que j'ai peu d'intérêt pour la programmation (les calculs de position des corps célestes, la mathématique nécessaire à la mesure de la luminosité, la calibration ou la rotation d'un champ lors de l'alignement polaire ou encore, l'analyse de la réduction d'une image); je suis quand même sensible à la beauté des démonstrations et à l'ingéniosité des esthètes.

Je laisse l'approfondissement du langage universel et de la géométrie céleste à DrillaudWeb.astro et autres^[6].

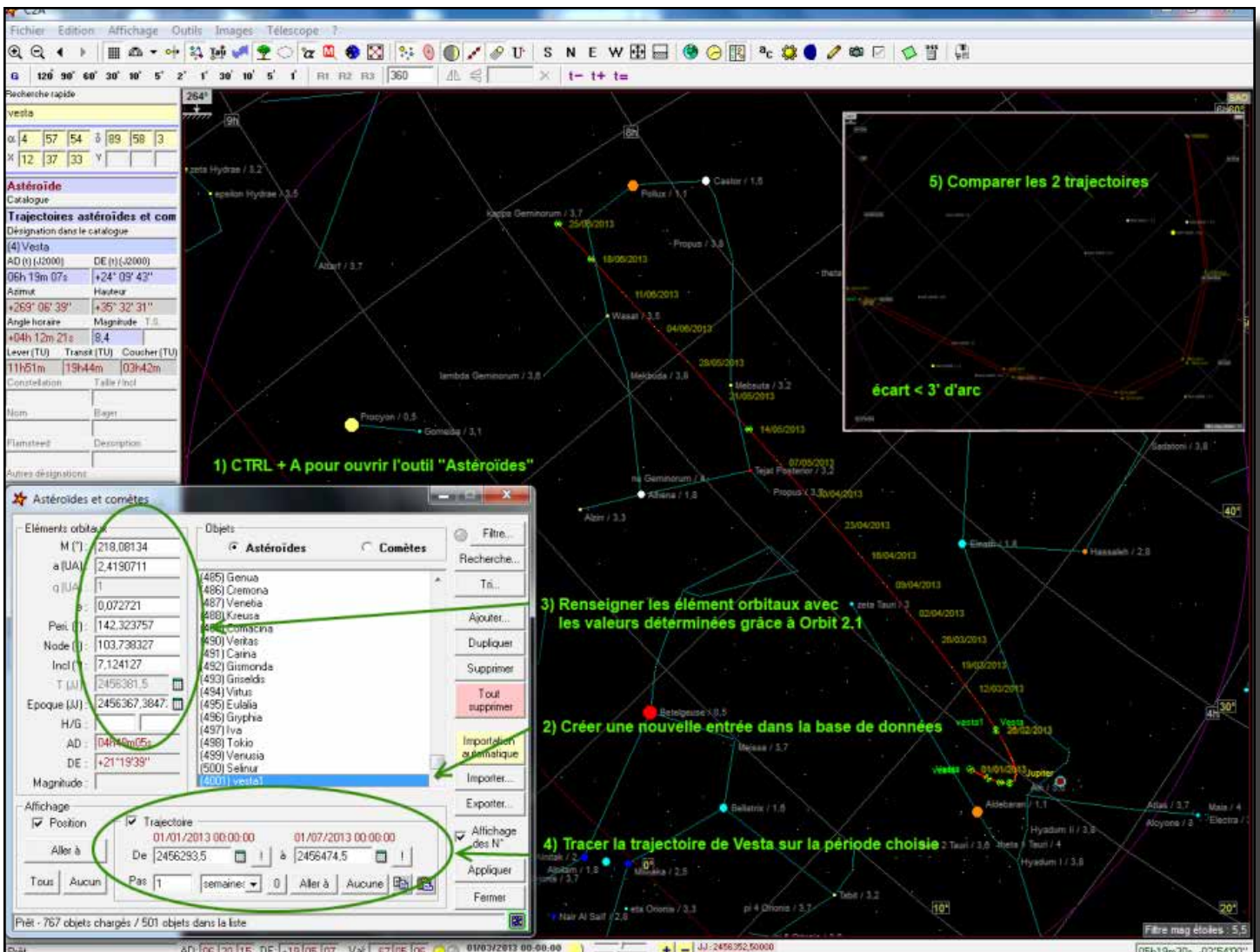
[6] <https://drillaudweb.wordpress.com/2014/01/25/faire-de-lastronomie-comme-les-grands/>

Conclusion

Dans ce domaine, il y a de l'information et des ressources pour tous les goûts. Les amateurs les plus ambitieux iront chercher de l'expertise, comme aux Ateliers-conférences d'astro-imagerie du Québec (ACAIQ), organisés par Denis Bergeron et son équipe.

Notons que la puissance et la transparence des logiciels que les amateurs utilisent aujourd'hui (par exemple via le site AstroBin) reposent sur un savoir que des précurseurs ont élaboré et expérimenté avec patience et sueurs, sans compter les concepts

[com/2014/01/25/faire-de-lastronomie-comme-les-grands/](https://drillaudweb.wordpress.com/2014/01/25/faire-de-lastronomie-comme-les-grands/)



astronomiques et mathématiques préalables, remontant l'histoire jusqu'à Hipparque. Quel héritage nous avons ! ★

Références

Catalogues

Les logiciels d'astrométrie et de photométrie utilisent des atlas et des catalogues d'étoiles et autres corps célestes : GSC, USNO, UCAC, MPC, MPCORB (dédié aux petites planètes du système solaire), etc.

Livres

THOMPSON, Robert Bruce et Barbara FRITCHMAN THOMPSON. *Astronomy Hacks: Tips and Tools for Observing the Night Sky*. Sebastopol (Californie): O'Reilly Media, 2005, 412 p.

MATALÉNE, Abbé P. *L'Anti-Copernic : Astrométrie nouvelle, suivie de plusieurs problèmes*. Paris: Mansut Fils, 1842, 126 p.

DUCHEMIN, Yann. *Éléments d'astrométrie moderne*. (Web), 2010, 58 p. · <http://yann.duchemin.free.fr/astro/studies/astrometrie.htm>

Tutoriels

Utilisation des catalogues : <http://www.sergepetiot.com/wp-content/gallery/various/Tutoriel.pdf>

Il y en a de nombreux pour Astrometrica et AstroTortilla :

- <http://www.astromb.eu/astrotortilla/>
- <http://www.youtube.com/watch?v=2vwKkSi196o>
- <http://lco.gn.net/education/article/how-set-astrometrica>
- <http://www.youtube.com/watch?v=Te3F4mpX15w>
- <http://www.astrometrica.at/Papers/Astrometrica-Settings.pdf>
- <http://britastro.org/asteroids/Astrometrica%20and%20Guide%20hints%20and%20tips.htm>
- <http://lightvortexastronomy.blogspot.ca/2013/08/tutorial-imaging-setting-up-and-using.html>

Les sites suivants m'ont beaucoup aidé à solutionner les principales difficultés d'installation d'Astrometrica :

- <http://stargazerslounge.com/topic/165877-astrometrica-tearing-my-hair-out/>
- <http://wise.ssl.berkeley.edu/documents/IASC%20FAQ.pdf>

Vous aurez probablement besoin de logiciels supplémentaires, comme Astfinder, Guide 9, ou autres semblables, ainsi que d'Ivan Image Converter 4.0 ou d'un logiciel similaire :

- <http://asteroid.lowell.edu/cgi-bin/astfinder>
- <http://www.projectpluto.com/>
- <http://www.ivanview.com/ivan-image-converter.html>

- http://www.astro.shoregalaxy.com/dslr_calc.htm

BYEOS : <http://www.otelescope.com/index.php?page/index.html>

Autres liens de références

Histoire de l'astrométrie et de la photométrie : http://www.lemonde.fr/sciences/article/2013/12/16/l-astrometrie-le-socle-sur-lequel-se-construit-l-astrophysique_4335250_1650684.html

<http://fr.wikipedia.org/wiki/Astrom%C3%A9trie>

http://fr.wikipedia.org/wiki/Photom%C3%A9trie_%28astronomie%29

Théorie

http://media4.obspm.fr/public/AMC/pages_tpm-measure-position/impression.html

<http://cas.sdss.org/dr7/en/proj/user/asteroids/>

<http://www.itelescope.net/astro-science/2012/12/4/discovering-asteroids-part-6-astrometry-using-unstacked-imag.html>

<http://www.astrosurf.com/noctambule/asteroide/astrometrie-methode.pdf>

Plate solving en ligne

<http://nova.astrometry.net/upload>

<https://www.flickr.com/photos/skywatcher150/7063720633/>

<http://www.blackwaterskies.co.uk/2013/06/imaging-toolbox-instructions.html>

Images de calibration

<http://astro.dialou.fr/techniques/astrophotographie/capture-des-images-de-calibration/>

Logiciels

<http://www.xparallax.com/>

<http://larryo.org/astrometry/software/unimap/>

<http://www.youtube.com/watch?v=gVH0emkTREI>

http://www.msb-astroart.com/default_fr.htm

http://fr.wikipedia.org/wiki/Image_Reduction_and_Analysis_Facility

<http://www.stark-labs.com/phdguiding.html>

<http://skyview.gsfc.nasa.gov/skymorph/skymorph.html>

<http://www.projectpluto.com/charonf.htm>

ASCOD et Eq-mod

<http://eq-mod.sourceforge.net/testimages/>

<http://ascom-standards.org/>

Je CRAQ pour toi...

La chasse aux exoplanètes éjectées

*La recherche et l'étude de planètes à l'extérieur du système solaire
est un domaine de l'astrophysique en pleine révolution...*

...avec Jonathan Gagné



...on compte de plus en plus d'équipes scientifiques et de missions d'observation qui s'y consacrent entièrement, ce qui a permis d'identifier plus de 1800 exoplanètes au cours des dernières années^[1].

Des simulations informatiques visant à reproduire la formation de systèmes planétaires indiquent que plusieurs exoplanètes pourraient avoir été éjectées de leur système stellaire peu après leur formation. Celles-ci pourraient alors se retrouver sur des orbites extrêmement éloignées de leur étoile, ou même s'en libérer complètement et se retrouver errantes dans l'espace interstellaire.

Les plus faciles à identifier parmi ces exoplanètes errantes seront les plus chaudes et les plus volumineuses. Celles-ci correspondront donc à des géantes gazeuses, semblables à Jupiter mais encore plus massives. Il y a cependant une difficulté majeure à laquelle les chasseurs d'exoplanètes errantes doivent faire face : une géante gazeuse possédant une masse de plus de 13 fois celle de Jupiter ($13 M_{\text{Jup}}$) effectue du brulage de deutérium dans son jeune âge, ce qui par définition fait d'elle une naine brune plutôt qu'une exoplanète.

Lorsqu'une candidate pour le titre d'exoplanète errante est identifiée, il est donc nécessaire de contraindre sa masse afin de déterminer si celle-ci est réellement une exoplanète éjectée ou bien une naine brune. Mesurer directement la masse d'une planète ou d'une naine brune requiert qu'elle soit binaire ou en orbite autour d'une étoile. Nous devons donc nous replier vers une estimation plus indirecte de



 **Ci-dessus :** Image infrarouge de la potentielle exoplanète errante 2M1207-3900 découverte par notre équipe^[6]. Sa couleur est rouge étant donné qu'elle est beaucoup plus froide que les étoiles visibles dans l'image.

la masse; cette estimation repose sur une comparaison de l'âge et de la température de la possible planète éjectée avec des modèles informatiques qui décrivent l'évolution de tels objets en se fiant aux lois de la physique.

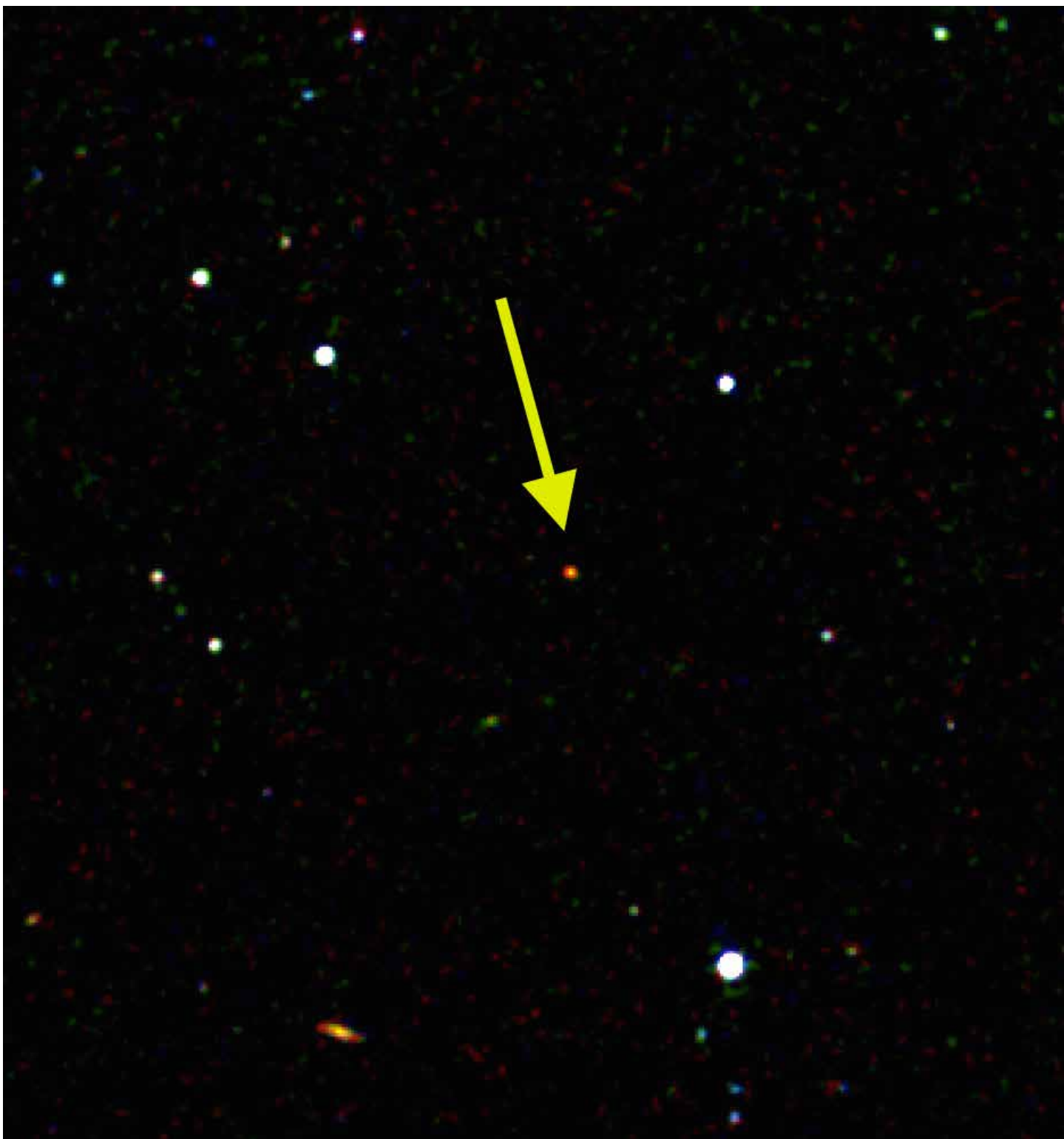
La température est une quantité relativement facile à mesurer pour une étoile, une naine brune ou une planète : il suffit de mesurer la luminosité de l'objet à plusieurs longueurs d'onde différentes; on peut ensuite en déduire une mesure de température en utilisant les lois de la physique. Cependant, estimer l'âge d'un objet isolé dans l'espace est extrêmement difficile...

Pour contourner ce problème, il faut donc identifier des objets qui sont membres d'une association stellaire. Une association stellaire consiste en une population d'étoiles qui sont nées au même moment au sein d'un même nuage moléculaire;



Cette chronique est présentée en collaboration avec le Centre de Recherche en Astrophysique du Québec (CRAQ; <http://craq-astro.ca>). À chaque édition d'*Astronomie-Québec*, un membre du CRAQ présentera son projet de thèse de doctorat. Remerciements à M. Luc Turbide.

[1] Encyclopédie des planètes extrasolaires · <http://www.exoplanet.eu>



Δ Ci-dessus : Image infrarouge de la potentielle exoplanète errante SIMP J2154-10 découverte par notre équipe^[7]. Sa couleur est rouge étant donné qu'elle est beaucoup plus froide que les étoiles visibles dans l'image.

Jonathan Gagné est étudiant au doctorat en astrophysique avec les professeurs René Doyon et David Lafrenière au Centre de Recherche en Astrophysique du Québec (CRAQ) / Université de Montréal.

dans ce cas précis, nous disposons d'un grand ensemble d'étoiles qui ont le même âge, et nous pouvons utiliser des méthodes statistiques pour mesurer précisément l'âge de l'association. C'est donc au sein de ces associations stellaires qu'il sera le plus aisé d'identifier des planètes flottantes, car connaissant leur âge,

nous serons en mesure d'estimer leur masse et de s'assurer qu'elles sont vraiment des planètes plutôt que des naines brunes.

Nous en savons encore très peu sur ces exoplanètes éjectées. Un vingtaine de candidates ont été identifiées dans la région de

formation d'étoiles nommée σ Ori en 2000^[2]. Malheureusement, celles-ci sont extrêmement difficiles à étudier, étant donné que l'association σ Ori est située à plus de 1000 années-lumière de la Terre. De plus, ces potentielles exoplanètes sont encore enfouies dans une grande quantité de poussière interstellaire qui a servi de matière première pour les former, étant donné qu'elles sont encore très jeunes (l'association σ Ori a seulement trois millions d'années). Cette poussière masque et déforme la lumière provenant de ces potentielles exoplanètes éjectées, ce qui rend leur étude encore plus problématique.

Plusieurs percées significatives ont été faites il y a seulement quelques années qui nous permettront de mieux les comprendre. Une collaboration entre l'Institut de recherche sur les exoplanètes (iREX)^[3] de Montréal et l'Institut de planétologie de Grenoble (IPAG) a permis d'identifier une potentielle exoplanète éjectée à une distance estimée de seulement 130 années-lumière^[4]. Cette candidate, répondant au nom de CFBDSIR 2149-0403, a une forte probabilité d'appartenir à l'association stellaire AB Doradus, ce qui nous a permis de déterminer sa nature planétaire. Cependant, il nous faudra obtenir deux mesures supplémentaires pour confirmer hors de tout doute son appartenance à AB Doradus, et ainsi sa nature planétaire : sa distance doit être précisément mesurée, ainsi que sa vitesse le



 **Ci-dessus :** Vue d'artiste de la planète errante PSO J318.5-22. Source : MPIA/V. Ch. Quetz.

long de notre ligne de visée. Ces deux mesures sont très coûteuses à effectuer, car elles demandent beaucoup d'observations sur de grands télescopes; nous travaillons présentement sur l'obtention de ces mesures !

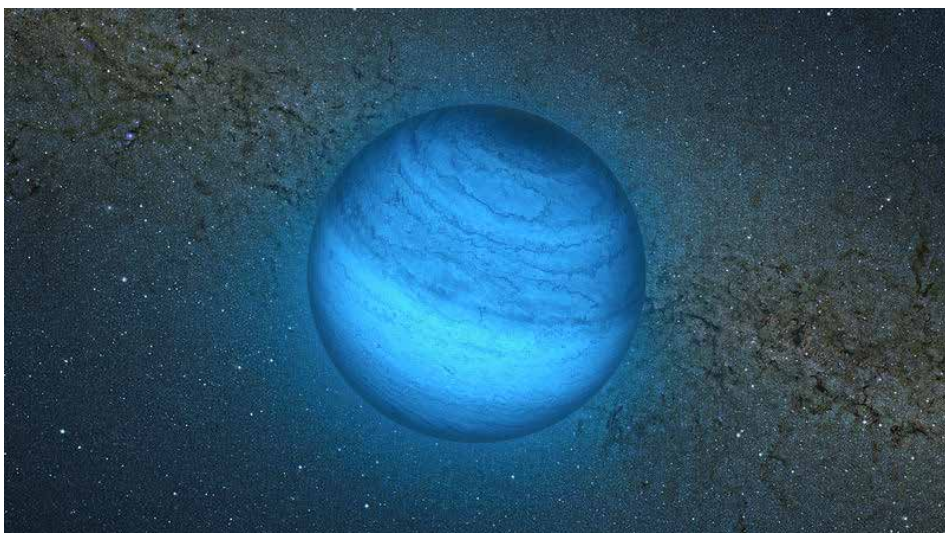
La première (et la seule !) exoplanète errante dans notre voisinage pour laquelle la masse est définitivement en-deçà de $13 M_{\text{Jup}}$ a été identifiée en 2013 par une équipe américaine de l'Institute for Astronomy à Hawaï (IfA)^[5]. Cette géante gazeuse errant dans l'espace interstellaire porte le nom de PSO J318.5-22 et est située à seulement 80 années-lumière de la Terre. Les chercheurs de l'IfA ont obtenu toutes les mesures nécessaires pour confirmer que PSO J318.5-22 est un membre solide de l'association d'étoiles Beta Pictoris, ce qui leur a donc permis de confirmer que sa masse se trouve dans le régime planétaire.

[2] Zapatero Osorio, M.R., et autres. « Discovery of Young, Isolated Planetary Mass Objects in the σ Orionis Star Cluster ». *Science* Vol. 290, No. 5489 (6 octobre 2000), p. 103-107.

[3] <http://exoplanetes.umontreal.ca>

[4] Delorme, P., et autres. « CFBDSIR2149-0403: a 4-7 Jupiter-mass free-floating planet in the young moving group AB Doradus? ». *Astronomy & Astrophysics* Vol. 548 (2012): A26; 14 pages.

[5] Liu, M. C., et autres. « The Extremely Red, Young L Dwarf PSO J318.5338-22.8603: A Free-floating Planetary-mass Analog to Directly Imaged Young Gas-giant Planets ». *The Astrophysical Journal Letters* Vol. 777, No. 2 (2013): L20; 7 pages.



Δ **Ci-dessus :** Vue d'artiste de la potentielle planète errante CFBDSIR 2149-0403, vue en lumière proche-infrarouge. Source : ESO/L. Calçada/P. Delorme/R. Saito/VVV Consortium.

L'un des principaux objectifs de ma thèse de doctorat consiste à identifier des nouvelles candidates au titre de planètes errantes dans le voisinage solaire (moins de 200 années-lumière), semblables à PSO J318.5-22 et CFBDSIR 2149-0403. Pour ce faire, j'utilise les données publiques du télescope spatial WISE ayant récolté des images de tout le ciel en infra-rouge. J'utilise alors un algorithme statistique développé par notre équipe pour récolter et analyser toutes les informations disponibles dans la littérature pour chacune des sources lumineuses (étoiles, naines brunes ou exoplanètes !). Cet algorithme nous fournit alors une liste de nouveaux membres potentiels pour chaque association stellaire connue dans notre voisinage, comme par exemple AB Doradus ou Beta Pictoris. Cette analyse m'a permis d'identifier plus de 300 candidates membres à ces associations stellaires, dont plusieurs dizaines qui seraient potentiellement assez peu massives pour être des exoplanètes éjectées.

J'ai ensuite obtenu un spectre de lumière pour chacune de ces nouvelles candidates, en utilisant plusieurs télescopes à travers le monde (IRTF et Gemini-Nord à Hawaii, Magellan et Gemini-Sud au

Chili) pour m'assurer qu'elles aient une température et une composition consistante avec l'atmosphère de naines brunes ou d'exoplanètes gazeuses. Ce projet nous a déjà permis d'annoncer deux nouvelles potentielles exoplanètes éjectées dans le voisinage solaire^{[6][7]}, mais restez à l'écoute, car plusieurs autres seront bientôt annoncées !

Parallèlement à ces découvertes, mon projet nous fournira un grand nombre de nouvelles étoiles et naines brunes qui sont membres des associations stellaires de notre voisinage. Cela nous permettra de mieux comprendre les associations en question, en contraignant mieux leurs propriétés dynamiques. On pourra par exemple comparer la vitesse de leurs membres avec leur masse, ou le nombre de membres en fonction de la masse : cette information fournira des contraintes d'observation sur les processus physiques qui sont en jeu lors de la formation des naines brunes et des exoplanètes, lesquels sont encore mal connus.

La suite de mon projet consistera à étudier ces candidates plus en détails en collaboration avec le Carnegie Institute situé à Washington, D.C. Nous obtiendrons une mesure de la distance et de la vitesse à laquelle ces candidates se déplacent dans la Galaxie. Ces mesures nous permettront à leur tour d'obtenir un estimé très robuste de leur âge et de leur masse, afin de confirmer leur nature planétaire hors de tout doute. ★

[6] Gagné, J., et autres. «The Coolest Isolated Brown Dwarf Candidate Member of TWA». *The Astrophysical Journal Letters* Vol. 785, No. 1 (2014): L14.

[7] Gagné, J., et autres. «SIMP J2154-1055: A New Low-gravity L4β Brown Dwarf Candidate Member of the Argus Association». *The Astrophysical Journal Letters* Vol. 792, No. 1 (2014): L17.



2015

photonightscapeawards.com

Reveal the Colors of the Night

2014 © J.M. Leclercq/Ciel et Espace Photos
* Révélez les couleurs de la nuit.



Voir double...

Iota Cancri

...avec Luc Descoteaux



Iota Cancri, une des plus jolies étoiles doubles du firmament (rivalisant même avec la célèbre Albiréo), se trouve facilement : regardez 13° à l'est de Pollux (β Gem), et le tour est joué !

Bien séparée, elle révélera sa nature double dans le champ d'une paire de jumelles, mais c'est par le télescope qu'elle nous charmera, en imposant ses couleurs parmi les autres étoiles blanches ordinaires. Iota Cancri s'affiche parmi d'autres vedettes du ciel: Messier 44, l'amas ouvert de la « Ruche », est très brillant et tout près, au sud; M67, plus bas, est un amas ouvert très ancien; NGC 2392, la nébuleuse de l'Esquimaux, clignote lorsqu'on la balaye du regard; Castor (α Gem) est une étoile multiple, dont les composantes A et B sont très brillantes et rapprochées; M1, la nébuleuse du Crabe, est ce qui reste de l'explosion supernova observée en 1054, et qui fut visible en plein jour pendant des mois.

Bonnes observations !



Ressources

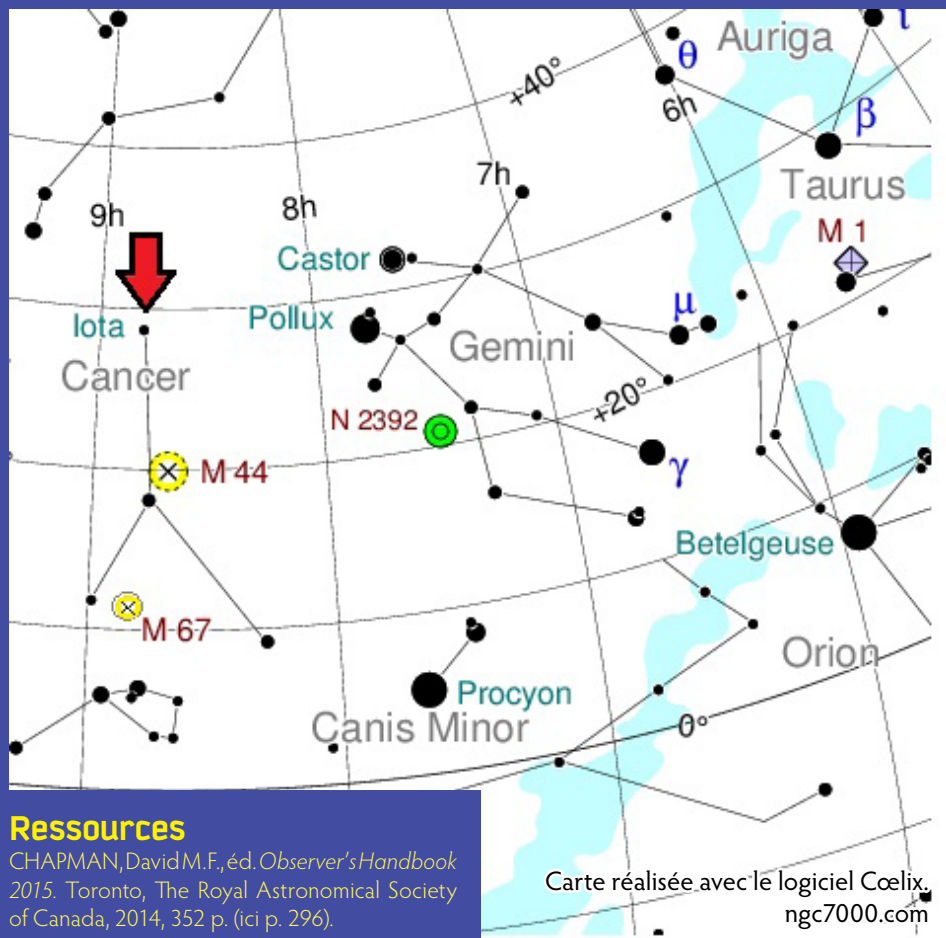
CHAPMAN, David M.F., éd. *Observer's Handbook* 2015. Toronto, The Royal Astronomical Society of Canada, 2014, 352 p. (ici p. 296).

HAAS, Sissy. *Double Stars for Small Telescopes*. Cambridge, Sky Publishing, 2007, 184 p. (ici p. 34).

SINNOTT, Roger W. *Pocket Sky Atlas*. Cambridge, Sky Publishing, 2006, 100 p. (ici p. 24).

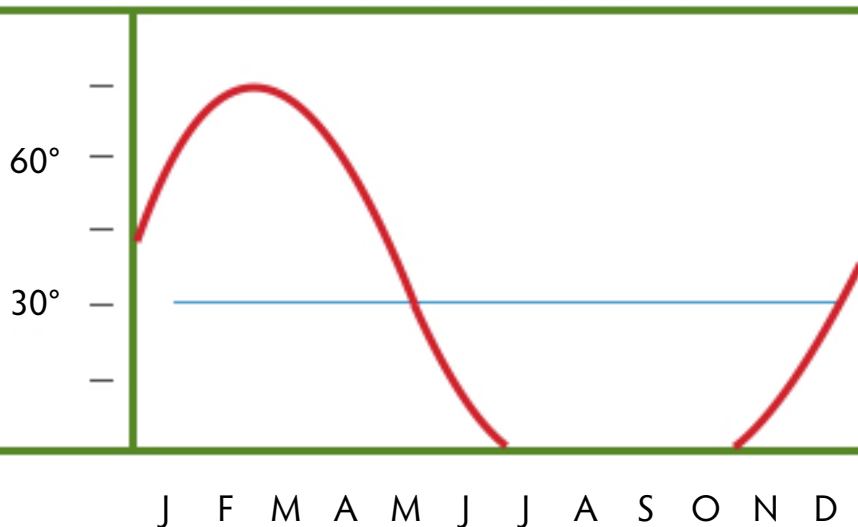
Southern Stars. *Sky Safari Pro* (logiciel).

Skyhound. *SkyTools 3* (logiciel).



Carte réalisée avec le logiciel Coelix, ngc7000.com

Altitude à 22 h 00, à Montréal



Nomenclature :

Iota Cancri · ι Cnc · 48 Cnc ·
ADS 6988 · SAO 80415

Ascension droite :

08 h 47 min

Déclinaison :

+28° 46'

Heures de transit :

22 h 09 min (le 15 mars)

21 h 06 min (le 31 mars)

20 h 07 min (le 15 avril)

L'heure du transit avance
d'environ 4 min par jour (235,9 s).

Altitude au transit :

73° (Montréal)

Magnitudes :

A : 4,0 · B : 6,6

Séparation / Angle* :

31" / 307°

* Mesuré depuis la primaire, du nord vers l'est,
jusqu'à la secondaire

Couleurs :

A : Jaune / B : Bleue

Beauté :

!!

La vie sur Mars : le cercle se rétrécit

La confirmation (ou non) reste à venir, mais nous pouvons aujourd'hui espérer trouver ce qui reste des premières formes de vie extraterrestre découvertes dans notre système solaire. Peut-être qu'ils n'étaient pas verts, comme la tradition le voudrait, et bien sûr qu'ils ne pilotaient pas de vaisseaux spatiaux, mais s'ils existaient vraiment, les Martiens ont prospéré pendant des millions d'années, jusqu'à ce que leur planète s'assèche, les conduisant à l'extinction.

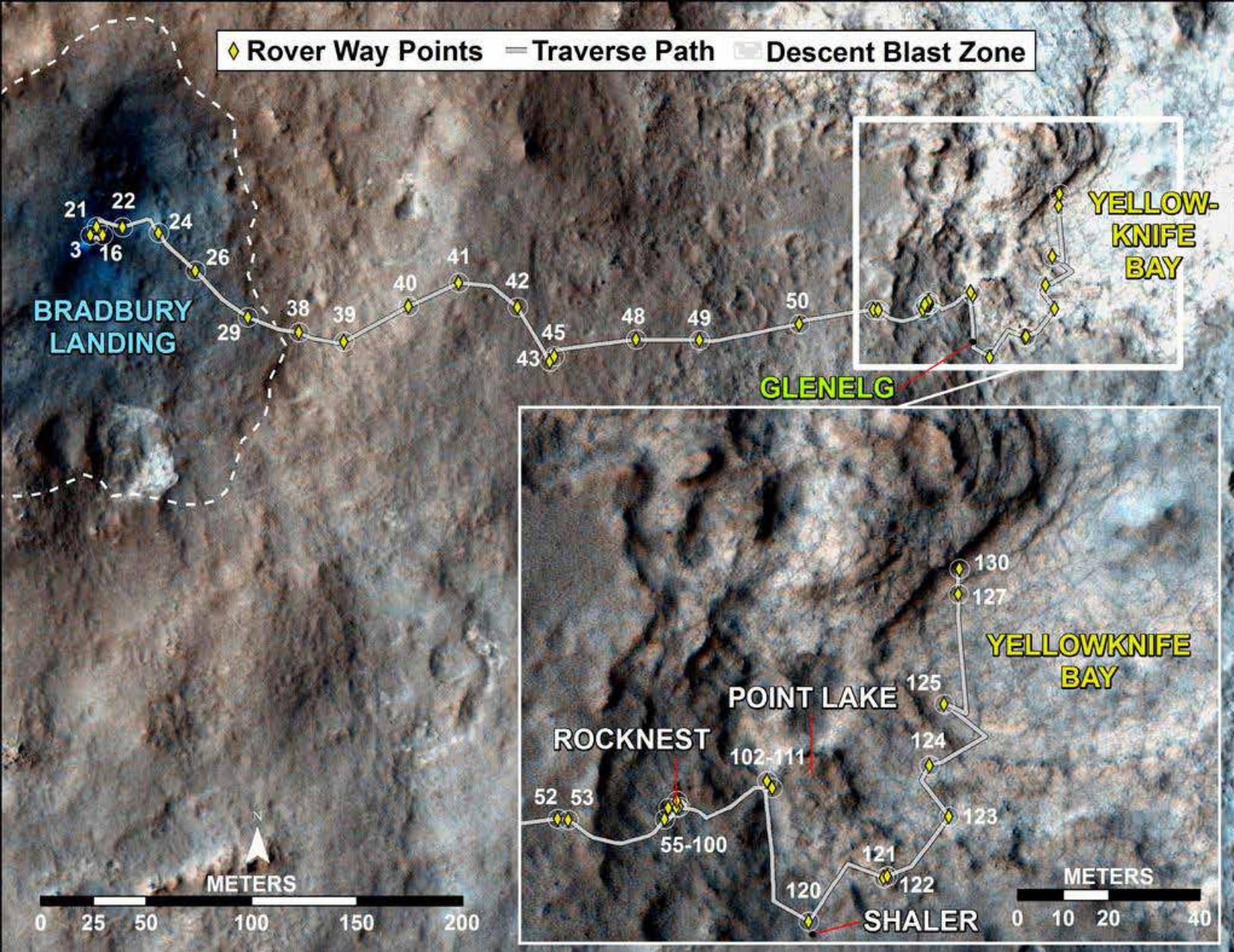


par Michele Ferrara
(Collaboration spéciale)

Ce pourrait être la plus grande découverte de l'histoire de l'humanité : « Découverte sur Mars de structures apparemment compatibles avec les restes fossile de colonies microbiennes ». Cette nouvelle sensationnelle a commencé à se répandre en décembre 2014 et, en quelques semaines, elle a été reprise par de nombreuses sources d'information, attirant l'attention de la communauté scientifique et du grand public. Tout a commencé en août 2012, avec l'atterrissage de l'astromobile Curiosity à l'intérieur

du cratère Gale. En décembre 2012, le laboratoire automateur sophistiqué a atteint la région de Yellowknife Bay, définitivement remplie d'eau liquide il y a des milliards d'années. Selon les scientifiques de la NASA impliqués dans la planification et la mise en œuvre de la mission, cet endroit présente des caractéristiques particulièrement prometteuses pour atteindre le principal objectif assigné à Curiosity, à savoir de vérifier l'habitabilité potentielle de Mars dans un passé lointain.

Image de fond : Le rocher « Whale », dans la région des collines Pahrump, est un exemple clair de la façon dont l'eau martienne a façonné et érodé la surface de la planète rouge dans son premier milliard d'années. Ce type de sédimentation peut avoir été un habitat favorable à l'existence de grandes colonies bactériennes. [NASA / JPL-Caltech / MSSS]



Δ Ci-dessus : La trajectoire de Curiosity à partir de Bradbury Landing, son point d'atterrissage, jusqu'à la baie de Yellowknife où, en aval de Glenelg, il photographié ce qui pourrait être des traces de fossiles de colonies bactériennes. Les chiffres indiqués long du chemin indiquent les jours martiens (sols) écoulés depuis l'arrivée de l'astromobile. [NASA / JPL-Caltech / Université de l'Arizona]

À cette fin, l'astromobile a été équipé d'une série d'instruments scientifiques permettant de reconnaître, dans l'atmosphère et le sol de la planète, tous les éléments chimiques qui sont notoirement liés à la vie, soit parce qu'ils constituent ses blocs de construction, ou parce que dans certaines situations ils représentent le sous-produit d'activités biologiques. Particulièrement pertinentes à ce sujet sont les découvertes récentes de certains composés organiques importants (molécules à base de carbone), parmi lesquels le méthane (CH_4), présent dans l'atmosphère et indicatif de possibles formes de métabolisme.

Jusqu'à présent, cependant, on n'a découvert que quelques indices intéressants, mais rien n'ayant à voir de près avec la présence hypothétique de formes de vie martienne présente ou passée, étant donné que les composés organiques peuvent aussi être produits par des processus abiotiques.

Curiosity se promène dans la région de Yellowknife Bay depuis presque un an, où il a étudié certaines structures stratifiées collectivement appelées « formation de la baie de Yellowknife », composée de trois affleurements de roches, situés à différents niveaux : Glenelg Member



(1,7 m d'épaisseur), le lac Gillespie Member (2,0 m d'épaisseur), et Sheepbed Member (1,5 m d'épaisseur). De ces structures, l'astromobile a évidemment capturé de nombreuses images, mais sans que celles-ci ne révèlent rien d'extraordinaire à l'équipe de la NASA en charge de leur analyse. Étant partiellement disponibles au grand public, des scientifiques externes à la NASA ont aussi pu examiner les différentes conformations superficielles visibles sur ces images.

Parmi ces scientifiques, on trouve Nora Noffke, une géobiologiste très distinguée et expérimentée, membre du Département des sciences océaniques, terrestres, et atmosphériques de l'Université Old Dominion de Norfolk, en Virginie.

Nora Noffke a passé les 20 dernières années à étudier, à différents sites

de la Terre, un type particulier de conformations naturelles, des structures sédimentaires induites par les microbes (ou SSIM). Ce sont des structures qui naissent en eaux peu profondes par l'interaction entre

Δ Δ Ci-dessus et ci-dessous : Un aperçu de la formation de grès du lac Gillespie (dans la baie de Yellowknife), avec le Sheepbed adjacent, d'une composition plus argileuse, où Curiosity a foré le sol. Le lac Point aide à s'orienter par rapport à la carte de la page précédente. Sur le côté, la formation rocheuse «Shaler», un autre exemple clair de la stratification du sol due à la sédimentation du sable et de la poussière par l'eau, qui a été suivie d'une période d'érosion. [NASA / JPL-Caltech / MSSS]





Les trois structures rocheuses qui composent la formation de la baie de Yellowknife : Sheepbed est la partie la moins élevée et la plus érodée du lit du lac peu profond présente dans cette région il y a des milliards d'années; Gillespie (grossièrement encerclé en rouge) est légèrement plus élevé et plus intact, et peut être considéré comme une partie du lit original du lac qui occupait le cratère Gale; Glenelg, quant à lui, est plus rugueux et a une surface un peu plus élevée. [NASA / JPL-Caltech / MSSS]

les colonies de microorganismes (de quelques centimètres à plusieurs kilomètres, disposées sur plusieurs couches de quelques centimètres d'épaisseur et appelés « tapis microbiens ») et les dépôts de grès, sur lesquels les microorganismes (principalement des cyanobactéries et des protozoaires) agissent en modifiant la structure sédimentaire normale du substrat sur lequel ils prospèrent.

Lorsque ces colonies de microorganismes meurent à cause du changement des conditions environnementales, les sédiments sur lesquels ils vivaient peuvent, dans

des conditions idéales, conserver des preuves fossiles de leur activité biologique passée.

L'environnement idéal dans lequel les SSIM se forment couramment sont les zones côtières des mers et des lacs (où l'eau est suffisamment basse pour permettre le processus de la photosynthèse), mais aussi des régions soumises à des inondations cycliques, tels que celles à proximité des grands fleuves. Ce genre de colonies bactériennes prospèrent tant que de l'eau et de l'énergie sont disponibles et, au fil de leur développement, elles accumulent de nouvelles couches vitales (un peu



comme un récif de corail) qui se superposent à celles des générations précédentes jusqu'à atteindre une épaisseur de quelques centimètres. Lorsque l'eau vient à manquer, la croissance des tapis microbiens cesse et les microorganismes meurent, laissant des traces fossiles dans le SSIM, grâce aussi au fait qu'elles sont intégrées dans les matériaux sédimentaires, qui se pétrifient éventuellement.

Noffke a étudié de nombreux cas de SSIM qui sont encore actifs, identifiant 17 groupes principaux, et a trouvé des structures similaires dans des sédiments fossiles de plus en plus âgés,

allant aussi loin qu'il y a 3,48 milliards d'années, à l'ère paléoarchéenne, à laquelle appartiennent les SSIM de la formation Dresser de la région de Pilbara, en Australie occidentale, découverts en 2008 par Noffke (avec Robert M. Hazen, de la Carnegie Institution, à Washington, D.C.) et actuellement considérés comme la preuve la plus ancienne de vie sur Terre.

Bien sûr, plus les SSIM sont âgés, plus il est difficile de reconnaître les traces laissées par l'activité biologique à laquelle elles ont été soumises, étant donné que des processus d'érosion de toutes sortes (principalement



possible de distinguer entre les SSIM liées à des environnements marins plutôt que lacustres ou fluviaux, et que cela soit également valable pour les plus anciens restes fossiles qui, bien que modifiés par des agents de nature diverse, conservent encore des détails bien reconnaissables, qu'il est très peu probable de reproduire par des processus dans lesquels ce genre de symbiose entre la sédimentation et l'activité microbologique ne se produit pas.

Tout ceci nous ramène aux images produites par Curiosity et qui dépeignent le lac de Gillespie Member, parce que quand Noffke les a examinées, elle a reconnu la présence de vestiges érodés de SSIM de type lacustre : exactement ce que l'on rêvait de trouver dans cet environnement, autrefois situé dans les eaux peu profondes d'un lac. À l'appui de son argument, Nora Noffke indique l'étroite ressemblance des structures très précises de la possible SSIM martienne (mesurant de quelques centimètres à quelques mètres) avec ceux de certaines SSIM terrestres, consistant principalement en exfoliations et des déformations de couches minces de matériau biosédimentaire, des cavités plus ou moins larges et profondes (techniquement, des poches et des puits), des fractures de dessiccation (fissures), et des bulles de gaz pétrifiés (dômes de gaz). Mais si la similitude s'arrêtait là, l'hypothèse de Noffke ne convaincrerait probablement pas. En fait, il y a plus : les SSIM terrestres varient au fil du temps selon des modalités très spécifiques comme les couches de biosédiments se forment progressivement, grandissent, tarissent, se fissurent — et le cycle se répète comme elles se reforment, en conformité avec les conditions environnementales.



Ci-dessus et ci-dessous : Aperçus du supergroupe Pongola (en Afrique du Sud), une formation rocheuse vieille de 2,9 milliards d'années. Les ondulations pétrifiées vues à la surface ont été causées par l'interférence entre les colonies de cyanobactéries et l'eau en mouvement. Des processus similaires peuvent aussi avoir eu lieu sur Mars. [Nora Noffke]

causés par l'eau) interviennent pour changer leur apparence. Cela n'a toutefois pas empêché les chercheurs de découvrir que les différents types de SSIM et leurs caractéristiques spécifiques sont invariablement liés aux particularités des environnements dans lesquels ils se forment et évoluent. Cela implique que, déjà à partir d'une enquête initiale (du type morphologique par exemple), il soit





Par ailleurs, Nora Noffke a aussi constaté que, en plus de leurs similitudes du point de vue morphologique macroscopique, les structures des SSIM martiennes potentielles montrent un modèle de distribution non aléatoire, correspondant à celui observable dans les SSIM terrestres qui montrent des changements spécifiques au fil du temps. Voici donc ce qui semble être des structures organisées dans des associations spatiales et dans les successions temporelles, qui se trouvent sur la surface martienne exactement où elles devraient être, avec une série de caractéristiques qui reproduisent celles des formations terrestres similaires, ce qui pointe vraisemblablement vers une origine biologique. Si tel n'était pas le cas, il faudrait présumer une séquence de curieuses coïncidences, puisque la seule alternative serait d'avoir

des processus d'érosion aquatique modélisant une section d'un affleurement de roche sédimentaire, pour former au hasard beaucoup de caractéristiques des SSIM fossiles terrestres.

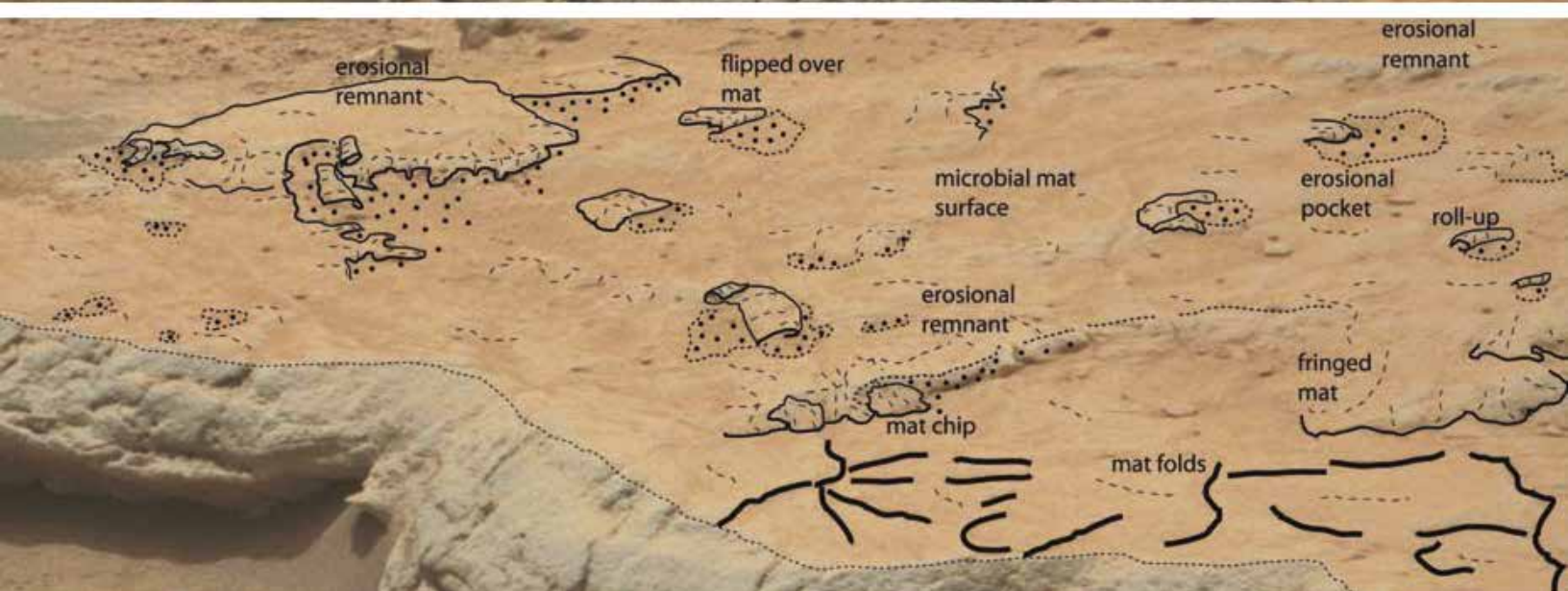
L'équipe de la NASA en charge des activités de Curiosity soutient ouvertement cette dernière hypothèse, une position qui rejette efficacement tous les arguments avancés par Noffke dans un article détaillé publié en ligne dans la revue *Astrobiology* de décembre 2014 (et sous forme imprimée en janvier 2015).

L'auteure elle-même est cependant très prudente sur son interprétation de ces structures martiennes spécifiques et est la première à admettre que d'autres études seront nécessaires afin de prouver (ou de

Δ Ci-dessus : Ceci est la partie de la surface martienne sur laquelle Nora Noffke croit avoir identifié des traces fossiles laissées par des microorganismes qui vivaient sur la planète rouge il y a environ 3,5 milliards d'années. Plus de détails à la page suivante. [NASA / JPL-Caltech / MSSS]



Δ Ci-dessus : Dans cette vidéo (cliquer sur l'image pour visionner sur vimeo), Nora Noffke, chercheuse à l'Université Old Dominion de Norfolk (Virginie), présente son travail, principalement destiné à l'étude des tapis microbiens et des SSIM, et mentionne la possibilité que ces formations puissent exister aussi sur Mars. [ODU / Nora Noffke]



Δ Ci-dessus : Représentation détaillée des structures fossiles reconnues par Noffke à la surface de Mars. Ce sont principalement des érosions et des amoncellements de la matière biologique originelle, qui auraient été fossilisés après l'assèchement de la planète. [NASA / JPL-Caltech / MSSS, Nora Noffke]

▽ Ci-dessous : Une comparaison entre les conformations trouvées sur Mars et des tapis microbiens qui se développent au Bahar Alouane, en Tunisie. [NASA / JPL-Caltech / MSSS, Nora Noffke]

réfuter) leur origine biologique :
 « Tout ce que je peux dire est : voici mon hypothèse et voici tous les indices que j'ai, bien que je pense que ces indices soient beaucoup. »
 « Dans une image, j'ai vu quelque chose qui avait l'air très familier. Alors j'ai regardé de plus près, ce

qui signifie que j'ai passé plusieurs semaines à étudier certaines images centimètre par centimètre, à dessiner des croquis, et à les comparer aux données obtenues de structures terrestres. Et j'ai travaillé sur celles-ci pendant 20 ans, alors je savais quoi chercher. » « Mais si les structures

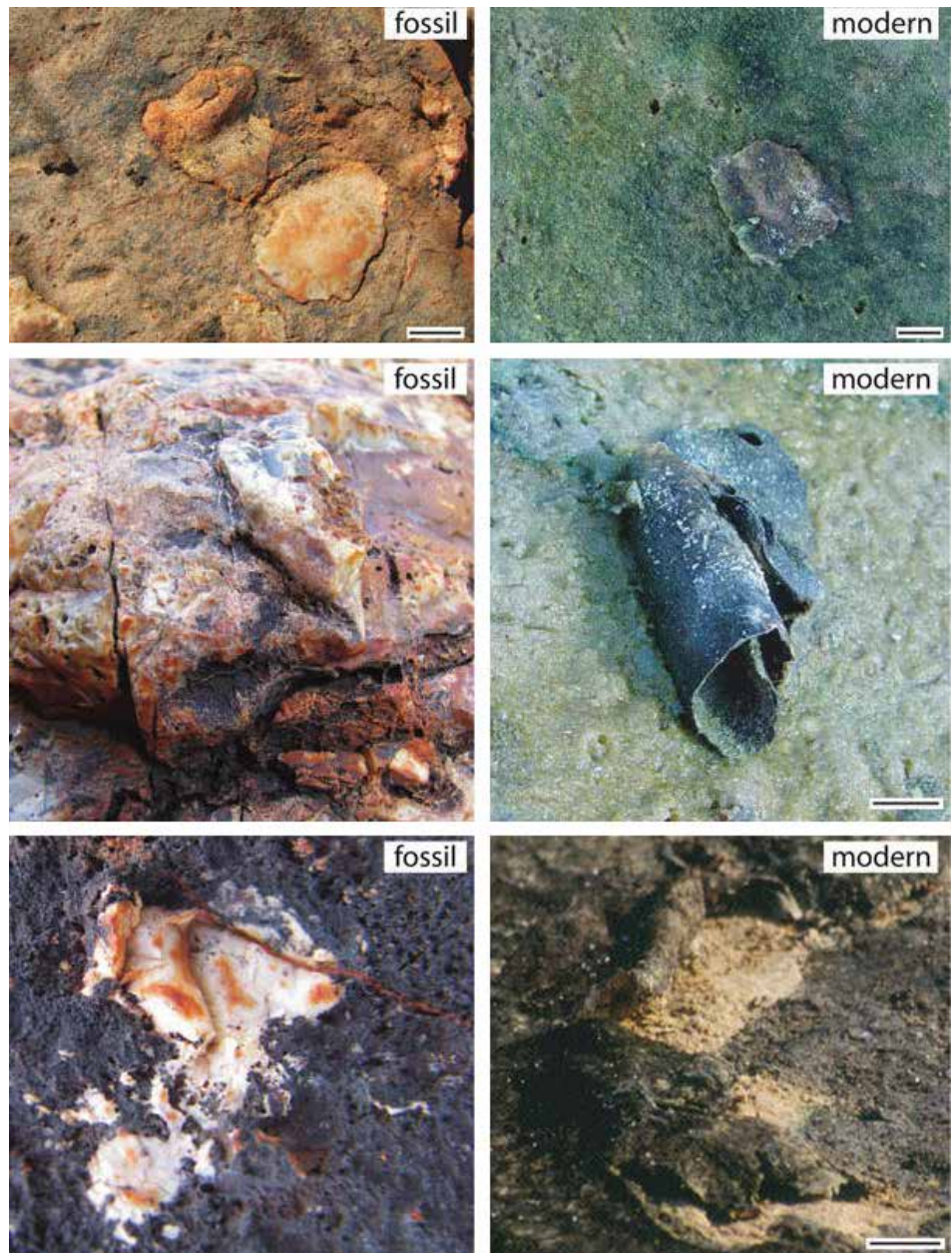


martiennes ne sont pas d'origine biologique, alors les similitudes dans la morphologie de même que dans les modèles de distribution en ce qui concerne les SSIM terrestres serait une coïncidence extraordinaire. » « À ce stade, tout ce que je voudrais faire est de souligner ces similitudes. Des preuves supplémentaires doivent être fournies afin de vérifier cette hypothèse. »

Pour déterminer si ce qui a été photographié par Curiosity est vraiment des SSIM ne sera pas facile. Dans le cas des analogues terrestres, les scientifiques de laboratoire peuvent confirmer leur nature biologique en découpant de minces sections d'échantillons rocheux et en les regardant au microscope pour chercher des textures spécifiques typiques à certains microorganismes.

L'exécution d'opérations similaires directement sur Mars est techniquement possible (quoique extrêmement difficile du point de vue de l'ingénierie), mais pas avec les astromobiles actuellement présents sur la planète rouge.

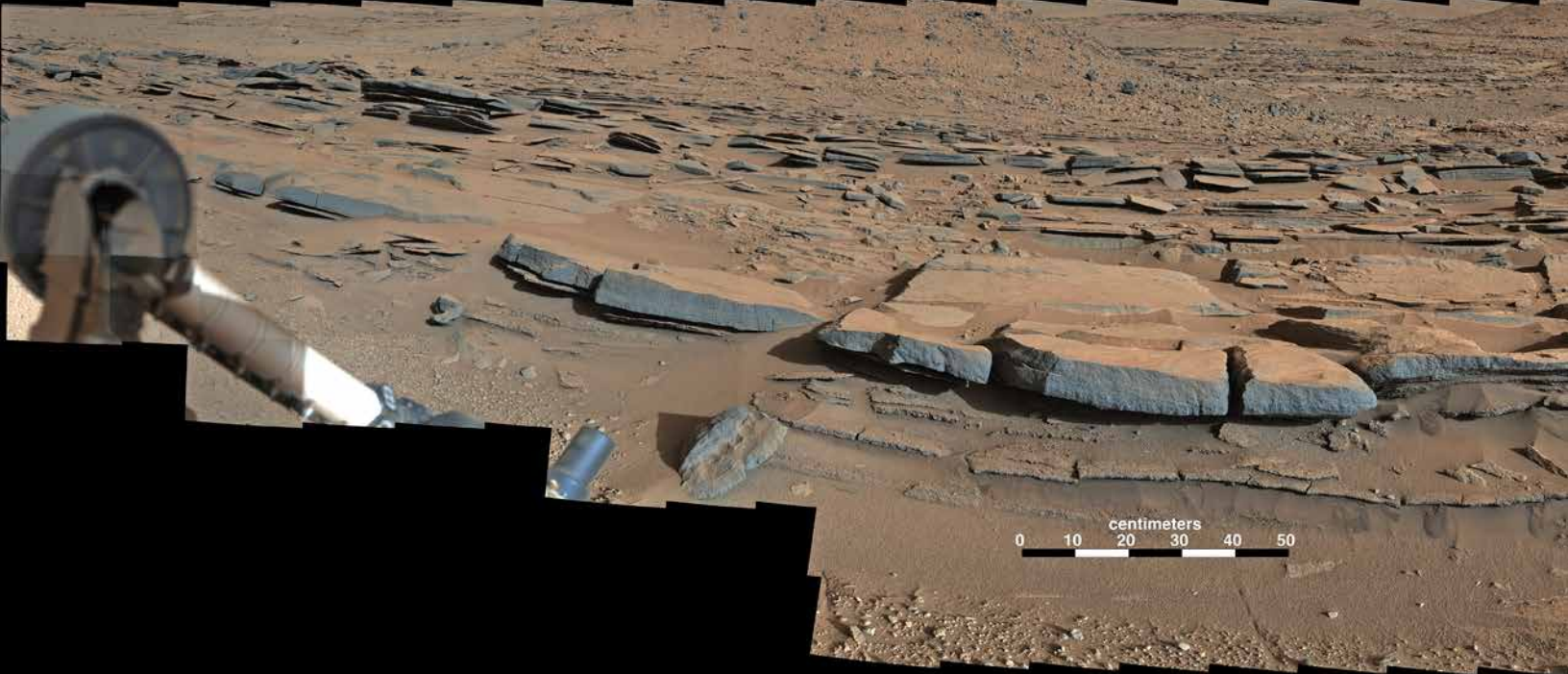
L'idéal serait de prendre des échantillons de SSIM potentielles pour ramener sur Terre, mais aucune mission spatiale de ce type n'est prévue pour l'instant, et le doute sur la véritable nature des SSIM martiennes restera donc pendant plusieurs



Δ Ci-dessus : Quelques exemples de structures fossiles trouvées dans la Formation Dresser (à Pilbara, en Australie occidentale) et leurs analogues modernes. De haut en bas on trouve des plaquettes (chips), des rouleaux (roll-ups), et des poches (pockets). [Noffke et autres, 2013]

▽ Ci-dessous : Une autre comparaison entre Mars et la Terre, en prenant comme exemple des structures générées par l'érosion des tapis microbiens au Carbla Point, en Australie occidentale. [NASA, Nora Noffke]





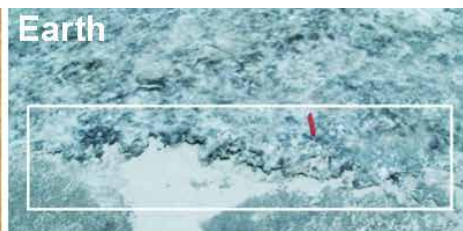
Δ Ci-dessus : Vue remarquable prise près de Kimberley, révélant le delta d'un torrent qui coulait dans le bassin du cratère Gale. Tout le parcours suivi jusqu'à présent par Curiosity est certainement indicateur d'un environnement favorable à la vie. [NASA / JPL-Caltech / MSSS]

années, à moins que Curiosity ne trouve sur son chemin d'autres formations très similaires à celles du lac Gillespie Member, auquel cas, il serait difficile de soutenir une origine érosive aléatoire. Actuellement, l'astromobile est situé aux collines Pahrump, au pied du mont Sharp, une zone présentant d'intéressantes formations rocheuses qui pourraient déjà représenter un premier test pour (ou contre) l'existence de SSIM martiennes. Indépendamment de la nécessité de nouvelles vérifications, il reste que quelques faits sous-jacents sont maintenant indiscutables : il y a environ 3,5 milliards d'années, la Terre et Mars avaient des conditions environnementales très similaires : toutes deux avaient une atmosphère suffisamment dense pour protéger

leur surface des radiations solaires nocives; elles avaient tous deux un vaste réseau de rivières qui se jetaient dans des lacs et des mers; et toutes deux ont finalement présenté des conditions appropriées pour le développement des formes les plus élémentaires de la vie — et ces conditions ont sûrement persisté sur Mars pendant plusieurs millions d'années. Alors, pourquoi la vie ne serait-elle donc pas apparue aussi sur Mars et y aurait généré des structures sédimentaires similaires à celles trouvées sur Terre ? ★

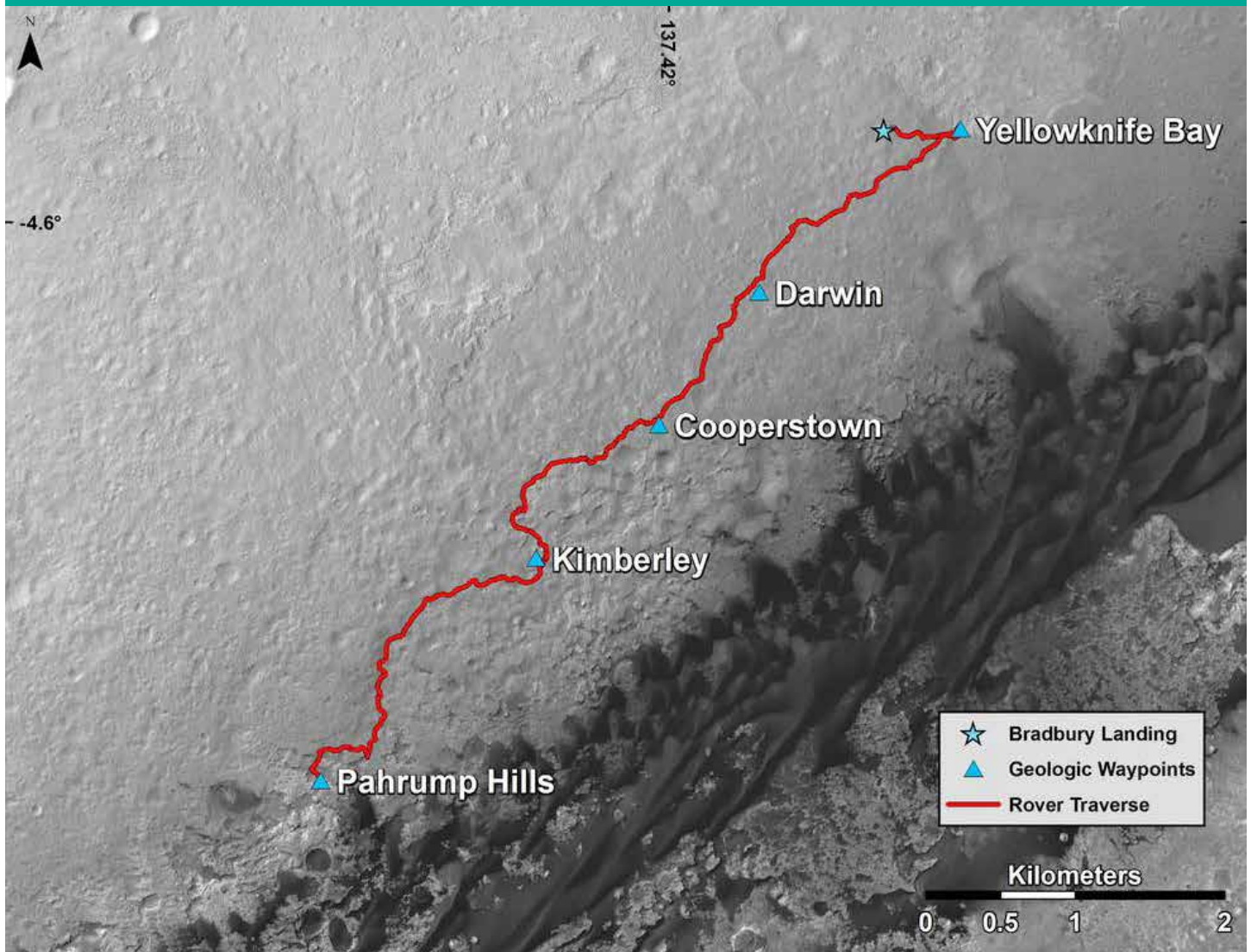
Ce texte a originellement paru en italien dans *Astrofilo* et en anglais dans *Free Astronomy Magazine* (mars/avril 2015), disponibles gratuitement au <http://ita.astropublishing.com> et au <http://www.astropublishing.com>, respectivement. Nous remercions son auteur, Michele Ferrara, pour cette collaboration spéciale.

▽ Ci-dessous : Une autre comparaison entre les structures martiennes et les structures terrestres, certainement liée (du moins dans le cas de notre planète) à de l'activité biologique. [NASA / JPL-Caltech / MSSS, Nora Noffke, Université de l'Arizona]



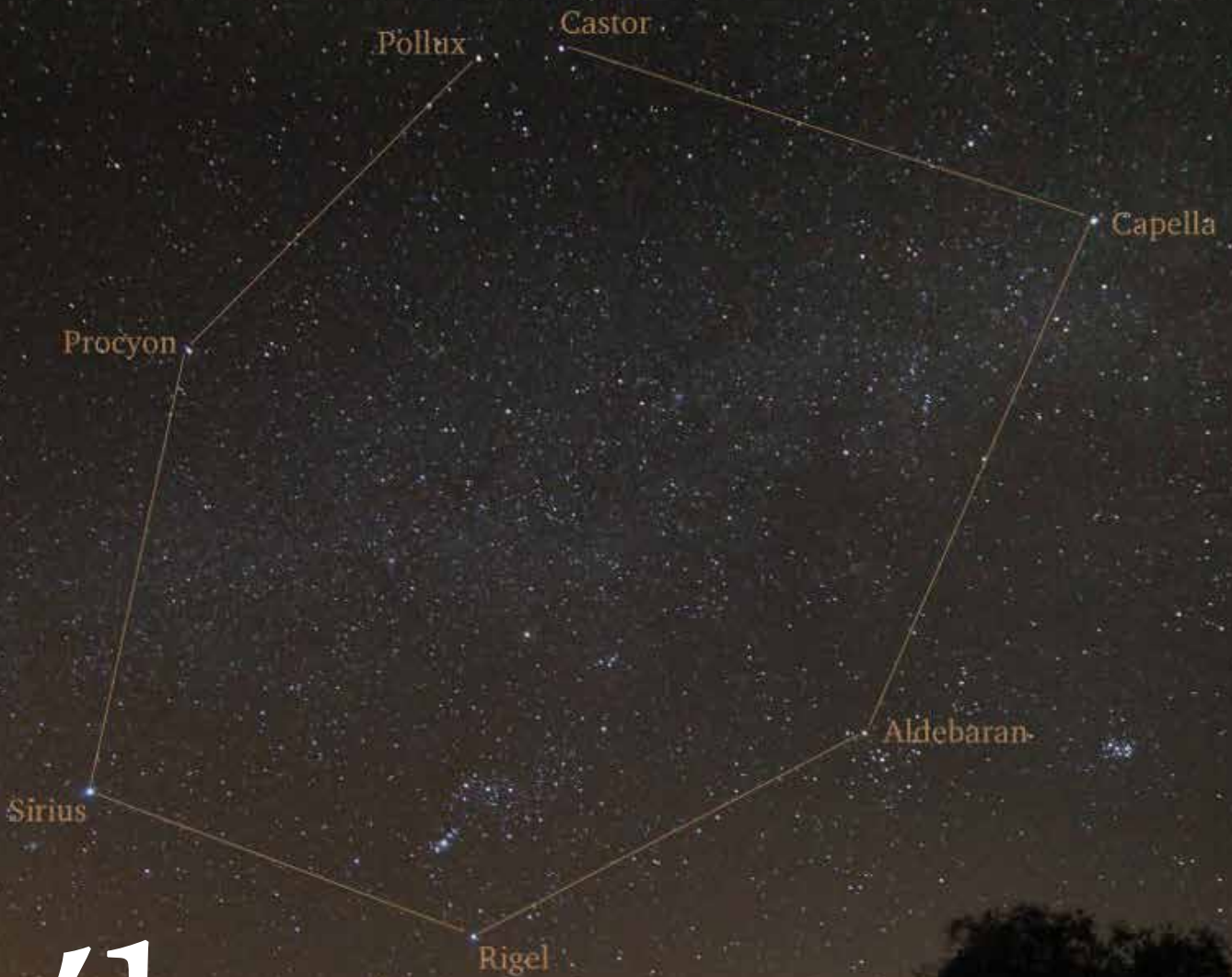


▼ Ci-dessous : La portion de la surface martienne couverte par Curiosity depuis qu'il a quitté la baie de Yellowknife. Actuellement, l'astromobile parcourt les collines de Pahrump. [NASA / JPL-Caltech / MSSS, Université de l'Arizona]



Voyage céleste...

Crédit photo : Flickr (utilisateur felgari)



L'hexagone d'hiver

...avec Normand Rivard



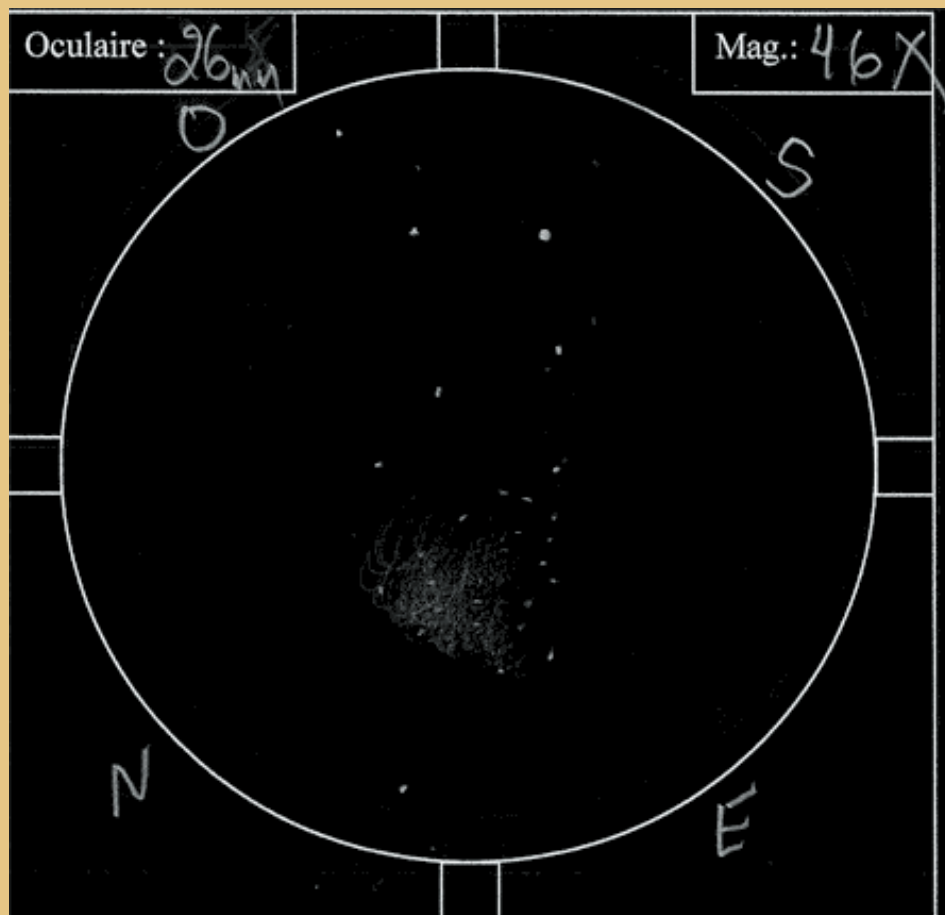
Il est enfin presque terminé ! Que l'on aime ou non l'hiver, il faut faire avec. Pour l'astronome, l'hiver peut sans doute rimer avec pieds gelés et frimas sur l'oculaire, mais il peut heureusement aussi rimer avec une brochette impressionnante d'objets célestes dont on aurait tort de se priver.

La plupart d'entre vous, fidèles lecteurs d'*Astronomie-Québec*, connaissez déjà le fameux Triangle d'été, rendu célèbre par Sir Patrick Moore, mais en réalité connu bien avant lui. Saviez-vous qu'il existe un autre astérisme tout aussi spectaculaire — sinon plus — au beau milieu de l'hiver ? C'est sans doute pour cela qu'il est moins connu que son vis-à-vis estival. Son emplacement dans le ciel fait qu'il traverse plusieurs constellations ainsi que la Voie lactée, et il est par conséquent rempli d'objets galactiques de toutes sortes. Composé de six étoiles, il forme un immense hexagone visible de presque partout sur la planète. Aussi, saviez-vous que, malgré son nom, il est bien visible vers 21 h jusqu'après la mi-avril ?

Allez ! Sortons le gros manteau et les bottes de feutre (car après tout, « en avril, ne te découvre pas d'un fil ») pour explorer l'hexagone d'hiver !

Première étape : Capella

Campée bien haut dans le Cocher, cette étoile aussi nommée α Aur (Alpha Aurigae) est en réalité un système quadruple, mais l'observation de ses composantes est un défi réservé aux instruments spécialisés. Elle fut l'étoile la plus brillante du ciel il y a plus de 160 000 ans. Tout près, on trouve l'énigmatique ϵ Aur (Epsilon Aurigae), qui entre en éclipse pendant 18 mois à chaque 27 ans (un record !). Sa vraie nature demeure un



Δ Ci-dessus : Croquis de M37. La portion nébuleuse correspond en fait à un fond grumeleux dû à la présence d'étoiles non résolues. Toutes les images sont de l'auteur, sauf indication contraire.

mystère, mais il semble qu'un disque d'accrétion presque opaque autour de la secondaire provoque la longue éclipse de la primaire.

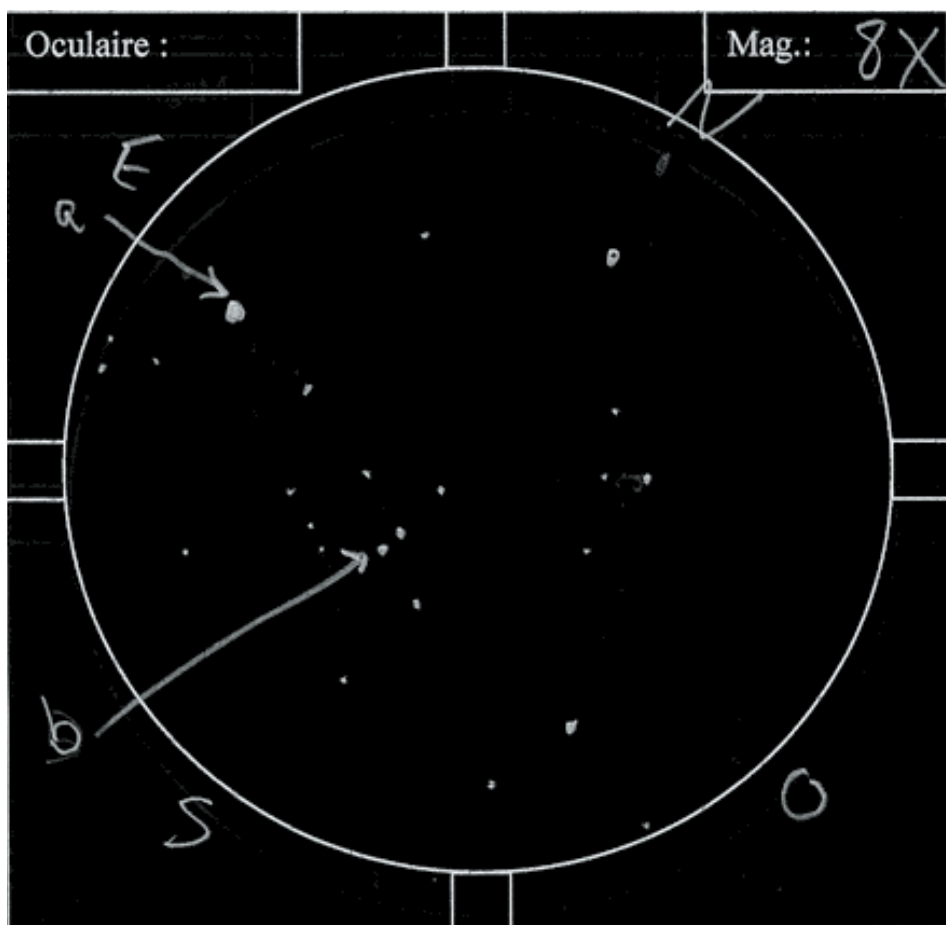
Dans les environs de Capella, on trouve de nombreux objets visibles aux jumelles, dont Messier 36, M37 et M38, trois amas ouverts magnifiques — surtout le second. Dans mon Dobson de 250 mm à 46 $\times$, il apparaît comme une pointe de flèche dotée d'une étoile centrale plus brillante. On devine qu'il contient beaucoup plus d'étoiles que ce que l'on voit.

Seconde étape : Aldébaran

Déplaçons-nous maintenant dans le sens des aiguilles d'une montre vers un point brillant dans le Taureau. Cette géante orange de classe K achève sa vie et est arrivée à une étape où elle est 44 fois plus grande que le Soleil. Bien qu'elle semble située dans l'amas des Hyades (Melotte 25),

▽ Ci-dessous : Comparaison entre la taille et la couleur du Soleil (en jaune) et d'Aldébaran (en orange).





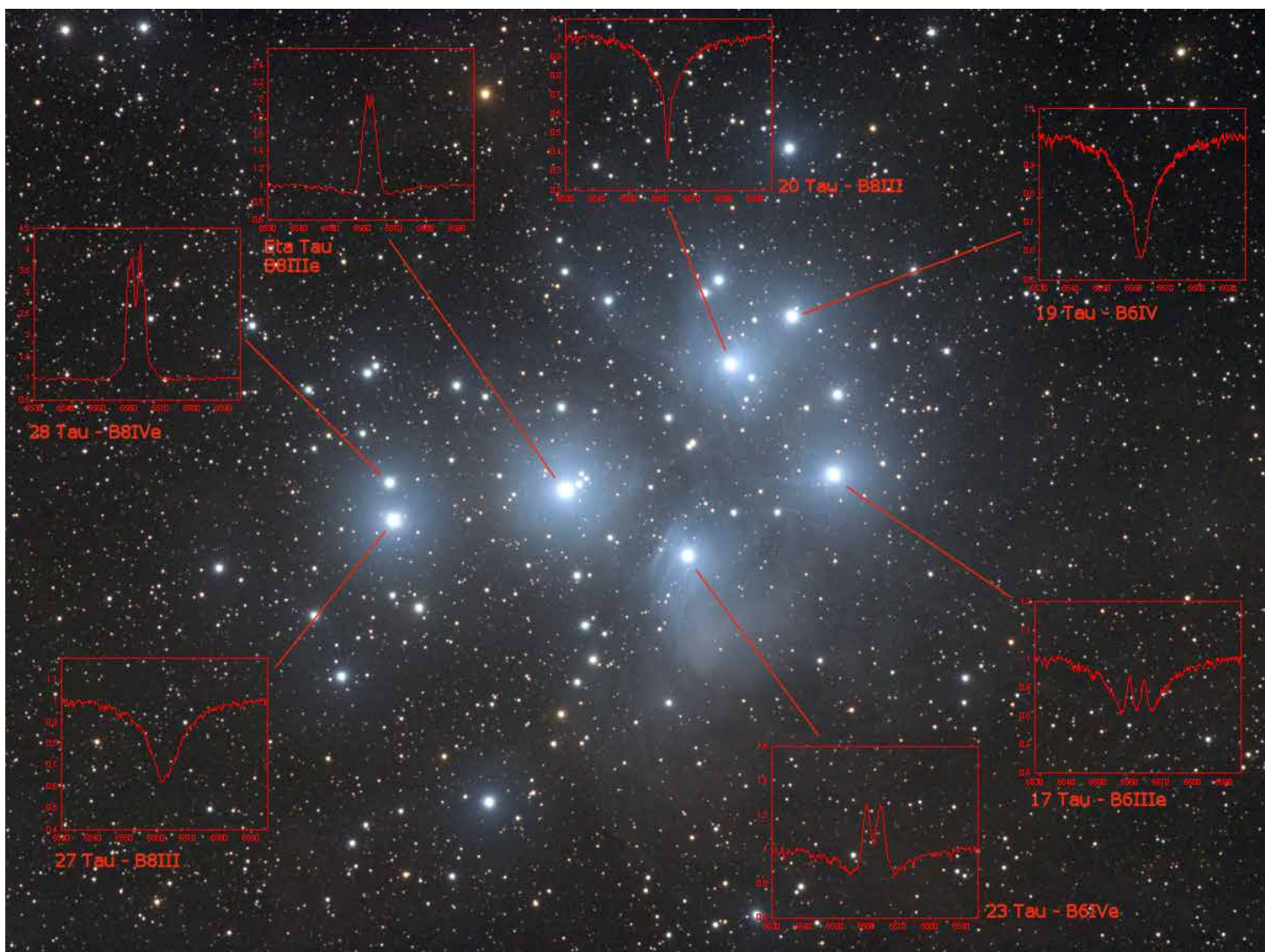
Δ Ci-dessus : Croquis des Hyades, montrant aussi l'étoile double 77 / 78 Tauri.

elle n'en fait pas vraiment partie, se trouvant plutôt encore plus près de nous, dans la même ligne de visée. Cet amas ouvert est l'un des plus étudiés par les scientifiques en raison de sa proximité et de la jeunesse des étoiles qui le composent. On y trouve aussi la magnifique étoile double 77 / 78 Tauri (voir l'image ci-dessus, en contexte avec d'autres Hyades). Il est précédé par un autre amas célèbre : les Pléiades (M45 ; voir photo au haut de la page suivante). Celui-ci regroupe plusieurs étoiles géantes bleues, dont plusieurs de la classe *Be* (e pour « émission ») ; celles-ci ont l'intrigante particularité de présenter un spectre doté de raies d'émission en plus des habituelles raies d'absorption. L'hypothèse acceptée pour expliquer ce phénomène est qu'elles seraient entourées d'un disque d'accrétion chauffé par le rayonnement intense de l'étoile. Si on pouvait les regarder

de près, elles ressembleraient peut-être à des répliques géantes de Saturne ! En admirant M45, il m'est arrivé une fois de voir la nébuleuse de Mérope sous un ciel bien noir avec mon Dobson. Tentez donc votre chance (n'utilisez pas de filtre).

Troisième étape : Rigel

Poursuivant notre périple, nous rencontrons Rigel (β Ori ou Bêta Orionis) au pied d'Orion. Supergéante bleue-blanche 120 000 fois plus lumineuse que le Soleil, cette étoile est triple, mais seules les deux premières composantes peuvent être résolues au télescope d'amateur. Dans son voisinage se trouvent quantité d'objets extraordinaires, dont bien sûr M42 et M43, la fameuse nébuleuse d'Orion, visible même à l'œil nu. Cet objet est si complexe qu'il mériterait un article à lui seul. Il brille tellement que je me souviens de l'avoir observé à loisir un soir de pleine lune ! Plus difficile, on peut parfois voir l'immense Boucle de Barnard (Sh 2-276), probable reste de supernova, mais il s'agit plus d'un gibier pour astrophotographes. À l'autre bout de cette boucle, on déniche M78 qui, comme toute nébuleuse à réflexion, exige un ciel bien noir pour être vue. Je me suis obstiné pendant longtemps à la chercher avant de me rendre compte qu'il faut l'observer sans filtre pour la voir ! Juste au sud de la ceinture d'Orion, une autre nébuleuse m'a donné du fil à retordre : Barnard 33, la Tête de Cheval), que notre éditeur Pierre Paquette et moi avons cherchée en vain un soir d'automne, muni d'un filtre H β . C'est un cheval qui ne se laisse pas facilement dompter !



Δ Ci-dessus : Photo de M45 illustrant les spectres de quelques-unes de ses étoiles. Les spectres montrant des pics sont ceux des étoiles Be (23 Tau, η Tau [Éta Tauri], 28 Tau, 17 Tau). On peut voir aussi la nébuleuse de Mérope autour et en bas de 23 Tau. Crédit photo : Christian Buil.

Quatrième étape : Sirius

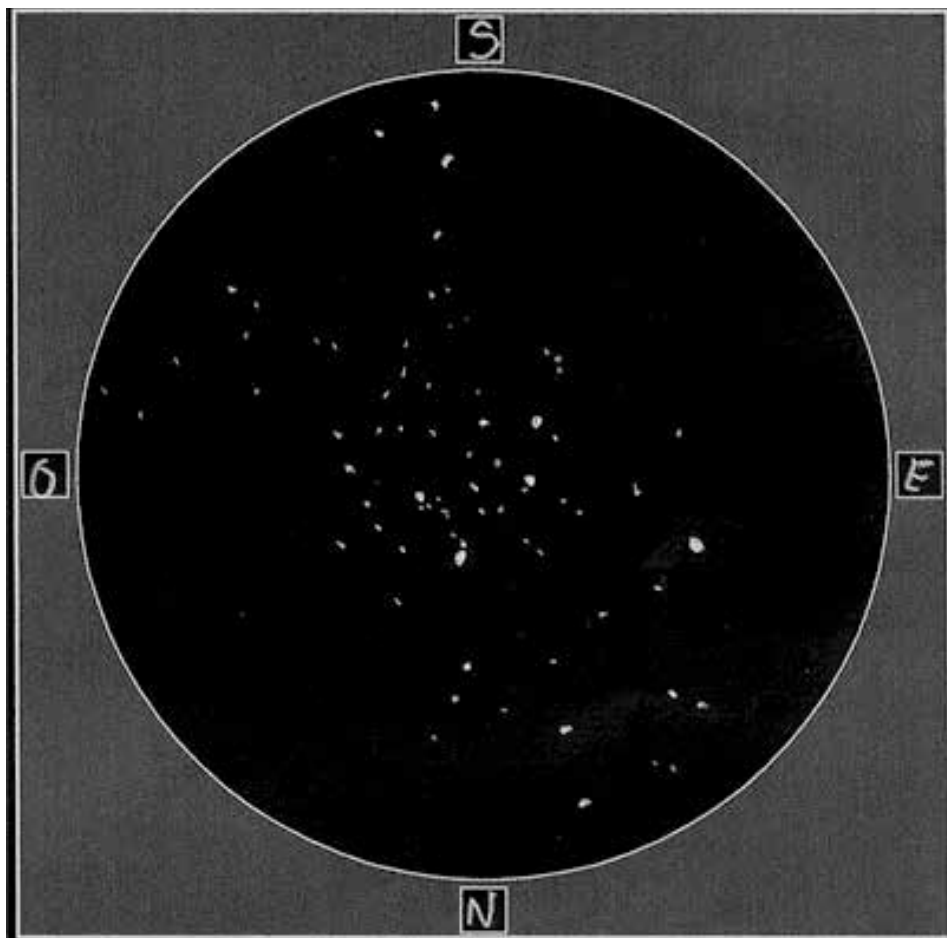
On peut difficilement rater la prochaine étoile, puisqu'elle est la plus brillante du ciel. Sirius (α CMa ou Alpha Canis Majoris) servait autrefois à marquer la crue du Nil et le début de la canicule. C'est une étoile double difficile à cause de la grande différence de magnitude entre les deux composantes. La primaire, Sirius A, a une magnitude apparente de -1,46 (deux fois plus brillante que Canopus, la seconde plus brillante du ciel), alors que la secondaire, Sirius B, une naine blanche minuscule, est 10 000 fois moins brillante, à la magnitude 8,5. Je dois avouer que malgré mes efforts répétés, je ne

suis jamais parvenu à l'apercevoir. Par contre, de simples jumelles vous montreront l'amas ouvert M41 juste au sud.

Cinquième étape : Procyon

L'étoile suivante ressemble à une répétition de la précédente. Procyon (α CMi ou Alpha Canis Minoris) ne brille peut-être pas autant que Sirius, mais elle est également une double dotée d'une naine blanche très difficile. À cause de leur proximité et de leur contraste, on considère même Procyon B plus difficile que Sirius B ; je vais donc poliment m'abstenir pour l'instant...

Astronome amateur depuis 2009, Normand Rivard se passionne pour les étoiles, qu'elles soient simples, doubles ou variables. Vos questions ou commentaires sont les bienvenus à normandrivard@icloud.com



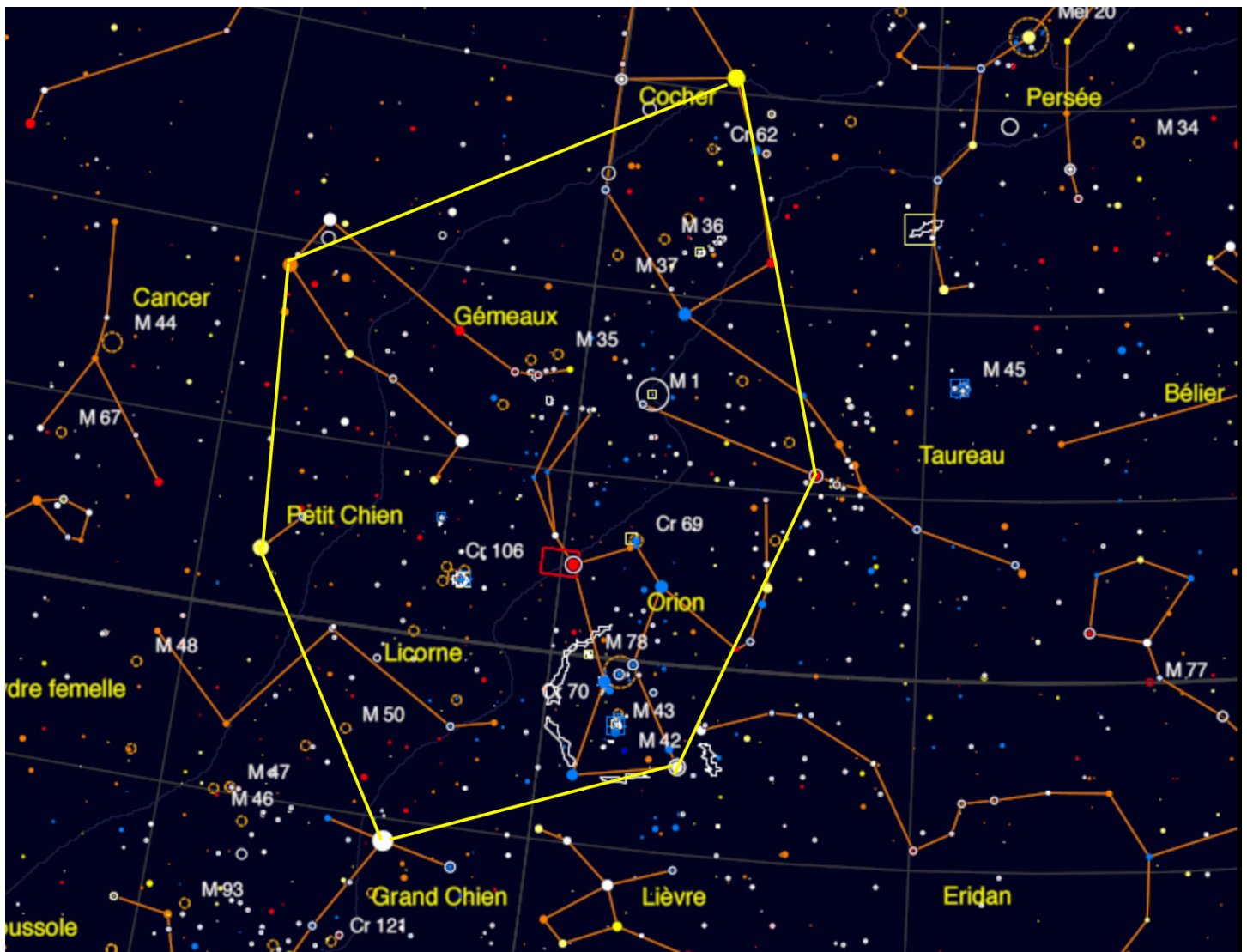
Sixième et dernière étape : Pollux

Nous complétons ce voyage avec Pollux qui, malgré sa dénomination de Bayer (β Gem ou Bêta Geminorum), brille plus que sa voisine Castor (α Gem ou Alpha Geminorum). Pollux a atteint le stade d'évolution des géantes oranges, semblable à Aldébaran. On a confirmé récemment qu'elle a au moins une planète. Pas très loin d'elle, on trouve une magnifique nébuleuse planétaire; le Clown ou l'Esquimaux (NGC 2392), un vrai plaisir à regarder à au moins 100 $\times$, de préférence avec un filtre *SkyGlow*. Pour finir, tout au pied de la constellation, une jolie paire d'amas ouverts fait penser un peu à l'amas double de Persée, mais c'est une illusion ! M35 et NGC 2158 n'ont aucun lien entre eux, car le second se trouve au moins 9000 années-lumière plus loin. À 32 $\times$ dans mon Dobson, M35 a un aspect très

différent de l'autre, étant beaucoup plus dispersé et composé de très fines étoiles formant plusieurs alignements (est-ce un hasard ?). NGC 2158 a, quant à lui, une forme très compacte causée par son éloignement. Il a aussi un âge canonique pour un amas ouvert, à plus d'un milliard d'années !

Voilà ! La boucle est bouclée et on revient à notre point de départ. Pour mettre un peu la cerise sur le gâteau, que trouve-t-on au centre de notre bel hexagone ? Mais Bételgeuse, voyons ! Vous n'alliez tout de même pas croire que j'allais oublier α Ori (Alpha Orionis), cette supergéante rouge environ 1000 fois plus large que le Soleil ?

Après ce grand tour du ciel d'hiver, un bon chocolat chaud ne serait pas de refus... ★



Objets de l'Hexagone d'hiver

Nom	Const.	Type	Appréciation	Difficulté	Commentaire
M38	Cocher	Amas ouvert			
M36	Cocher	Amas ouvert			
M37	Cocher	Amas ouvert	☺	☹	
Hyades	Taureau	Amas ouvert	☺	☹	Visible à l'oeil nu
77 / 78 Tauri	Taureau	Étoile double	☺	☹	
Pléiades (M45)	Taureau	Amas ouvert	☺	☹	Visible à l'oeil nu
Nébuleuse de Mérope	Taureau	N. de réflexion	☺	☹	
M42	Orion	N. à émission	☺	☹	La plus belle nébuleuse du nord
M43	Orion	N. à émission	☺		
M78	Orion	N. de réflexion		☹	
Barnard 33	Orion	N. obscure	☺	☹	Pour astrophotographe
M41	Grand Chien	Amas ouvert			
Sirius A et B	Grand Chien	Étoile double		☹	
Procyon A et B	Petit Chien	Étoile double		☹	
M35	Gémeaux	Amas ouvert	☺	☹	
NGC 2158	Gémeaux	Amas ouvert			
NGC 2392	Gémeaux	N. planétaire	☺		Le clown (ou l'esquimaux)
Bételgeuse	Orion	Étoile	☺	☹	

C/2014Q2 (Lovejoy) le 29 décembre 2014 à 22 h 52 HNE, avec un télescope Meade RCX 400 de 25,4 cm (10"), un réducteur de focale Lepus 0,6x, et un appareil photo Canon EOS T4i. Pose unique de 30 s à ISO 1600. La comète était alors de magnitude 5,1. Crédit photo : Denis Goyette, Observatoire Polaris.



Manqué une édition ?

Téléchargez-la
gratuitement au

<http://astronomie.quebec>