

la porte des étoiles

le journal des astronomes amateurs du nord de la France



Numéro 56 - printemps 2022

56



Adresse postale

GAAC - Simon Lericque
Hôtel de Ville - Place Jean Tailliez
62710 COURRIERES

Internet

Site : <http://www.astrogaac.fr>
Facebook : <https://www.facebook.com/GAAC62>
E-mail : contact-at-astrogaac.fr

Les auteurs de ce numéro

Arnaud Agache - membre du GAAC
E-mail : arnaud.agache-at-gmail.fr

Michel Pruvost - membre du GAAC
E-mail : jemifredoli-at-wanadoo.fr
Site Internet : <https://cielaucrayon.pagesperso-orange.fr>

David Fayolle - Membre du GAAC
E-mail : davwan59-at-gmail.com

L'équipe de conception

Simon Lericque : rédac' chef tyrannique
Arnaud Agache : relecture et diffusion
Damien Devigne : relecture et bonnes idées
Philippe Nonckelynck : relecture et bonnes idées
David Fayolle : relecture et bonnes idées
Fabienne Clauss : relecture et bonnes idées
Olivier Moreau : conseiller scientifique

Édition numérique sous Licence Creative Commons



À la une

La comète C/2021 A1 Leonard

Auteur : Mikaël DE KETELAERE

Date : 7 décembre 2021

Lieu : Wambrechies (59)

Matériel : Sony A7S et lunette
Takahashi 120



Édito

Le GAAC change de président ! Simon Lericque tire sa révérence. Il était à la tête du club depuis sa création en septembre 2009. Nous étions alors neuf membres. Depuis, on ne compte plus les événements, expositions, rencontres, expériences, prestations, ateliers, séances de planétarium, voyages, visites, observations, conférences données et suivies. Simon, avec sa personnalité et son investissement sans égal, a été le grand artisan de tout cela, accompagné des membres les plus actifs avec qui il a façonné un club dynamique et épanoui. N'oubliez pas qu'il disparaîtra du paysage astro/asso ! Je ne lui chipe d'ailleurs la place dans cet éditto que de façon tout à fait exceptionnelle. Saluons également Gervais Vanhelle, trésorier depuis les débuts du club. En douze ans de service, l'âge d'un bon whisky, sa parfaite gestion cachée derrière son style inimitable a permis au club de se doter d'équipements en toute sérénité.

Le GAAC connaît bien d'autres changements internes qu'il m'est impossible de lister ici. Néanmoins je saisis l'occasion de cette tribune pour exprimer ma gratitude au nom du club à ceux qui ont œuvré pour lui, qu'ils soient cités ici ou non - car il me faut faire court. Le bénévolat a ceci de beau : le temps qu'il nécessite est un cadeau offert aux autres.

Place à l'avenir, revenons à la présidence du club. C'est Philippe Nonckelynck que le conseil d'administration a élu président, à l'unanimité s'il vous plaît ! Il faut un "cran" certain pour accepter le défi de prendre la relève. La tâche qui l'attend dans notre club désormais bien établi, fort d'une cinquantaine de membres, n'est plus celle de la construction mais celle de la consolidation. L'enjeu est de taille, mais l'homme et sa personnalité aussi. Le ciel du club reste ainsi bien dégagé, je vous souhaite le même pour vos observations !

Arnaud Agache

Sommaire

5.....Insight, un géophysicien sur la planète rouge
par David Fayolle

19.....Il ya 30 ans... le 23 avril 1992, les premiers résultats
de la mission COBE sont dévoilés
par Michel Pruvost

22.....La constellation du Lion
par Arnaud Agache

27.....Des aiguilles dans le ciel
par Michel Pruvost

35.....Le GAAC prend le maquis
par David Fayolle

40..... La galerie

C'était cet hiver

Projection du documentaire "Big Bang l'appel de nos origines" à Tourcoing

Assemblée Générale 2022

Nuit Astro de Gréville du 26 février

RAC 2022

Visite du MuMons

Animations astronomiques
au collège de Lesquin

Conférence de Pierre-Olivier
Lagage à Mons

Animations astronomiques
au collège de Pont-à-Marcq

Conférence de Jacques Arnould
à Mons

Nuit Astro de Gréville du 25 février

Animations astronomiques
au collège de Pont-à-Marcq

Nuit Astro de Gréville du 27 février

Ce sera ce printemps

NAT

Cette fois-ci, on y croit ! Après deux années sans NAT, le rassemblement de Touraine est à nouveau programmé à Tauxigny du 26 au 29 mai prochains.



Tenerife

Une délégation du GAAC prendra le chemin des Canaries à la fin du mois de mars. Cette fois, c'est Tenerife qui a été choisie. Au programme quelques visites et beaucoup d'observations.



Éclipse de Lune

Le 15 mai au matin, la Lune passera dans l'ombre de la Terre. Même si les conditions de l'éclipse ne sont pas idéales, il y aura de nombreux observateurs pour admirer le spectacle.



Les instantanés



Au ciel clair !
Gréville (62) - 03/09/2021



Renaissance
Mons (B) - 15/01/2022



Non mais allô quoi !
Mons (B) - 15/01/2022



On the road again...
Quelque part sur l'A26 - 02/10/2021



De retour sur les bancs de l'école
Mons (B) - 27/01/2022



Astrophoto avec projection sur oculaire de 75
Vitry-en-Artois (62) - 15/01/2022

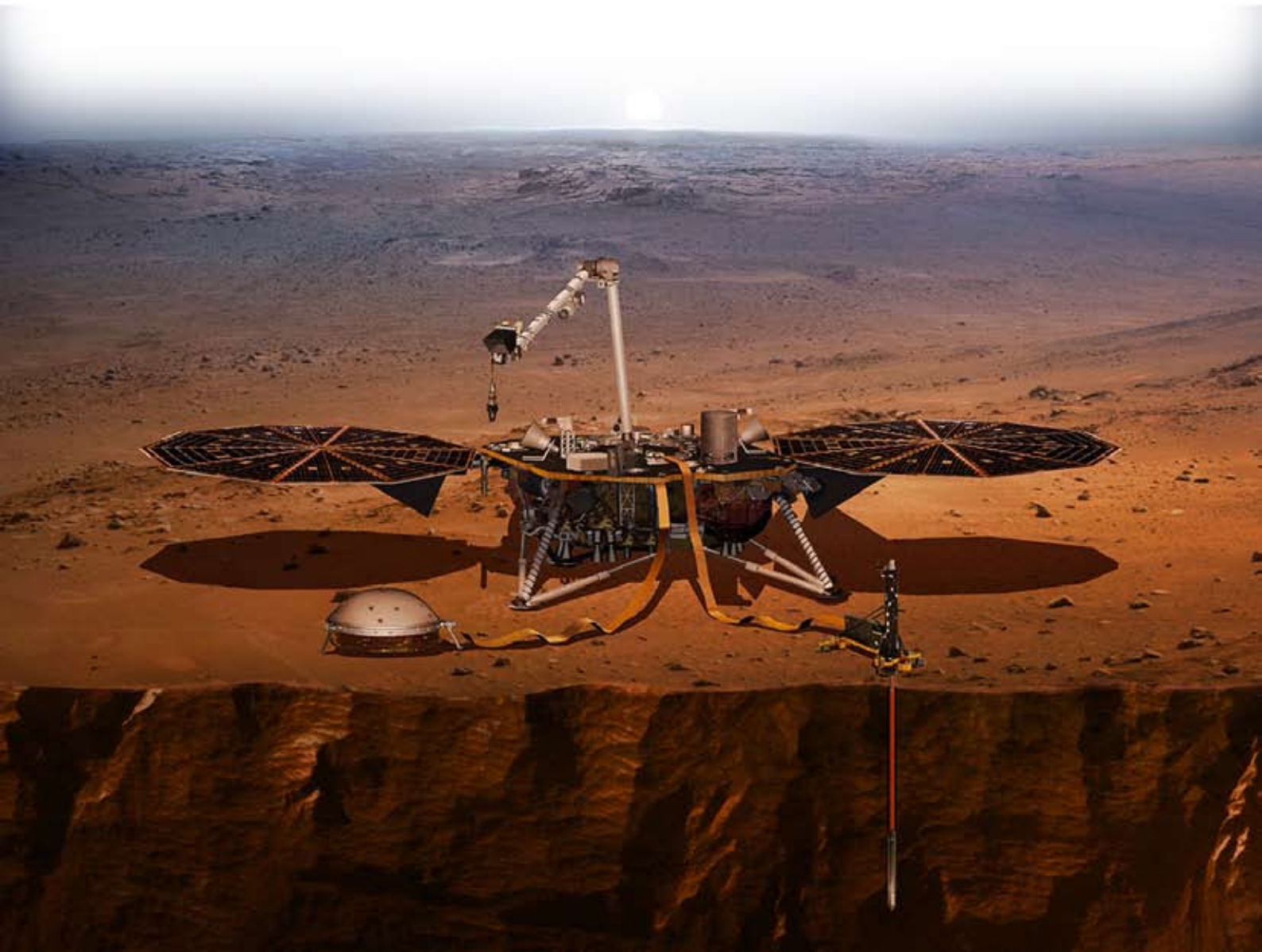
Insight

un géophysicien sur la planète rouge

Par David Fayolle

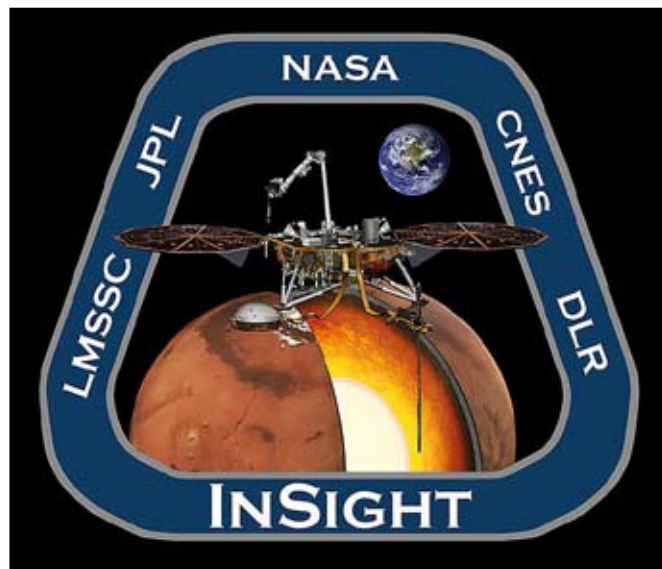
Insight, c'est quoi ?

Un peu distante des gros rovers ultraspectaculaires et ultramédiatisés tels que Curiosity et Perseverance, Insight (acronyme de INterior exploration using Seismic Investigations, Geodesy and Heat Transport ; exploration interne par les sondages sismiques, la géodésie et les flux thermiques) est une petite station fixe qui s'est posée sur Mars le 26 novembre 2018 et dont l'objectif est de percer les secrets du cœur et de la structure de la planète rouge.



Insight pourquoi ?

La Terre, Vénus et Mars sont des planètes rocheuses différenciées. Elles se composent de plusieurs enveloppes de composition différente allant du noyau métallique (Fer, Nickel...) au manteau (roches silicatées) et enfin à la fine croûte (roches silicatées enrichies en éléments légers). La taille et la masse volumique moyenne de chaque enveloppe livrent des données clés sur la composition globale de la planète et sur son évolution. Ces propriétés peuvent être déduites par l'analyse des ondes sismiques qui se propagent à l'intérieur des planètes. Voilà pourquoi les planétologues et les géophysiciens considèrent comme primordial le déploiement de sismomètres à la surface des planètes.



Le logo de la mission

Il s'agit de la première mission entièrement consacrée à l'étude de la structure interne de Mars, sur plus de 30 missions martiennes au total. Il y avait bien des sismomètres embarqués sur les sondes Viking mais le premier était tombé en panne et le deuxième n'avait mesuré que le vent à cause de paramétrages erronés, sensibilité mal calibrée notamment.

Le projet fût initié par Philippe Lognonné, géophysicien à l'Institut de Physique du Globe de Paris, qui est un spécialiste de la structure interne des planètes telluriques (y compris la Terre et la Lune). L'objectif était de répondre à des questions comme : Mars est-elle géologiquement active ? Y a-t-il des tremblements de Mars ?



Philippe Lognonné - Crédit Institut de Physique du Globe de Paris

Peut-on détecter des impacts météoritiques sur Mars ? Comment Mars est-elle constituée, quelle est donc sa structure interne ?

Le défi était déjà extrêmement audacieux d'un point de vue scientifique car rien n'indiquait alors que l'activité sismique de Mars était détectable. En effet, sur Terre, les séismes sont principalement le résultat de la tectonique des plaques et on sait que sur Mars cette même tectonique n'existe pas. L'idée était que l'accumulation au cours du temps des contraintes dues au refroidissement et à la contraction de la croûte pouvaient engendrer des ruptures et par conséquent, des séismes.

Le défi était aussi technologique et logistique. Un sismomètre est un instrument extrêmement fragile qui peut se dérégler très facilement et on imagine relativement bien ce qui peut se produire lors du décollage d'une fusée en matière de vibrations et mouvements divers de même qu'à la rentrée dans l'atmosphère et à l'atterrissage sur une autre planète après plusieurs dizaines de millions de kilomètres de voyage.

Par ailleurs, envoyer un sismomètre sur Mars nécessite un atterrisseur et une mission martienne coûte *a minima* 500 millions d'euros. La France n'en a jamais réalisé. On dénombre pas moins de 13 tentatives de missions martiennes ou lunaires parmi lesquelles cinq furent approuvées mais finalement abandonnées, notamment le projet Netlander avec trois stations géophysiques sur Mars entre 1998 et 2003.

La mission Insight est la douzième mission du programme Discovery de la NASA. Les missions de ce programme se caractérisent par un budget de départ encadré avec un plafond à 500 millions de dollars et une sélection après compétition, puis une phase d'études d'une année. Une liberté totale est laissée en ce qui concerne la conception dans la limite du budget et du calendrier. Il faut noter que le nom initial d'Insight était GEMS (GEophysical Monitoring Station pour station de surveillance géophysique) mais le nom a été changé en 2012 pour éviter la confusion avec l'observatoire spatial en rayons X (Gravity and Extreme Magnetism SMEX).

En mai 2011, il reste trois concurrents sur 28 au départ et Insight, proposée par le Jet Propulsion Laboratory en coopération avec des équipes scientifiques d'autres pays, se retrouve aux côtés de TiME (Titan Mare Explorer) et Chopper (Comet Hopper). Les équipes finalistes reçoivent un budget de trois millions de dollars pour réaliser une étude de conception détaillée et le 20 août 2012, la NASA choisit Insight sur la base de cette étude. Le lancement est planifié pour mars 2016 et le budget annoncé est de 425 millions de dollars hors lancement. Le responsable scientifique est Bruce Banerdt et c'est lui qui contacte Philippe Lognonné pour qu'il fournisse le sismomètre de la mission notamment parce que ce dernier propose une technologie tout à fait remarquable.

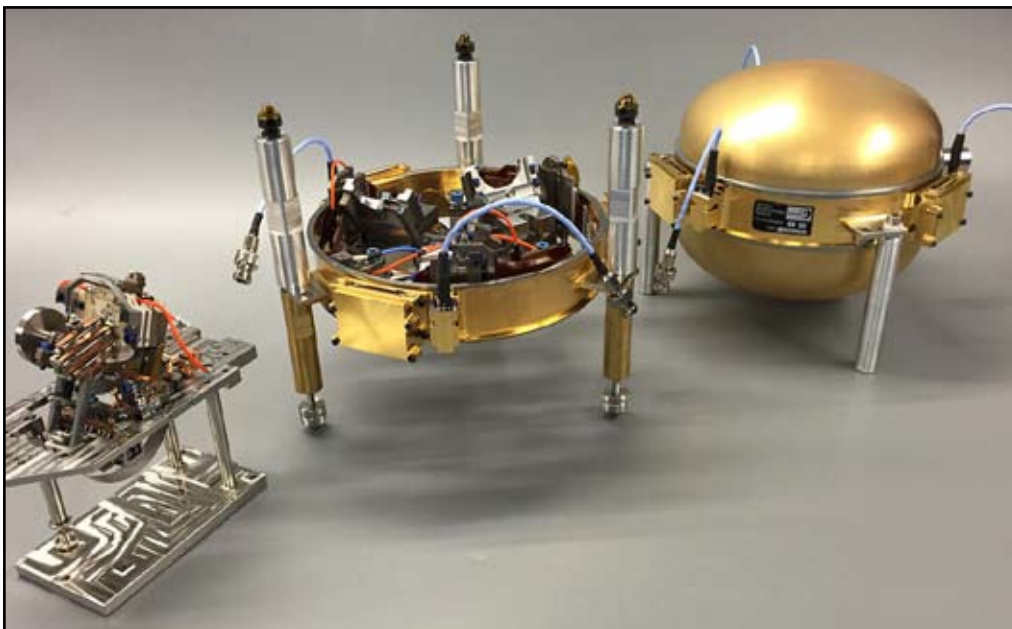


Bruce Banerdt - Crédit NASA

Jusque-là, l'installation de plusieurs stations largement espacées était jugée nécessaire pour pouvoir collecter des données sismologiques pertinentes. Face au coût important de cette architecture, qui avait fait obstacle à sa réalisation, un groupe de géophysiciens choisit au milieu des années 2000 de mettre au point une nouvelle technique de mesure reposant sur un sismomètre unique à trois composants large bande. La solution adoptée permet de déterminer la structure interne de la planète avec une seule station de mesure en analysant et rapprochant les différents types de signaux générés par les événements sismiques. La mission Insight, dont l'instrument principal est le sismomètre SEIS, est l'aboutissement de cette approche.

Un premier écueil

En décembre 2015, le constructeur français de l'instrument principal, le sismomètre SEIS (Seismic Experiment for Interior Structure) informe que des problèmes sont rencontrés notamment en ce qui concerne l'étanchéité de la sphère en titane qui doit maintenir l'instrument sous vide. Les tests réussis à température ambiante échouent à -100°C et une petite fuite est localisée au niveau du passe-fils permettant de relier l'instrument à la station.



Les composants du sismomètre SEIS : de gauche à droite un des capteurs très large bande (VLB), le berceau permettant de compenser les irrégularités du terrain et la sphère contenant les capteurs VLB - Crédit NASA

De manière plus pragmatique, il apparaît que la multiplication des partenaires - électronique suisse, câble de protection thermique et éolienne américaine (JPL), système de nivellement allemand, sismomètres hautes fréquences anglais et sismomètres larges bandes français - n'est pas simple à coordonner.

Le lancement doit donc être reporté sur la fenêtre suivante en mai 2018. Ce délai est mis à profit pour effectuer des tests sur les sismomètres larges

bandes, dont le rôle est capital pour la mission. Mais aussi pour modifier les connexions électriques de la tête de forage de l'instrument allemand HP3 et revenir au matériau de suspente de parachute développé pour la mission Phoenix, le nouveau nylon prévu pour Mars 2020 s'avérant défectueux suite à la méthode de stérilisation employée pour satisfaire aux règles de protection planétaire.

Les objectifs

Le principal objectif de la mission est donc l'étude de la structure interne de Mars qui partage nombre de caractéristiques avec les autres planètes telluriques. Comme la Terre, Mars résulte de l'accrétion initiale de corps rocheux et de poussières, à laquelle a succédé une phase d'échauffement interne entretenue par le dégagement

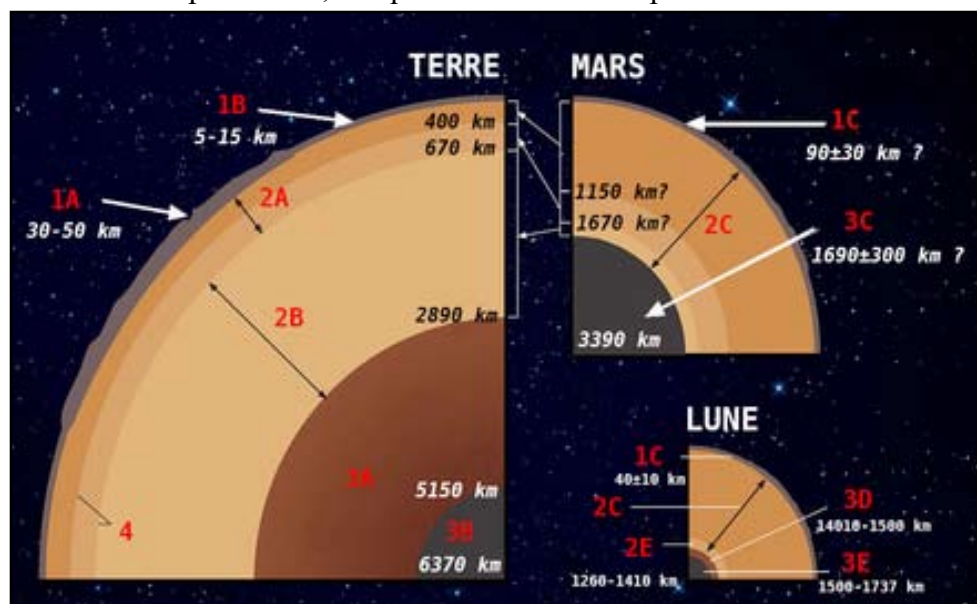


Schéma montrant les similarités et les différences entre les structures internes de Mars (sur la base des hypothèses disponibles avant la mission Insight), de la Terre et de la Lune.

1A - Croûte continentale ; 1B - océanique de la Terre ; 1C - Croûte basaltique de Mars et de la Lune ; 2A - Manteau supérieur de la Terre ; 2B - Manteau inférieur de la Terre ; 2C - Manteau de Mars et de la Lune ; 2E - Manteau partiellement fondu de la Lune ; 3A - Noyau liquide ; 3B - Manteau solide de la Terre ; 3C - Noyau de Mars liquide ou solide ; 3D - Noyau liquide de la Lune ; 3E - Noyau solide de la Lune ; 4 - Discontinuités - Crédit NASA

de chaleur des éléments naturellement radioactifs. C'est ce processus qui a engendré la différenciation : ce qui est dense migre vers le centre, ce qui est moins dense migre en périphérie, d'où la formation du noyau, du manteau et de la croûte. Mars est géologiquement bien moins active que la Terre et a donc probablement conservé des traces de la phase initiale de sa formation. En mesurant les données de la structure interne de la planète ainsi que le flux de chaleur qui s'en échappe, Insight devrait fournir un panorama plus détaillé et nouveau des processus de formation des planètes telluriques.

Pour cela, six types de mesure sont prévues : la détermination de la taille, la composition et l'état du noyau ; la détermination de l'épaisseur et la structure de la croûte ; la détermination de la structure et la composition du manteau ; la détermination de l'état thermique des structures internes ; la mesure de la force, de la fréquence et de la distribution géographique de l'activité sismique ; et la mesure de la fréquence des impacts météoritiques.

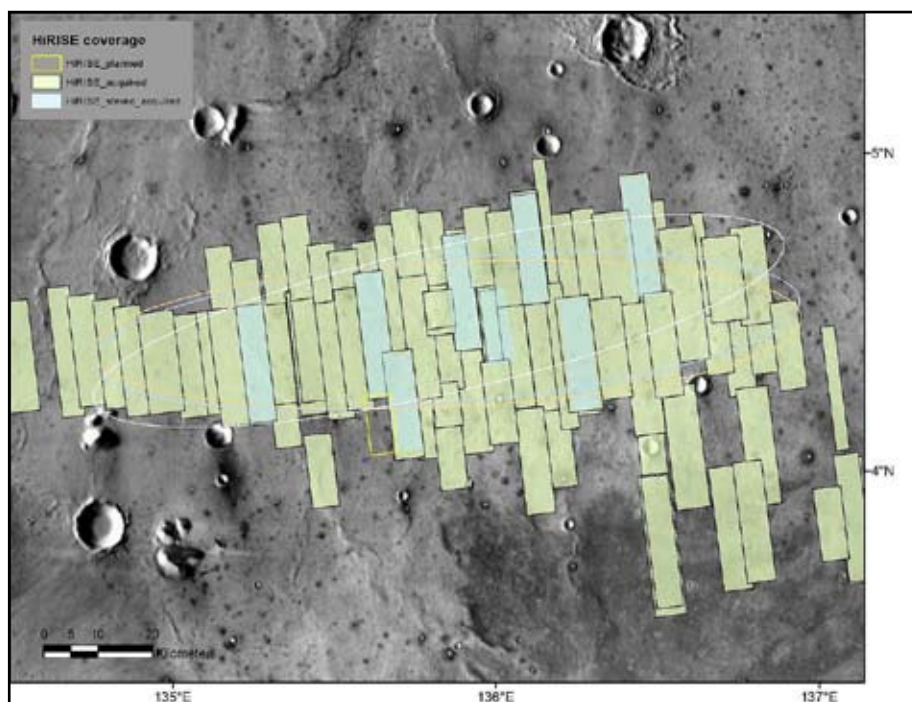
Caractéristique	Valeur connue / imprécision	Précision attendue	Facteur d'amélioration
Epaisseur de la croûte	65 ± 35 km (déduit)	± 5 km	7 x
Couches composant la croûte	pas d'information	identification des couches d'une épaisseur supérieure à 5 km	nouvelles données
Vitesse de déplacement du manteau	8 ± 1 km/s (déduit)	$\pm 0,13$ km/s	7.5x
Noyau : liquide ou solide	sans doute liquide (déduit)	déterminé avec certitude	nouvelles données
Rayon du noyau	1700 ± 300 km	précision portée à ± 75 km	4x
Densité du noyau	$6,1 \pm 1,0$ g/cm ³	précision portée à $\pm 0,3$ g/cm ³	3x
Flux thermique	$30 \pm 2,5$ mW/m ³ (déduit)	précision portée à $\pm 0,3$ mW/m ³	8x
Activité sismique	imprécision d'un facteur 100	facteur 10	10x
Localisation des séismes	pas d'information	localisés avec une précision inférieure ou égale à 10°	nouvelles données
Taux d'impact des météorites	imprécision d'un facteur 6	facteur 2	3x

Tableau reprenant la précision des mesures d'Insight - Source Wikipédia

La source principale d'activité sismique de Mars est la contraction de la planète suite au refroidissement du noyau, ce que l'on appelle séisme tectonique. La source secondaire mais intéressante également est le résultat des impacts météoritiques.

Le site d'atterrissage

Les contraintes liées à la détermination du site d'atterrissage sont très conséquentes et l'objectif de réussite est fixé à 99 %. Ainsi, la latitude doit être comprise entre 15° Sud et 5° Nord afin que les panneaux solaires puissent travailler de manière optimale. De même, l'altitude doit être inférieure de 2,5 kilomètres par rapport au niveau moyen de la surface pour que la sonde puisse être ralentie suffisamment lors de sa rentrée dans l'atmosphère. En outre, la zone doit être dégagée d'incidents de terrain et suffisamment étendue pour pallier l'incertitude sur la densité de l'atmosphère ainsi que la vitesse et la direction des vents.

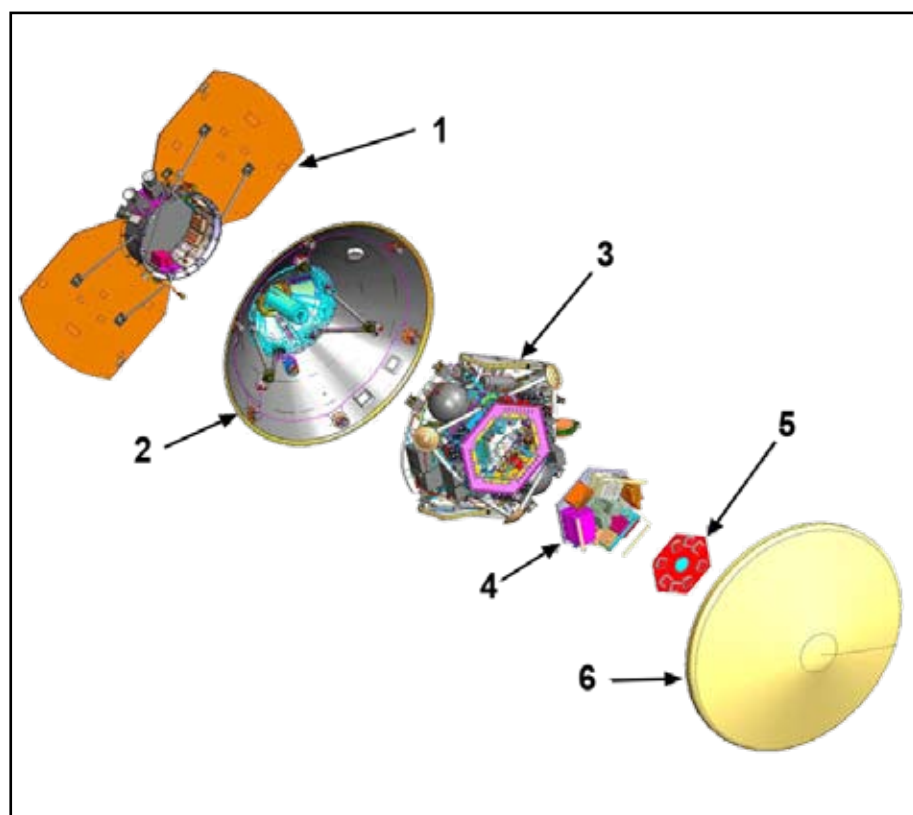


Insight doit se poser à l'intérieur de l'ellipse délimitée en blanc sur cette photo d'Elysium Planitia. Les rectangles blancs correspondent aux prises de vue de la caméra HiRISE de l'orbiteur MRO pour analyser le relief - Crédit NASA

L'inertie thermique du sol est contrainte également pour éviter des terrains trop mous (idéalement régolithique). Les rochers éparpillés ne doivent pas représenter plus de 10 % de la surface. Le terrain ne doit pas présenter de reliefs de grande taille ni de pentes supérieures à 15 %. Enfin le régolithe doit avoir au moins cinq mètres de profondeur pour faciliter la pénétration du sondeur HP3.

La sonde spatiale

Insight reprend l'architecture de Phoenix qui s'est posée en mai 2008 pour étudier les glaces de la calotte polaire. Cette architecture éprouvée permet de limiter les coûts de la mission et lui garantit une relative fiabilité. Le constructeur est Lockheed Martin Space Systems : il s'agit de la même avionique que MRO. La sonde pèse 694 kg au décollage. Sa hauteur est de 1m76 et son diamètre est de 2m64, 3m40 avec les deux panneaux solaires déployés).



1 - Étage de croisière (79 kg) largué avant le début de l'entrée dans l'atmosphère ; 2 - Bouclier thermique arrière (189 kg) ; 3,4 et 5 - Atterrisseur (358 kg) qui comprend les instruments, étage avionique et enceinte thermique ; 6 - Bouclier thermique avant. Crédit NASA

L'atterrisseur et ses instruments scientifiques

La charge utile d'Insight est de 50 kg, complétée par une station météo et un magnétomètre permettant d'affiner les mesures des instruments principaux. Les deux instruments scientifiques contribuant aux objectifs principaux de la mission (SEIS et HP3) sont déposés sur le sol par le bras télécommandé.

Le sismomètre SEIS

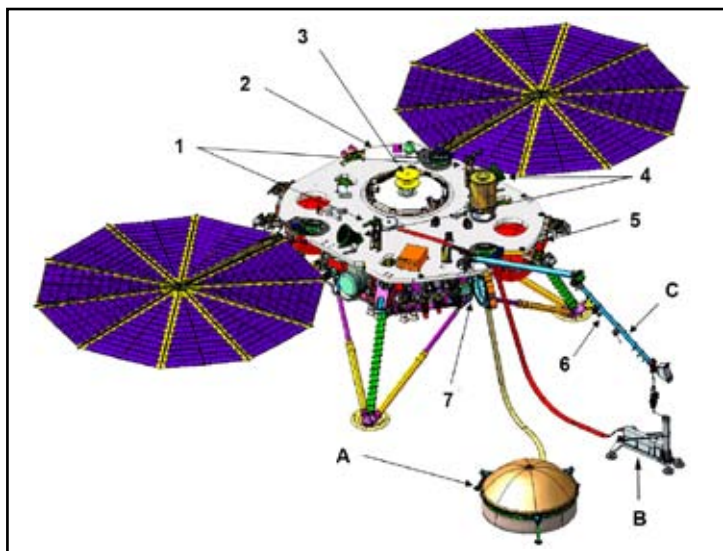
SEIS est un sismomètre à trois axes (N-S, E-W et vertical), composé de capteurs sismiques associés à des capteurs de température, un boîtier électronique pour l'acquisition des données, un système de déploiement et un logiciel. Sa masse totale est de 29,5 kg. Les capteurs VBB sont capables de recevoir des ondes sismiques dont la fréquence est comprise entre 0,001 et 10 Hz. Ils sont capables d'enregistrer des déplacements de l'ordre de 50 picomètres soit une mesure inférieure au rayon de l'atome d'hydrogène. Ce sont trois pendules d'une très grande sensibilité, chacun destiné à la mesure des mouvements du sol dans un des trois axes.

Le pendule est constitué par une masselotte de 120 grammes reliée par un ressort à un pivot ($52 \times 1,8$ cm) comprenant une partie fixe et une partie mobile. Le rôle du pivot est de fournir une articulation complètement libre, sans frottement. Les deux parties du pivot sont reliées entre elles par 20 petites lamelles flexibles, réalisées en cuivre et en béryllium, d'une épaisseur de 20 microns. Le mouvement du sol est transmis à la masselotte puis via le ressort à la partie mobile du pivot dont le débattement maximum, limité par des butées, est de 50 micromètres. Le ressort joue un rôle central dans la fonction du pendule. Il ramène celui-ci à sa position de départ après chaque vibration.

Il est réalisé dans un matériau très spécifique, le Thermelast, qui présente la particularité de conserver de manière quasi inchangée ses dimensions en cas de variation de la température. Par contre, celle-ci induit une modification de son magnétisme qui, s'il a peu d'influence sur Mars - pratiquement dépourvue de champ magnétique - nécessite toutefois l'emport d'un magnétomètre par la sonde spatiale pour corriger les mesures. À l'autre extrémité du ressort, la masselotte se déplace entre deux parties fixes. Le débattement de la masselotte est très limité : en théorie 150 micromètres, mais la flexibilité du pivot n'autorise que 50 micromètres. La distance entre la masselotte et la partie fixe qui l'encadre est mesurée à l'aide d'un capteur baptisé DCS (Differential Capacity Sensor). Celui-ci est constitué d'électrodes qui enregistrent les variations de capacité électrique entre les deux parties. Ces capteurs peuvent là encore enregistrer des déplacements de l'ordre de 50 picomètres.



Vue en coupe du sismomètre - Crédit NASA



Atterrisseur au sol avec les instruments déployés. A - Sismomètre SEIS ; B - Capteur de flux de chaleur HP3 ; C - Bras déploiement instrument IDA ; 1 - Capteurs de température et de vent TWINS ; 2 - Radiomètre ; 3 - Capteur de pression ; 4 - Antennes à faible gain LGA ; 5 - Capteur du magnétomètre fluxgate IFG ; 6 - Caméra utilisée pour le déploiement IDC ; 7 - Caméra de contexte ICC. Crédit NASA

Les informations fournies par le DCS sont transmises à un mécanisme de contre-réaction, constitué de bobines dans lesquelles circule un courant proportionnel au déplacement mesuré. Ces bobines génèrent un champ magnétique, qui va créer une force de rappel qui neutralise le déplacement de la masselotte. Ce sont les courants générés par ce dernier dispositif qui sont exploités pour mesurer les mouvements sismiques.

Plusieurs dispositifs sont utilisés pour régler de manière fine le pendule. La partie mobile du pivot est centrée grâce à un dispositif électromécanique afin de tenir compte de la force de gravité sur le site d'atterrissage. Sur Mars, l'accélération de la pesanteur est en moyenne de $3,71 \text{ m/s}^2$, mais elle n'est pas complètement uniforme. Des capteurs thermiques mesurent les variations de température. Un mécanisme, baptisé TDCM (dispositif de contrôle thermique), reposant sur des métaux ayant des coefficients de dilatation différents, compense les changements de température de l'environnement qui, malgré les multiples barrières thermiques isolant les pendules de l'extérieur, pourront faire varier la température interne de 10°C .

L'enceinte sous vide

Les capteurs VBB sont enfermés dans une enceinte sphérique de la taille d'un melon, réalisée en titane et maintenue sous un vide très poussé.

Cette cloche a plusieurs objectifs : la présence de gaz génère des ponts thermiques entre l'extérieur et les capteurs ce qui accroît le bruit et affecte donc la précision des mesures ; et l'amplitude thermique sur Mars peut aller jusque 100°C . L'impact des molécules de gaz sur le pendule affecte son mouvement et, en faisant le vide, on écarte les poussières.

À l'atterrissage sur Mars, la pression à l'intérieur de la sphère est de 0,01 millibar et ne devrait pas dépasser 0,1 millibar à la fin de la mission primaire. SEIS comprend également trois capteurs courte période fixés sur la paroi extérieure de la sphère. Ils sont optimisés pour les ondes sismiques dont la fréquence est supérieure à 1Hz (bande passante de 0,1 à 40 Hz pour assurer une redondance partielle). Ils sont néanmoins beaucoup moins sensibles et beaucoup plus compacts puisqu'ils mesurent la taille d'une pièce de 1 euro.

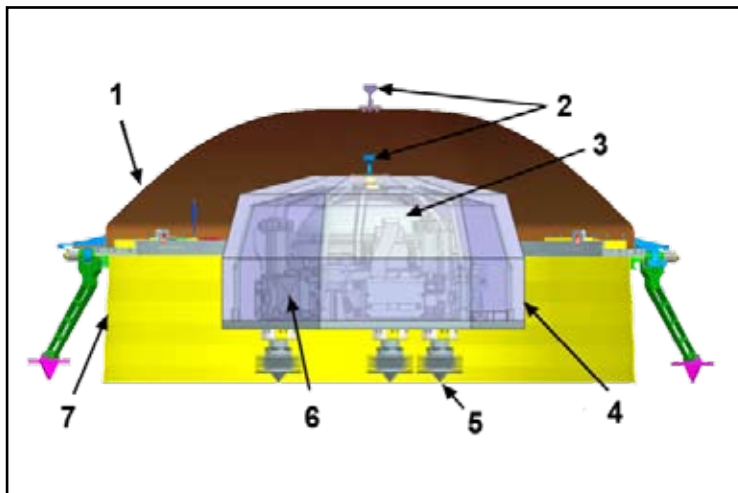
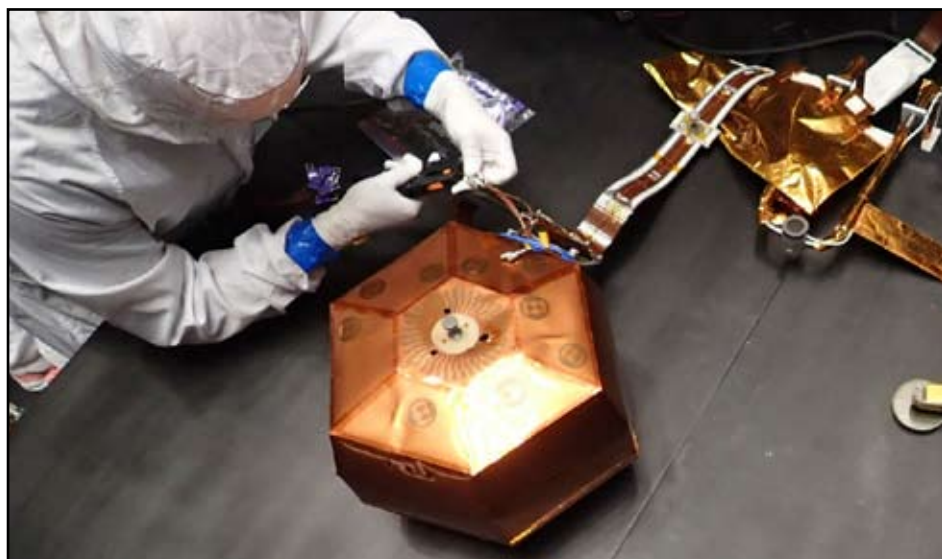


Schéma du sismomètre SEIS. 1 et 7 - Bouclier éolien et thermique ; 2 - Points d'accrochage ; 3 - Capteurs large bande ; 4 - Sphère étanche et sous vide ; 5 - Pieds réglables (x3) ; 6 - Capteurs courte période (x3). Crédit NASA

Le berceau réglable et l'enveloppe thermique

Pour fonctionner SEIS doit être posé sur le sol et sur un terrain le plus plat et le plus horizontal possibles. Pour remplir cet objectif, la sphère est posée sur un berceau comportant trois pieds dont la hauteur peut être modifiée à l'aide de moteurs électriques. Ils disposent d'un débattement de 6 cm permettant de compenser un dénivelé de 15° avec une précision de $0,1^\circ$. Les irrégularités locales, cailloux ou creux, si elles ne sont pas détectées avant la dépose seront traitées en modifiant la position de l'instrument à l'aide du bras. L'ensemble formé par la sphère



L'enceinte thermique interne RWEB - Crédit photo NASA

et le berceau est enfermée dans une structure hexagonale RWEB (Remote Warm Enclosure Box) qui forme une barrière thermique par rapport à l'extérieur.

La RWEB est composée de deux couches de Mylar séparées par un espace de deux centimètres dans lequel on laisse s'insinuer volontairement du CO_2 , constituant principal de l'atmosphère martienne. Le CO_2 a tendance à stagner dans les espaces confinés et donc renforce l'isolation thermique.

La cloche éolienne et thermique

Sur Terre, les sismomètres sont placés dans des sites très calmes loin des perturbations atmosphériques et caractérisés par des amplitudes thermiques faibles comme des caves ou des puits de mine... Sur Mars, impossible d'enterrer l'instrument, le JPL a donc conçu une cloche dont le rôle est de bloquer le vent et la poussière et d'atténuer les changements de température. Elle est constituée d'une partie supérieure hémisphérique en nid d'abeille d'aluminium posée sur trois pieds et d'une jupe extensible en cote de maille métallique qui allie souplesse et légèreté et qui permet d'englober l'instrument en épousant les irrégularités du terrain. La cloche fait 69 cm de diamètre, 35 cm de hauteur et sa masse est de 12 kg devant lui permettre de résister à des vents de 60 à 100 m/s, soit 360 km/h. L'électronique permettant à l'instrument de fonctionner se trouve dans un boîtier situé sous le pont principal de la sonde avec l'avionique.



Le bouclier thermique et éolien WTS - Crédit CNES

Le capteur de flux de chaleur HP3

HP3 (Heat flow and Physical Properties Package) est le deuxième instrument principal d'Insight. Il est fourni par la DLR (Deutsches Zentrum für Luft und Raumfahrt) allemande. Il doit mesurer la quantité de chaleur dégagée depuis le noyau de Mars et fournir ainsi des indices sur l'histoire thermique de la planète. Il doit s'enfoncer jusqu'à cinq mètres de profondeur pour que les mesures ne soient pas perturbées par les variations quotidiennes et saisonnières de température à la surface (profondeur suffisante car pas de nappes d'eau souterraines). C'est la toute première fois qu'un tel instrument est déployé sur le sol d'une autre planète.

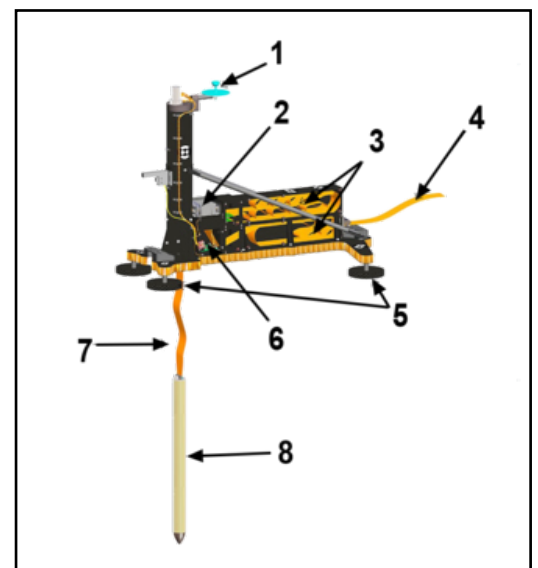


Schéma du capteur de flux de chaleur HP3. 1 - Point d'accroche ; 2 - Système de contrôle du câble ; 3 - Compartiment de stockage du câble 4 - Câble relié à l'atterrisseur ; 5 - Pieds ; 6 - Boîtier de connexion ; 7 - Câble avec capteurs de température passif ; 8 - "Taup" équipée avec mécanismes de percussion et capteurs thermiques. Crédit NASA

Les autres instruments

RISE (Rotation and Interior Structure Experiment) est une expérience de radio-science mettant à contribution le système de télécommunications d'Insight pour identifier les oscillations de l'axe de rotation de Mars en mesurant l'effet Doppler induit sur les transmissions radio. Ces variations sont liées à l'absence d'homogénéité à l'intérieur de la planète et doivent permettre de mieux comprendre la structure interne.

La station météo APSS (Auxiliary Payload Sensor Suite) doit fournir le contexte environnemental permettant l'interprétation des données du sismomètre. Cette suite comprend un magnétomètre *fluxgate* (vanne de flux) et la mini-station météorologique TWINS (Temperature and Winds for INSight) espagnole composée d'un baromètre d'un anémomètre et d'un thermomètre. Le magnétomètre est fourni par l'Université de Californie à Los Angeles (UCLA) et mesure les champs magnétiques avec une précision de 0,1 nT. Le baromètre détecte des fluctuations de 6 millipascals.

Tous les instruments sont installés par le JPL. Le déploiement des instruments au sol est assuré par l'IDS (Instrument Deployment System) qui comprend un bras articulé assisté de deux caméras dont seules les optiques diffèrent. Le bras, fixé sur le plateau supérieur mesure 1m80 et comprend trois articulations actionnées par quatre moteurs. Au bout du bras, un grappin formé de cinq doigts est utilisé pour attraper les trois éléments à déposer sur le sol (SEIS, la cloche et HP3).

La caméra IDC (Instrument Deployment Camera) est fixée sur le bras et son rôle est de prendre des images en couleurs après l'atterrissage des instruments installés sur la plateforme et de fournir une vue stéréoscopique de

la portion de sol où seront déposés SEIS et HP3, puis d'aider les ingénieurs et les scientifiques à utiliser le bras (champ de 45° et profondeur de champ de 50 cm à l'infini). La caméra ICC (Instrument Context Camera) est dotée d'un fisheye de 120 degrés et se trouve sous le bord du plateau supérieur afin de fournir une vue complémentaire.

Décollage

En 2018, la fenêtre de lancement s'ouvre le 5 mai (deux heures de créneau par jour) et se referme le 8 juin. Insight est la première sonde spatiale à partir de Vandenberg qui oblige à faire un lancement vers l'ouest et ne bénéficie donc pas de la vitesse de rotation de la Terre. La faute à un calendrier chargé à Cape Canaveral, mais la sonde légère et le lanceur suffisamment puissant permettent d'assurer le lancement de cette manière.

Le lancement est assuré par une fusée Atlas V (401) avec une coiffe de 3m70 de diamètre. La sonde part avec les panneaux de l'étage de croisière déployés. Le lancement a lieu dès l'ouverture de la fenêtre le 5 mai à 11h05. La sonde part avec deux nano-satellites MarCO qui vont naviguer de manière autonome et serviront de relais télécoms pour la phase d'atterrissage.



La fusée sur le pas de tir peu de temps avant le décollage
Crédit photo NASA

Le transit et l'atterrissage

La sonde parcourt 485 millions de kilomètres. Mars se trouve à 121 millions de kilomètres de la Terre au moment du départ. Le 26 novembre, 7 minutes avant le début de la rentrée atmosphérique, l'étage de croisière est largué. 30 secondes plus tard, Insight modifie sa trajectoire pour présenter son bouclier thermique vers l'avant. Sur Terre, trois radio télescopes récupèrent les données de la descente via les MarCO (direct mais

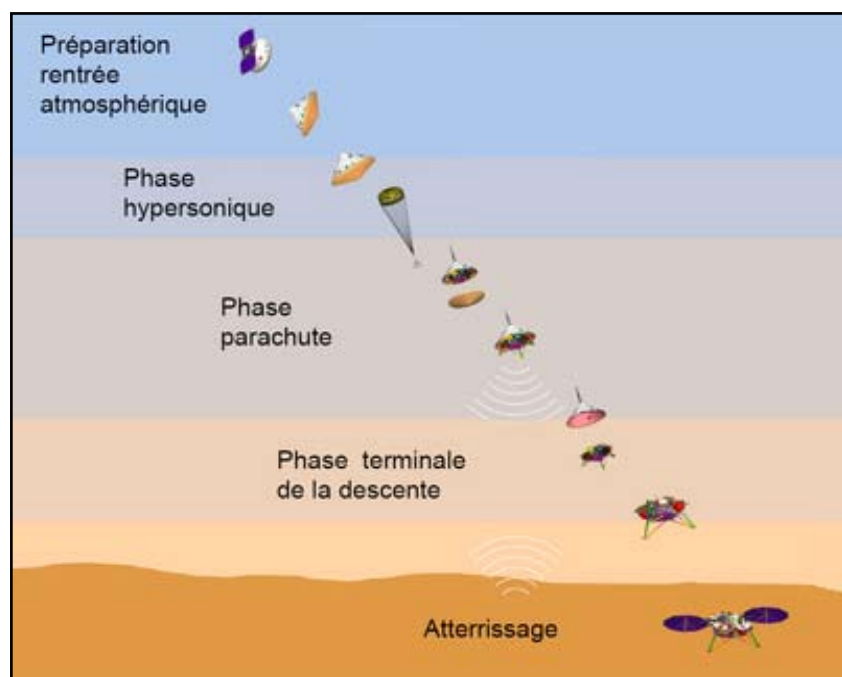


Schéma présentant les différentes phases de l'atterrissage sur Mars
Crédit NASA

avec un décalage de 8 minutes) et MRO (différé). Insight entre dans l'atmosphère à 5,5 km/s. Après 90 secondes, le bouclier avant est à 1500°C et 17 secondes plus tard la décélération est à 9g. 3 minutes et 30 secondes après l'entrée dans l'atmosphère, le parachute s'ouvre à 13 kilomètres du sol et la vitesse est de 446m/s. 10 secondes plus tard, le radar ventral se met en route et Insight descend sous son parachute pendant 3 minutes en éjectant le bouclier avant au bout de 25 secondes, en déployant aussitôt son train d'atterrissage. À 60m/s le parachute et le bouclier arrière sont largués, les 12 moteurs fusées sont mis en marche. À 50 mètres au-dessus du sol la vitesse est de 2,4 m/s et 30 secondes plus tard l'atterrisseur touche le sol à la vitesse de 8,6 km/h.

Le déroulement de la mission

L'activation de la station débute par la vérification des différents équipements et le déploiement des deux instruments principaux. L'opération doit durer 67 jours, avec une marge de 20 jours. Il faut sept semaines pour que la sonde thermique soit enfoncée entre trois et cinq mètres de profondeur. Pendant ce temps les orbiteurs transmettent les données deux fois par jour. Les premières images montrent un terrain très peu accidenté avec seulement quelques petits rochers, idéal pour l'installation des instruments. Le bras est débloqué le 4 décembre.

Le déploiement de SEIS

Au cours de la première semaine, les caméras collectent des données pour préciser les caractéristiques de surface, en particulier au sud, à portée du bras. Pendant les deux semaines suivantes, des photos complémentaires sont prises pour sélectionner la partie du terrain où seront déposés les instruments. Ces photos sont prises en stéréo pour mieux analyser les reliefs. 13 décembre : feu vert pour le déploiement. La pince au bout du bras est libérée. Le 16 décembre, la pince saisit SEIS et les télécommandes de déploiement sont envoyées le 17 décembre. Du 17 au 19 décembre, SEIS est libéré puis amené très lentement vers le sol et touche ce dernier à 1m60 de l'atterrisseur. Les pieds sont réglés dans les jours suivants pour obtenir l'horizontale car la pente du site est de 2 à 3°. Début janvier, la cloche de protection est mise en position.

Le déploiement de HP3

L'analyse des images prises par la caméra de Insight et par l'instrument HIRISE de l'orbiteur Mars Reconnaissance Orbiter réalisées lors d'un survol du site d'atterrissage indiquent que l'atterrisseur s'est posé sur une zone particulière plate, dépourvue de grosses roches. Insight est au centre d'un cratère très peu profond, sans doute inférieur à un ou deux mètres, qui a été comblé par du sable. Sous cette couche de sable se trouve du régolithe. Le socle de roches commencerait à 10 ou 12 mètres de profondeur. Cette composition du sol est idéale pour l'installation de la sonde HP3 qui doit être enfoncée à plusieurs mètres de profondeur.

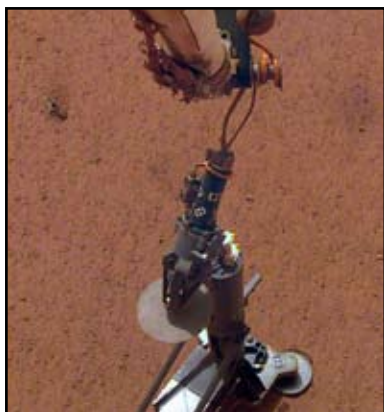
À l'aide des relevés effectués, les techniciens du JPL ont reconstitué dans le laboratoire ISIL (In Situ Instrument Laboratory) le terrain sur lequel InSight est posé pour mettre au point la séquence d'opérations de dépose des instruments. Pour que l'instrument fonctionne, il faut enfoncer un tube long d'environ 40 centimètres jusqu'à une profondeur de 5 mètres. L'opération doit durer plusieurs semaines, avec des pauses de deux à trois jours, durant lesquelles on laisse la chaleur produite par le processus se dissiper, puis on mesure la conductivité



Sur cette photo prise le 4 décembre, on voit le sismomètre SEIS en rouge, la cloche blanche qui doit le recouvrir, le capteur de flux de chaleur (HP3) en noir et l'extrémité du bras sur lequel est installée la caméra. Crédit NASA



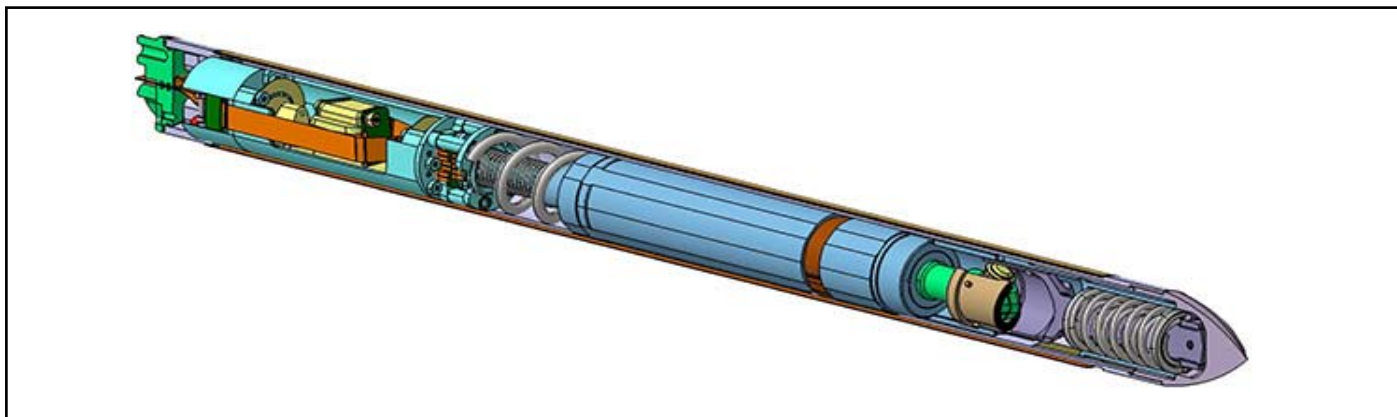
Le déploiement de SEIS au bout du bras - Crédit photo NASA



Le déploiement de HP3
Crédit photo NASA

thermique. Le tube s'enfonce sous l'action d'une masse en tungstène qui coulisse à l'intérieur entre deux ressorts et qui est mise en mouvement par un moteur électrique.

Une fois le sismomètre SEIS opérationnel, le bras de la sonde dépose HP3 au sol. Les opérations de forage débutent le 28 février 2019 (Sol 92). Le tube s'enfonce aux trois quarts dans le sol mais sa progression est rapidement stoppée. Les opérations reprennent le 2 mars mais le tube ne s'enfonce pas plus et se trouve maintenant incliné à 15° par rapport à la verticale. Une pause est décidée pour tenter de déterminer la nature du problème. Le tube est-il arrêté par une roche ? La nature du sol trop élastique annule-t-elle les effets du mouvement du bloc de tungstène ? Le mécanisme de déroulement du câble à l'intérieur est-il gêné par un objet non identifié ?



Vue en coupe du pénétrmètre Mole. Le moteur électrique situé au centre de la sonde (bleu) utilise un mécanisme rotatif (vert et marron) pour tendre le ressort principal près de la pointe (gris), auquel est fixé le marteau (violet). Après une rotation, le ressort est relâché et le marteau accélère vers l'avant, où il heurte l'intérieur de la pointe qui agit comme une enclume. Dans le même temps, le moteur est accéléré en arrière. Ce mouvement est absorbé par un ressort (au-dessus du moteur électrique) et de nouveau dirigé vers l'avant, entraînant un deuxième coup plus faible. Les masses et les ressorts sont conçus de telle sorte que la sonde se comporte comme une "diode" mécanique. Il pénètre dans le sol lorsque le frottement des murs absorbe le recul - Crédit DLR.

HP3 : l'échec

Début juin, la NASA et la DLR définissent une nouvelle stratégie : la présence d'un caillou est jugée peu probable. L'hypothèse est que le tube ne s'enfonce pas parce que les forces de frottement exercées par le sol sur celui-ci ne sont pas suffisantes pour empêcher le tube de rebondir après chaque impact du bloc de tungstène. Le sol sur le site a une consistance différente de ce qui a été observé ailleurs et les simulations sur Terre n'ont pas pu reproduire le comportement constaté. Qui plus est, le phénomène est aggravé par la faiblesse de la gravité martienne.

En janvier 2021, la NASA qui estime avoir tout tenté, décide de renoncer à enfoncer la sonde dans le sol et à faire fonctionner l'instrument. Les scientifiques devront déterminer quelles sont les propriétés du sol martien qui ont conduit à cet échec.

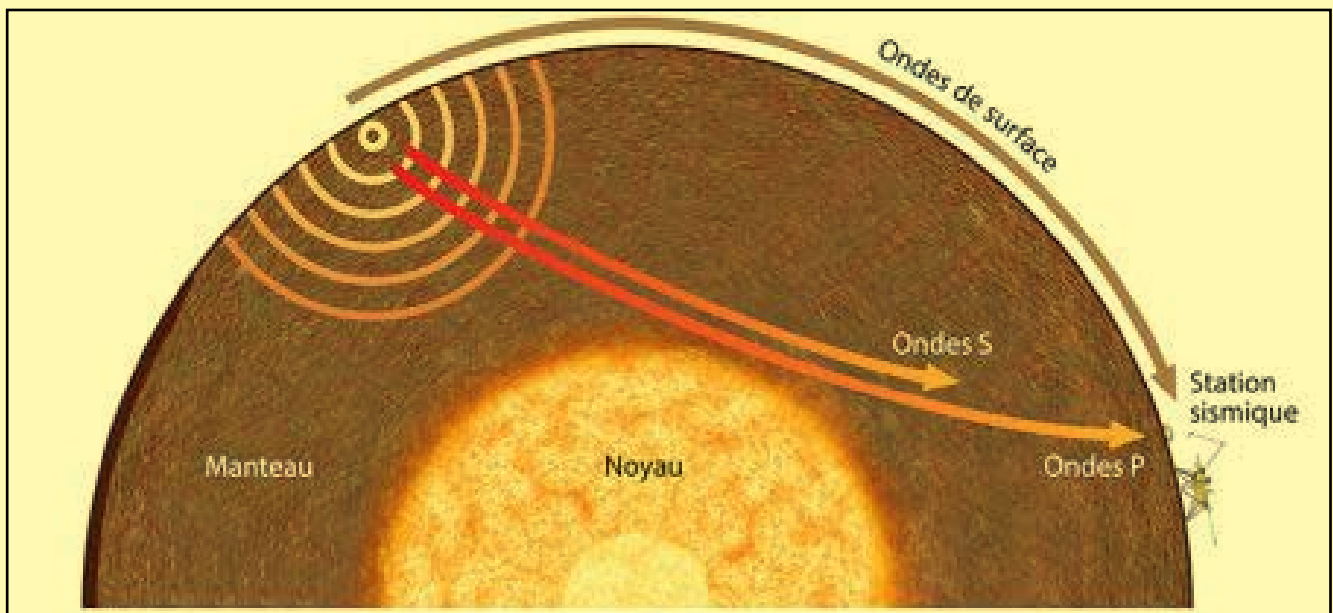


HP3... de biais - Crédit photo NASA

Petit topo sur les ondes sismiques

Qu'est-ce qu'un séisme ? Un séisme est un événement géologique au cours duquel des contraintes plus ou moins fortes déclenchent une rupture au sein d'un matériau rocheux, ce qui conduit à une brusque libération d'énergie. Une partie significative de l'énergie d'un séisme va se dégager sous la forme d'ondes sismiques, qui vont se propager dans toutes les directions de l'espace à l'intérieur du globe, mais aussi à sa surface. Les ondes sismiques sont classées en deux grandes familles : celles qui voyagent à l'intérieur d'une planète, et qui sont parfois en position de traverser le globe terrestre de part en part, noyau métallique y compris : ce sont les ondes de volume P (compression-dilatation) et S (cisaillement) ; et celles qui circulent uniquement en surface, sans volonté aucune de s'enfoncer dans le sous-sol, ce sont les ondes de surface.

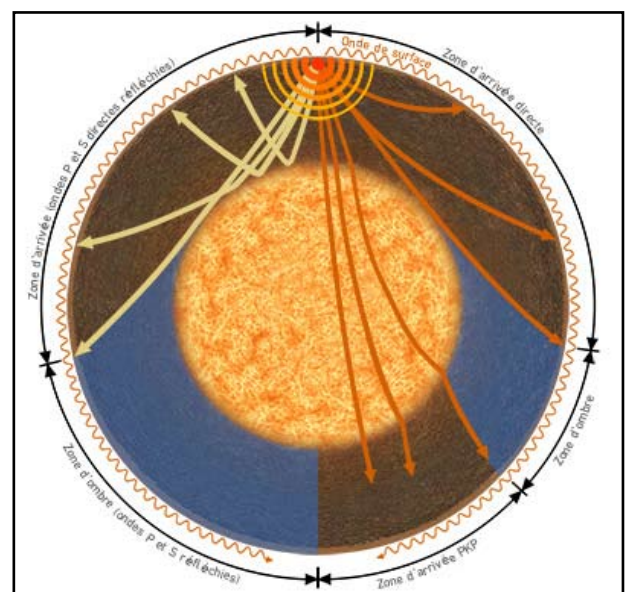
La mesure du décalage entre l'arrivée des ondes P et des ondes S sur une station permet d'en déduire la distance de la source. Les ondes de volume nécessitent les données enregistrées par trois stations pour déterminer l'épicentre avec précision. Les ondes P traversent n'importe quoi et plus le milieu est dense plus elles vont vite. Les ondes S sont plus lentes et détestent les liquides qu'elles ne peuvent traverser.



Onde de volume et onde de surface - Crédit IPGP/David Ducros

Les ondes de surface exploitées par SEIS

Elles sont moins véloce que les ondes S mais ont une plus grande amplitude. On distingue deux types : ondes de Rayleigh et ondes de Love. Grâce aux ondes de Rayleigh, en particulier celles qui seront suffisamment énergétiques pour pouvoir faire un tour complet de la planète, SEIS peut déterminer la vitesse de propagation sans avoir besoin de connaître la position du séisme. La stratégie est tout simplement de détecter la première arrivée de l'onde de surface, puis de mesurer à nouveau celle-ci après qu'elle ait effectué un tour complet de la planète. La circonférence de Mars étant connue, la différence entre les deux temps de passe permettra de calculer la vitesse de propagation de l'onde de surface de Rayleigh.



Propagation des ondes sismiques à l'intérieur du globe martien - Crédit IPGP/David Ducros

De manière à maximiser le retour scientifique, le sismomètre d'Insight embarque deux types de sismomètres. L'un, qui constitue le cœur de l'instrument SEIS, est un sismomètre très large bande. Surtout sensible aux ondes de longue période, il est couplé avec un second sismomètre à courte période (SP), qui étend donc ses capacités d'écoute dans le domaine des ondes courtes.

Simple dans le principe, cette approche est en fait un défi technologique en raison de la faible amplitude de l'onde de surface : pour un séisme distant de 90° et après le tour supplémentaire, l'accélération du sol générée par les ondes de surface d'un séisme de magnitude 4,5 sera de quelques dixièmes de milliardièmes de gravité martienne. Cela est malgré tout rendu possible car les VBB ont une sensibilité entre 20 et 50 secondes de période, égale à $2 \cdot 10^{-10} \text{ m/s}^2$ soit l'attraction gravitationnelle d'une personne de 70 kg sur une balançoire à 5 mètres de l'instrument.

La phase opérationnelle de SEIS

Elle commence dès l'achèvement du déploiement. Les données sont transmises en UHF aux orbiteurs MRO et Mars Odyssey qui relaient en bande X aux trois stations terriennes du Deep Space Network, des antennes de 70 et 34 mètres en Espagne, Californie et Australie. Le sismomètre est totalement opérationnel début février 2019 et une première secousse est détectée le 7 avril 2019. Il s'agit cependant d'une amplitude très faible qui ne permet pas la localisation de l'épicentre.

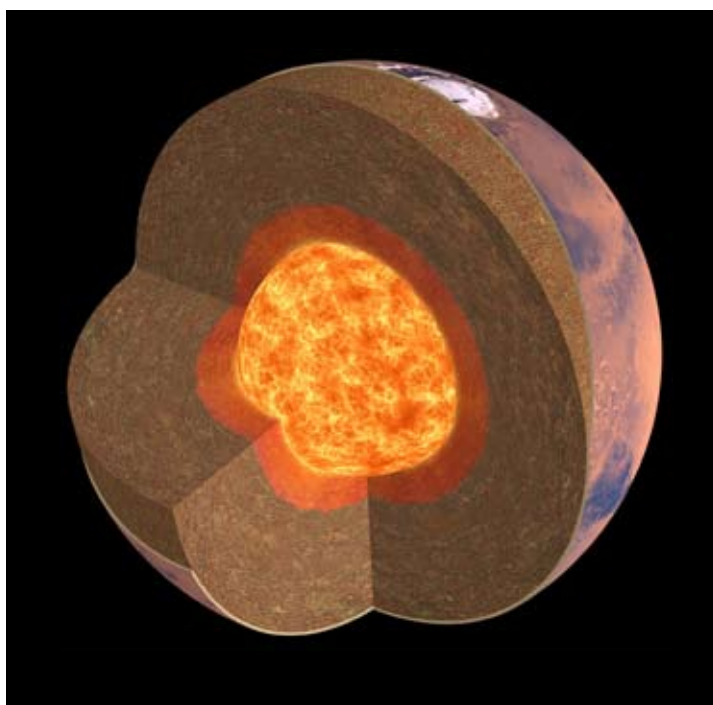
En octobre 2019, plus de 100 événements sismiques ont été enregistrés dont 20 sont considérés comme produits par une activité sismique. Le 22 mai et le 23 juillet, SEIS détecte des séismes de magnitude 3,7 et 3,3 qui livrent des informations intéressantes sur la croûte de Mars, notamment la découverte d'une discontinuité. En avril 2021, SEIS a enregistré 600 événements sismiques dont une cinquantaine de magnitude comprise entre 2 et 4 (c'est une échelle logarithmique : de magnitude 7 à magnitude 4 il y a un facteur 27000). En novembre 2021, ce sont plus de 1000 séismes qui ont été détectés et les analyses apportent une quantité phénoménale d'informations pour les géologues.

Bien que son isolation par rapport à l'extérieur soit particulièrement poussée, le sismomètre, très sensible, enregistre par ailleurs de nombreux événements extérieurs : bourrasques de vent, mouvements du bras de l'atterrisseur, dilatation des composants du sismomètre dus aux fortes variations de température entre le jour et la nuit.

Le noyau martien

Une découverte majeure de SEIS est la mesure et la nature du noyau martien. L'analyse des ondes sismiques se réfléchissant à la surface du noyau a permis d'en mesurer la taille (entre 1810 et 1860 kilomètres) ce qui est un peu supérieur aux estimations faites par le calcul du moment d'inertie, seule mesure que l'on pouvait effectuer jusque là. En proportion il ressemble au noyau terrestre mais sa masse volumique est plus faible car il comporte plus d'éléments légers.

Ces données fournies par SEIS confirment également que le noyau est liquide. On le soupçonnait par les mesures de déformation induites par les marées solaires. Ce qui pourrait expliquer le déclin rapide du champ magnétique martien. Le champ magnétique terrestre est entretenu par la cristallisation du noyau externe. Si le noyau martien est liquide, il n'y a pas de cristallisation et donc il se produit une diminution rapide du champ magnétique entraînant alors une érosion de l'atmosphère et la désertification de la surface.



Vue schématique de la structure interne de Mars - Crédit NASA

Les Dust Devils

Les scientifiques de la mission, devant l'extrême sensibilité de SEIS, ont eu l'idée de faire de la sismologie sans activité sismique ! À la place des secousses telluriques, ils ont utilisé des interactions entre le sol et l'atmosphère. Du fait de la pression atmosphérique très faible mais de la puissance des vents, des tourbillons de poussières, appelés Dust Devils, se forment fréquemment sur Mars. Ils provoquent une dépression au niveau du sol que SEIS et la station météo d'Insight ont pu détecter quand ils passaient assez près. On a pu déduire de ces mesures les propriétés de rigidité et d'élasticité du sol jusqu'à une dizaine de mètres de profondeur.



Vue d'artiste d'un Dust Devil sur Mars - Crédit NASA

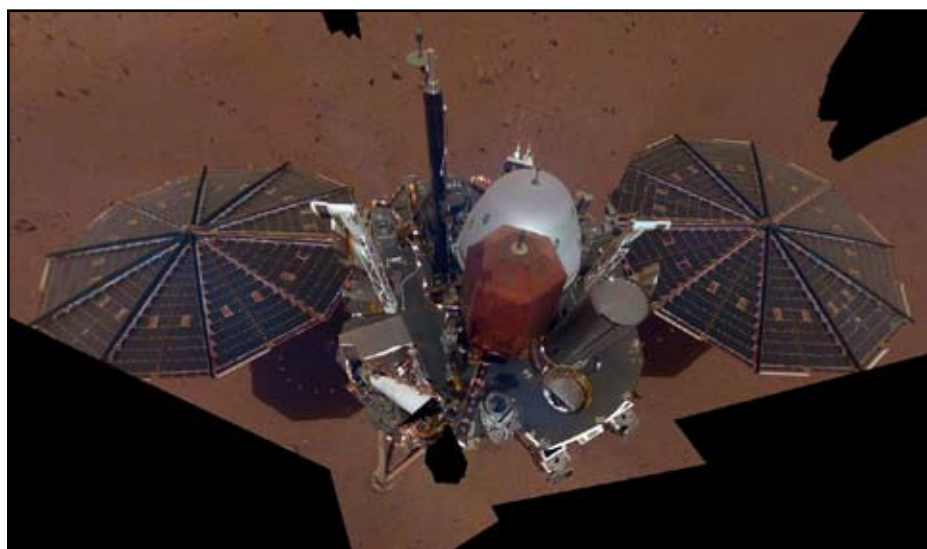
Les impacts météoritiques

Du fait de sa sensibilité et du soin apporté à sa mise en place, Insight est également capable de détecter les ondes sismiques émises par des impacts de météorites. Ce sont des sources bien moins énergétiques que les séismes, mais qui peuvent être localisées avec précision. L'occurrence de ces événements est relativement faible, environ cinq par an, mais ces impacts forment des cratères d'une dizaine, parfois plusieurs dizaines de mètres de diamètre, facilement détectables par les imageurs des orbiteurs. Leur distance est alors connue avec précision et les différences entre les temps d'arrivée des ondes P et les autres ondes sismiques permettent de déterminer la profondeur du Moho (discontinuité entre manteau et croûte) ce qui est une donnée extrêmement importante en géologie structurale.



Vue d'artiste d'une chute de météorite sur Mars - Crédit NASA

La mission continue



Selfie d'Insight à la surface de Mars - Crédit NASA

En janvier 2021, l'annonce a été faite selon laquelle la mission Insight était prolongée de deux ans jusqu'en décembre 2022. Beaucoup de travail reste à accomplir pour mieux comprendre et analyser la sismologie martienne. Comme souvent en sciences, les premières publications présentent des découvertes fascinantes, mais ces interprétations et résultats peuvent évoluer avec l'arrivée de nouvelles données. Nul doute que cette petite station nous réserve encore son lot de découvertes passionnantes.

Il y a 30 ans

le 23 avril 1992, les premiers résultats de la mission COBE sont dévoilés

Par Michel Pruvost

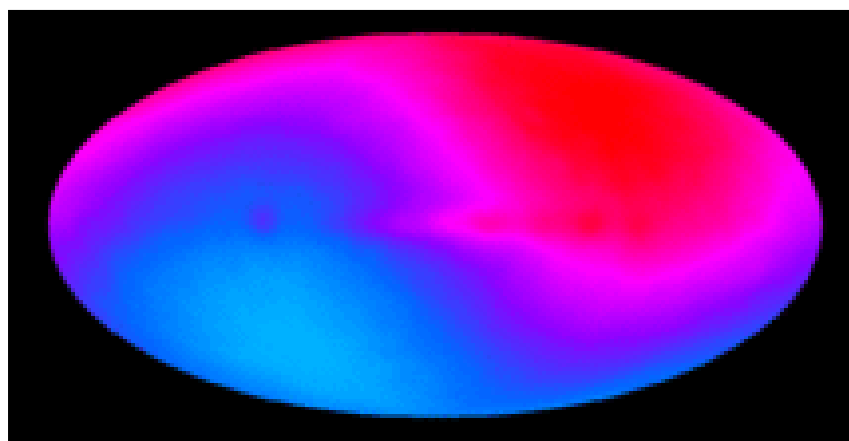
C'est un pas fondamental dans la compréhension de la naissance de l'univers. Les découvertes du satellite Cobe vont permettre aux astrophysiciens d'apporter des réponses à trois grandes énigmes de l'univers : le scénario du Big Bang, la genèse des galaxies et la composition intime de l'univers. Cela vaudra en 2006 le prix Nobel de physique aux responsables des instruments John C. Mather et Georges F. Smoot.

C'est trois ans avant que le satellite Cobe est lancé, le 18 novembre 1989. Sa mission est d'étudier et de cartographier le rayonnement du fond du ciel, le fond diffus cosmologique. On sait, depuis sa découverte en 1964 par Arno Penzias et Robert Wilson et son interprétation par l'équipe de James Peebles qu'on a là la toute première image de l'univers.

Cette découverte apporte, à l'époque, un argument fondamental à la théorie du Big Bang qui prévoit qu'au début l'univers était opaque, la lumière émise étant constamment réabsorbée par la matière. Le scénario prévoit qu'avec la baisse de la température et de la pression dans cet univers primordial, les photons se libèrent à un moment dans un formidable flash lumineux. La date de ce grand flash était même prévue autour de 300000 ans après le Big Bang. Compte tenu de l'expansion de l'univers, ce rayonnement devait se détecter de nos jours

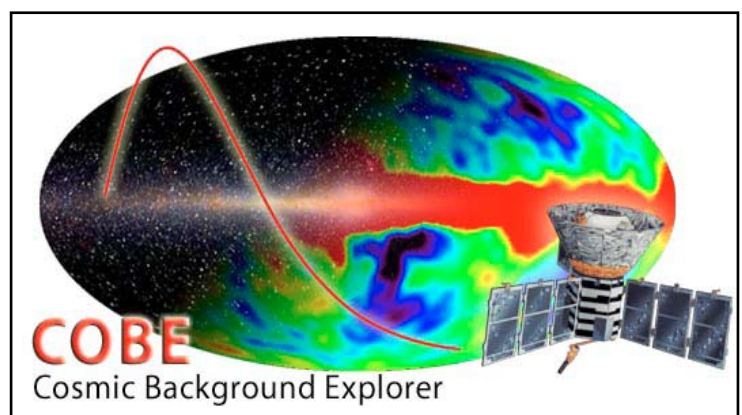
autour d'un rayonnement uniforme de corps noir autour de 3 K.

Dans les années 80, il reste beaucoup de questions. Le rayonnement mesuré est très uniforme quelle que soit la direction de l'observation. Or, l'univers n'est pas homogène. On sait à ce moment que la structure de l'univers s'organise en grands filaments d'amas de galaxies entourant de grands vides. Comment peut-on expliquer cet état avec un univers totalement isotrope ?



Crédit NASA

On ne connaît pas non plus la nature exacte du rayonnement de fond. On soupçonne un rayonnement de corps noir mais on n'en a pas la certitude. Ces mesures sont donc fondamentales pour résoudre ces énigmes et constituent l'essentiel de la mission Cobe.

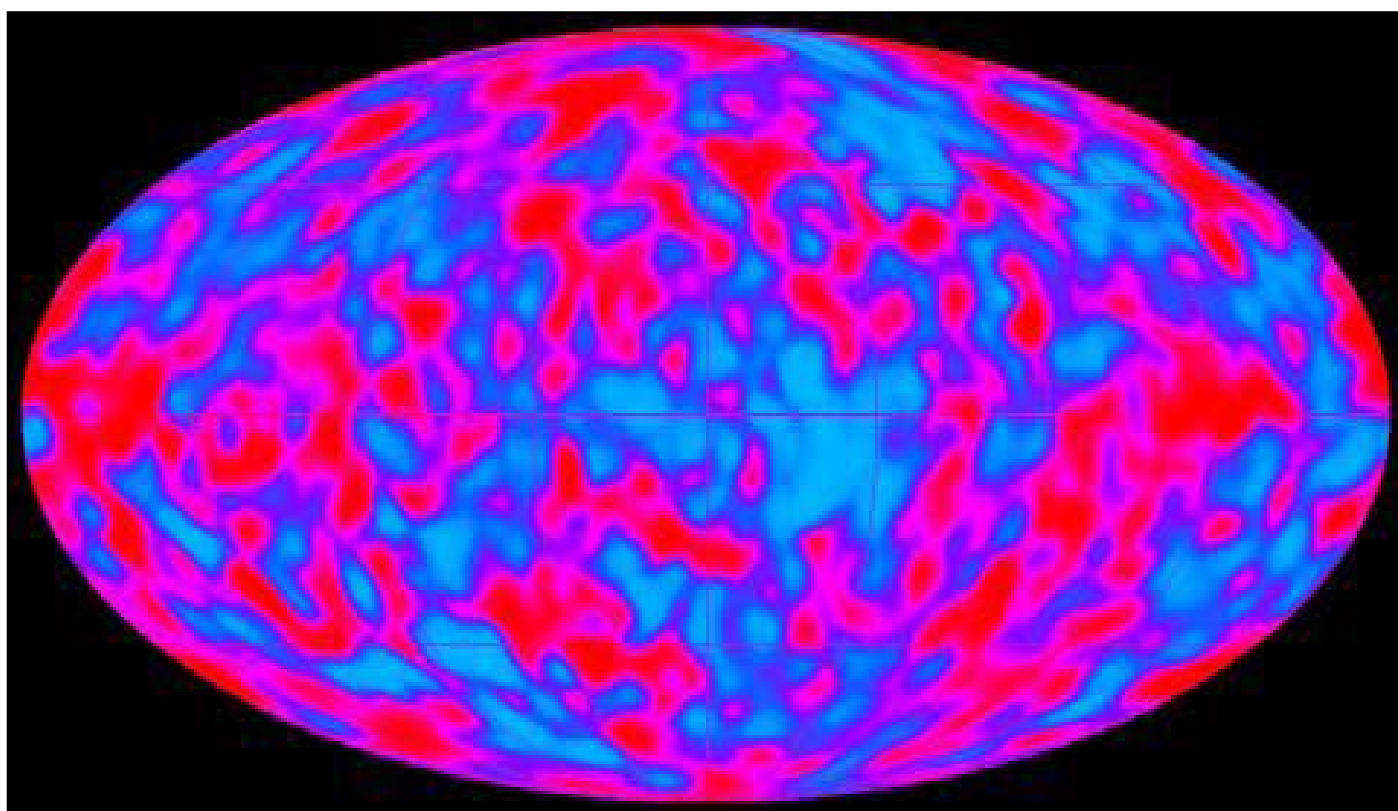


Le rayonnement du corps noir est un rayonnement électromagnétique émis par un corps en équilibre thermodynamique à une température constante et uniforme, supposé absorber parfaitement la totalité du rayonnement qu'il reçoit. Il apparaît donc d'un noir absolu, d'où son nom et on conçoit donc que c'est une parfaite théorie. Cela n'existe pas dans la nature mais certains objets s'en rapprochent beaucoup. Il en est ainsi des étoiles. Le rayonnement d'un corps noir est caractérisé par une totale continuité de rayonnement dans le spectre y compris dans ce qui n'est pas visible. Il émet plus fortement dans une longueur d'onde qui est fonction de la température du corps. Un corps à 1000°C émettra principalement dans l'infrarouge, à 4000°C dans le jaune, à 20000°C dans le bleu, etc. Attention, le corps noir n'a rien à voir avec un trou noir.

Dès le début de la mission, Cobe répond à une des questions. Le spectre de la lumière du fond de ciel correspond à celui d'un corps noir, à 50 longueurs d'onde différentes. On est même là en présence de l'émission du corps noir parfait et théorique. À des longueurs d'onde allant du millimètre au centimètre, Cobe amène une confirmation éclatante de la théorie du Big Bang et mesure la température du fond du ciel à 2,728 K à 0,001% près. Voilà le troisième grand argument en faveur de cette théorie après l'expansion de l'univers et la nucléosynthèse primordiale.

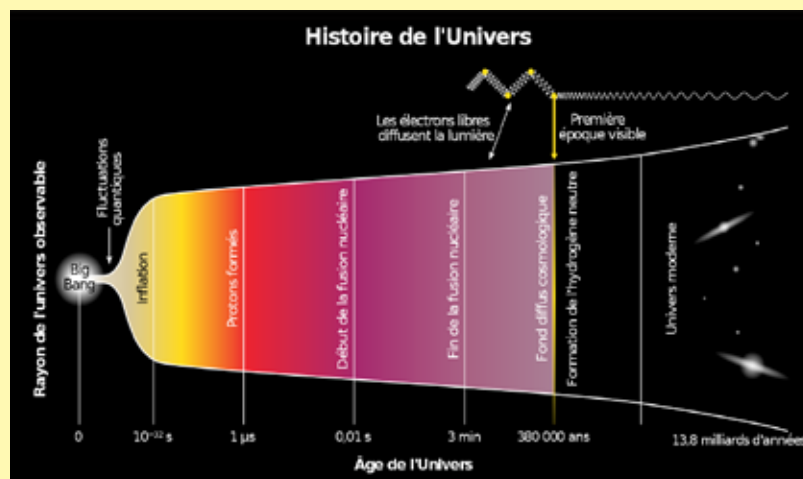
Mais un problème subsiste et Cobe va, cette fois, mettre deux ans pour le résoudre. Il s'agit de la cartographie du rayonnement. Durant ces deux années, les astrophysiciens vont s'arracher les cheveux devant les mesures de Cobe. Malgré la sensibilité des instruments de mesure, le fond de ciel demeure parfaitement homogène et isotrope avec une précision de 2.10^{-5} degré. Alors, comment expliquer le passage de cet état parfaitement homogène à un univers fragmenté en amas de galaxies ? Les mesures de Cobe étaient inconciliables avec la réalité de l'univers.

Heureusement, quelques semaines avant, après plus de 300 millions d'observations dans différentes longueurs d'onde, les scientifiques de la mission établissent une carte des fluctuations avec une précision de 5.10^{-6} degrés. Et c'est la révélation ! Le niveau de fluctuations est celui prévu dans le scénario de la cosmologie moderne qui prévoit pour les toutes premières secondes "l'inflation standard". Cobe n'apporte pas une révolution mais fournit un argument décisif pour le modèle standard.



Crédit NASA

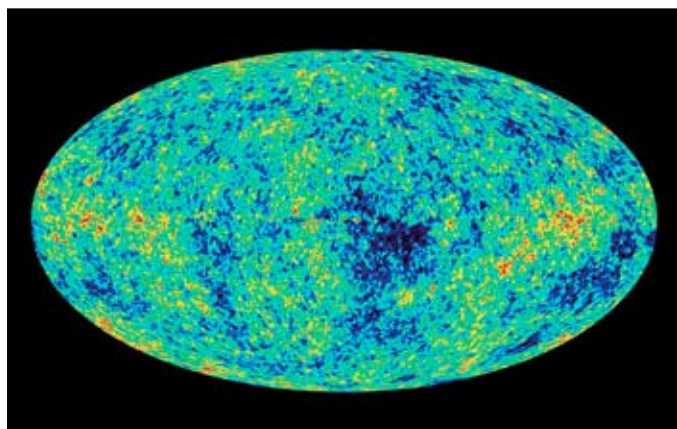
Élaborée au début des années quatre-vingt par Alan Guth et Andreï Linde, la théorie de l'inflation prédit que l'univers aurait grossi d'un facteur de 10^{26} en un temps extrêmement bref, entre 10^{-36} et 10^{-33} secondes après le Big Bang. L'univers est alors comme soufflé, ce qui entraîne une grande homogénéité et l'isotropie de l'univers. Les observations faites avant 1980 ne correspondaient pas avec une théorie de l'expansion lente de l'univers qui prévoyait un univers très hétérogène et dont deux points observés dans des directions opposées du ciel ne pouvaient avoir des caractéristiques semblables (la même température par exemple). La théorie de l'inflation a donc permis de résoudre cette anomalie et a reçu une extraordinaire confirmation par les observations de Cobe.



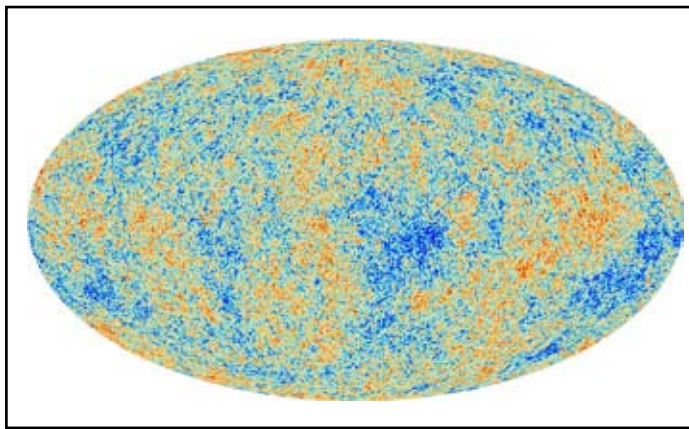
Frise présentant l'histoire de l'Univers - Crédit Whidou et S. Villeneuve

Les observations de Cobe ont permis également d'élaborer des scénarios de formation des galaxies. En effet, ces très petites fluctuations de températures sont suffisantes pour donner naissance aux futurs grands amas de galaxies ainsi qu'aux vides qui les séparent. Cela signifie qu'au moment où le rayonnement cosmologique a été émis, existaient de très faibles fluctuations de densité. La gravitation a alors joué son rôle en faisant se concentrer les zones plus denses. L'univers a alors commencé à s'organiser et a lentement pris la forme qu'on lui connaît, le scénario le mieux admis aujourd'hui étant la formation de milliards de petites galaxies qui, progressivement, ont fusionné pour donner les galaxies actuelles. Une autre conséquence des mesures de Cobe est que, pour pouvoir créer ces amas de galaxies, la matière visible n'est pas en quantité suffisante pour provoquer l'instabilité gravitationnelle nécessaire. Il manque 90 % de matière mais celle-ci n'a toujours pas été identifiée.

Deux autres missions spatiales seront ensuite lancées afin d'améliorer la précision des mesures d'anisotropies. La première est lancée en 2001, c'est la mission américaine WMAP qui permet des mesures précises, avec une résolution angulaire sur le ciel de moins d'un degré. En mai 2009, l'agence spatiale européenne lance le satellite Planck qui fournit la carte la plus détaillée du fond de ciel. Les résultats de ces missions confirment pleinement ceux de Cobe avec une précision considérablement plus importante. Ces minuscules variations de température émises voilà 370000 ans sont le reflet d'ondulations de l'univers alors qu'il n'était âgé que d'un milliardième de seconde. Elles sont la source des grandes structures de l'univers et permettent de conclure que l'univers est composé de 4,9 % de matière ordinaire, de 26,8 % de matière noire et de 68,3 % d'énergie noire, ces deux derniers éléments étant encore inconnus. L'âge de l'univers est alors amené à 13,8 milliards d'années et la constante de Hubble à 67,7 km/s/Mpc. Mais le débat n'est pas clôt...



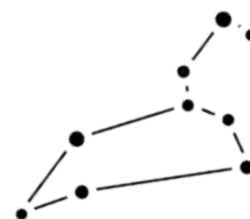
Le fond cosmologique vu par WMAP - Crédit NASA



Le fond cosmologique vu par Planck - Crédit ESA

La constellation du Lion

Par Arnaud Agache



À chaque numéro de *la porte des étoiles* jusqu'à épuisement (du stock ou de ma motivation), j'évoquerai une constellation parmi les "vedettes" du ciel boréal (avec quelques exceptions australes). Pour faire bonne mesure, je donnerai aussi la parole à une autre constellation, qui ne fait pas partie des VIP. Je démarre avec le Lion et le Petit Lion.

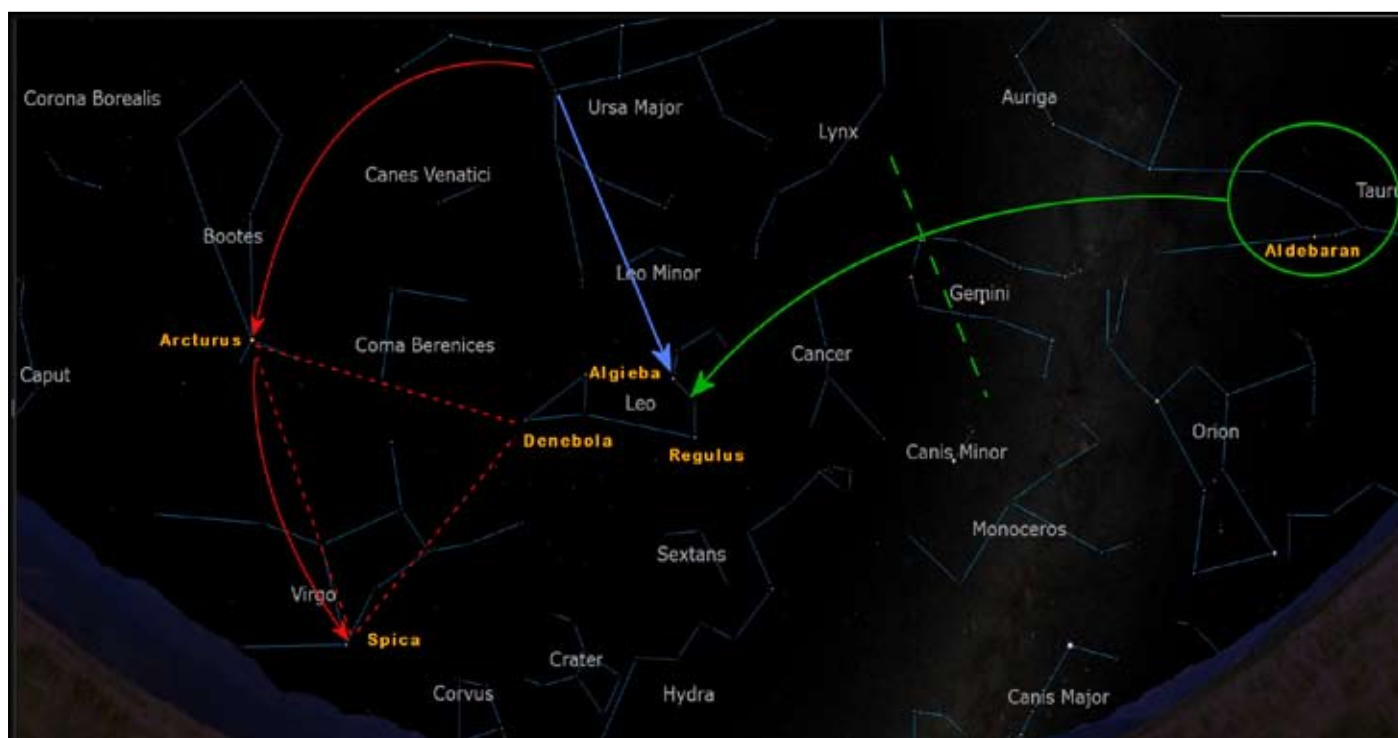
Quelques repères

Le Lion est une constellation zodiacale qui fait partie des "évidentes", qui peuvent être reconnues directement. La forme de faucille de la tête de l'animal aide grandement, de même que Regulus, son étoile la plus brillante. Dans l'ensemble, on peut y voir un fer à repasser.

Sinon, on peut partir de la Grande Ourse. On sait qu'on peut prolonger le bord de la casserole formé par le segment [Merak Dubhe] pour joindre Polaris ; pour trouver le Lion, utilisons plutôt l'autre bord, celui près du manche, c'est-à-dire le segment [Megrez Phocda] et prolongeons-le dans l'autre sens (et un peu plus loin) : nous rejoignons alors Algieba et sommes arrivés dans le Lion.

Si l'on sait repérer Arcturus du Bouvier, pointée du doigt si l'on considère que ce dernier est formé par le manche de la grande casserole, ainsi que Spica de la Vierge (en continuant le chemin après Arcturus) : on cherche une troisième étoile pour former un triangle équilatéral. On la trouve : c'est Denebola, β du Lion, et l'on a ainsi identifié le triangle du printemps.

Alternative, si l'on reconnaît bien les Gémeaux (grâce à Castor et Pollux) et le Taureau (grâce à Aldebaran et aux Hyades) : on peut retenir que le Lion se trouve de l'autre côté du Taureau par rapport aux Gémeaux.



Carte de repérage avec les couleurs du texte qui sont reportées sur la carte du ciel. Ces repérages deviennent vite superflus.
Carte de fond issue du logiciel Starry Night.

Ses origines mythologiques

Dans la mythologie grecque, après avoir tué sa femme Mégara et ses fils dans un accès de folie provoqué par sa mère Héra, Héraclès s'est tourné vers la Pythie de Delphes pour lui demander comment expier sa terrible faute. Celle-ci lui a demandé d'obéir à Eurysthée, ennemi juré d'Héraclès, qui lui a alors ordonné les fameux Douze Travaux. Vaincre le lion de la forêt de Némée, monstre qui terrorisait toute la région d'Argolide, était le premier d'entre eux. C'est ainsi qu'Héraclès s'est attaqué au lion, réputé doté d'une peau impénétrable. En effet, ni ses flèches, offertes par Apollon, ni sa massue en bois d'olivier n'ont produit d'effet contre cette véritable cuirasse. C'est en l'étouffant qu'Héraclès est finalement venu à bout du monstre. Il s'est fait un manteau de sa légendaire peau, qu'il n'a pu découper qu'en s'aidant des griffes du lion lui-même. Zeus a catastrophé le Lion pour perpétuer l'exploit d'Héraclès.

Pour n'en citer qu'un parmi d'innombrables, on trouve un court récit du mythe dans *le feuillet de Thésée* de Murielle Szac. On peut l'écouter grâce au podcast *Mythes & Légendes* de Marc Jer (épisode : *Héraclès, le premier des 12 travaux : le lion de Némée*).

Dans les arts

Bien sûr, de nombreuses références s'inspirent du combat mythique : vases antiques, peintures flamandes...

- au palais des Beaux-Arts de Lille : un bronze du Moderno, XVI^{ème} siècle, "Hercule combattant le lion de Némée" ;
- au musée Plantin-Moretus d'Anvers : un dessin à la craie de Rubens ;
- au musée de la maison de Rubens (Rubenshuis) d'Anvers : un buste d'Hercule, représenté revêtu de la peau du lion de Némée, en terre cuite sculpté par Lucas Faydherbe ;
- au musée du Louvre, dans le décor extérieur, précisément sous le fronton central du bâtiment de l'aile Lemercier (à droite du pavillon de l'Horloge de la cour carrée) figurent Hercule et la dépouille du lion de Némée sur ses genoux ;
- à l'intérieur du même musée, on trouve entre autres un lécythe "Héraclès et le Lion de Némée" du V^{ème} siècle avant J.-C., "Hercule et le lion de Némée" de Michel-Ange, une tapisserie du XVI^{ème} siècle nommée "Hercule et le lion de Némée" ;
- au musée Gustave Moreau à Paris : "Hercule et le Lion de Némée" de Moreau ;
- au musée des Beaux-Arts de Lyon, l'œnochoé "Héraclès et le lion de Némée"...

Notons aussi que *Le Lion de Némée* est une nouvelle policière d'Agatha Christie mettant en scène le personnage d'Hercule... Poirot.

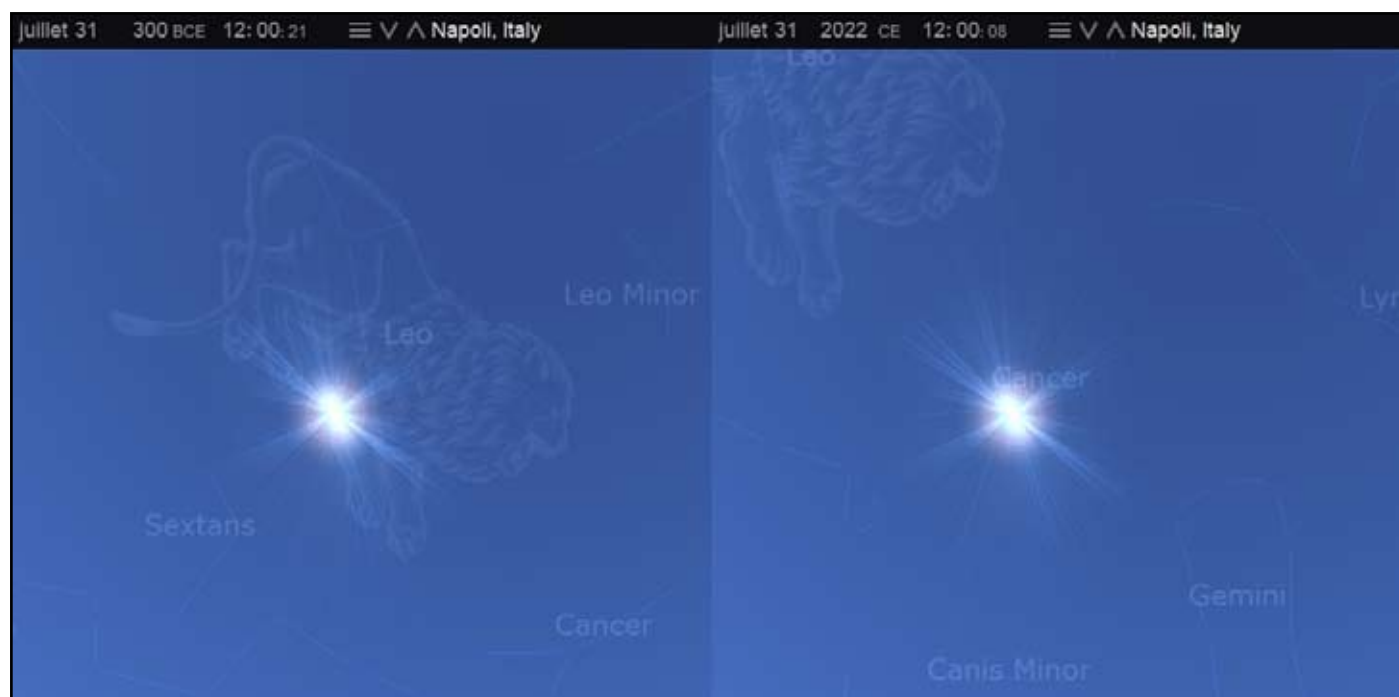


Le combat d'Hercule avec le lion de Némée par Rubens exposé au musée d'Anvers

Qu'en dit Aratos de Soles ?

Dans ses *Phénomènes*, long poème du III^{ème} siècle avant JC, Aratos évoque le Lion ainsi : *"Les Gémeaux ont leurs têtes vers celle de la Grande Ourse, sous le milieu de laquelle est le Cancer; et sous ses deux pieds paraît le Lion, où le soleil est au plus brûlant de sa course ; car les campagnes se dépouillent de leurs moissons, quand le soleil commence à parcourir le signe du Lion. Les vents étiens se précipitent en grondant sur la vaste mer ; on ne peut plus naviguer avec la rame ; il faut de grands navires, que les marins aient à gouverner contre le vent"*.

À son époque, le Soleil entrait en effet dans la constellation un mois après le solstice, au cœur de l'été, alors que de nos jours, à cette période de l'année, il se situe entre les Gémeaux et le Cancer. Les Italiens ont un joli terme pour désigner cette période, mêlant encore Soleil et Lion : le *solleone*.



À midi au cœur de l'été, le *solleone* de Naples, au temps d'Aratos de Soles (à gauche) avait plus de sens qu'à notre époque (à droite) - Illustrations issues du logiciel Starry Night.

Quelques objets de la constellation du Lion

• une étoile

La plus brillante de la constellation est Regulus. Elle tourne si rapidement qu'elle est fortement aplatie.

• une étoile double

Algieba ("le front" en arabe, mais elle est en réalité dans la crinière) est une étoile double dont les deux composantes orangées sont séparées de 4,4" et ont des magnitudes de 2,6 et 3,8. Dans son catalogue des objets à observer hors de sentiers battus, Simon Lericque cite deux autres étoiles doubles : 90 Leo et Leo I.

• une étoile variable

R Leo est une variable de type Mira. Elle a une magnitude apparente qui varie entre 5 et 10 sur une longue période de 312 jours.



Algieba γ Leonis photographiée par Simon Lericque

• des objets du ciel profond

Sous l'étoile Chertan, au tiers du segment [Denebola Regulus], on trouve le triplet du Lion : les trois galaxies M65, M66, NGC 3628. Le Lion de nos ciels héberge de nombreuses autres galaxies : M95, M96, M105, NGC 2903, NGC 3384, NGC 3412, NGC 3377, 3489, 3607, 3608, 3628, 3640, 3521.

• les Léonides

C'est dans le Lion que se situe le radiant des Léonides, issues de la comète Tempel-Tuttle qui a une période de 33 ans. Les météores de novembre 1833 ont été particulièrement spectaculaires.

• le clin d'œil chti

Chez nous, sous 50° de latitude Nord on pourrait l'appeler : la constellation du Phoque de la Baie d'Authie, non ?



Le triplet du Lion photographié par Mikaël De Kételaère



La constellation du Phoque de la baie d'Authie - Carte de fond issue du logiciel Starry Night.

Le Petit Lion s'exprime

*"Non je ne suis pas fâchée. NON, je ne boude pas, enfin pas vraiment. Quoi, quoi, ce qui me chiffonne ? Vous voulez vraiment que je vous dise ? Eh bien soit ! Prenez les constellations des Ourses (petite, grande) ou des Chiens (petit, grand, de chasse) : elles cohabitent en bonne intelligence, elles, et les unes reconnaissent l'existence des autres ! Alors que moi, moi... Eh bien, voilà : Mâdââme ma voisine m'ignore. Oui monsieur, je pèse mes mots, je dis bien : elle m'ignore. Voyez-vous, elle s'appelle Le Lion. Comme s'il n'y avait qu'un Lion dans le ciel ! Ce n'est pas parce que moi, le Petit Lion, n'arbore pas des Regulus (*accent dédaigneux*) ou des Denebola (*accent dédaigneux bis, pire encore que le premier*), que je ne pavane pas avec des galaxies en veux-tu en voilà, que je n'ai pas le droit d'exister ! Non, je ne suis pas vexée, voulez-vous arrêter avec ça ? Je suis pudique, voilà tout. Je ne me dévoile pas comme cela, aux premiers venus... Moi ! Laissez-moi vous dire une petite chose qui en dit long sur mon humilité : figurez-vous que je n'ai pas d'étoile alpha. C'est comme ça. Le titre reviendrait à Praecipua, 46 LMi, mais je vous l'ai dit : chez moi on ne fanfaronne pas. Ah, et laissez-moi ajouter... Il n'y a pas que la voisine du dessous qui a une étoile variable nommée R. Moi aussi, j'ai la mienne, de période 372 jours. Plus longue que R Leo. Et toc !"*

Les productions des membres du GAAC

Le Lion et le Petit Lion ont été visités, scrutés, dessinés, photographiés par les membres du GAAC. Voici quelques-unes de leurs œuvres.



La galaxie NGC 2903 photographiée par M. De Kételaère



Régulus et la galaxie naine Leo I dessinée par S. Lericque



Algieba dessinée par Christophe Leclercq



NGC 3424, 3430 et 3413 dessinées par M. Michalak



Les galaxies M65 et M66 dessinées par Michel Pruvost

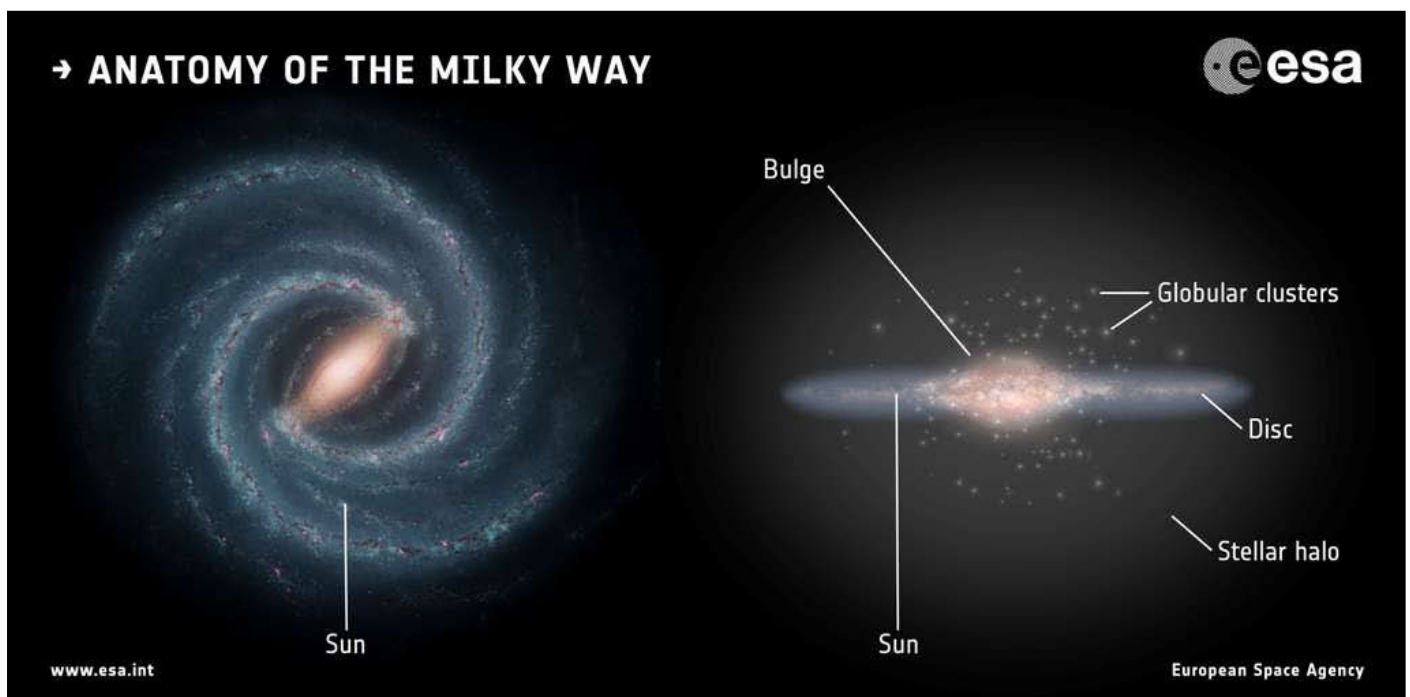
Des aiguilles dans le ciel

Par Michel Pruvost



La plupart des galaxies offrent un spectacle un peu décevant dans un télescope. À quelques exception près, l'observateur ne distingue qu'un ovale plus ou moins lumineux et présentant un centre plus brillant. Pour percevoir des détails rendant l'objet intéressant, il est nécessaire de pouvoir disposer d'un instrument de grand diamètre ou alors, d'abandonner l'observation à la caméra et de laisser celle-ci emmagasiner les photons pour les restituer sous la maîtrise de l'électronique.

Il existe pourtant une famille d'objet particulièrement esthétique et dont la vue dans un télescope est proche de ce qu'elle peut donner en photographie. Il s'agit des galaxies spirales vues de profil. Une galaxie spirale est un immense amas d'étoiles très aplati, un disque en quelque sorte, avec, au centre, un bulbe lumineux sphérique plus ou moins aplati et présentant quelquefois une barre. De ce bulbe partent des spirales d'étoiles qui s'enroulent autour. Notre propre galaxie, la Voie lactée, est une galaxie spirale barrée. Son diamètre est d'environ 100 000 années-lumière et son épaisseur 1000 années-lumière.



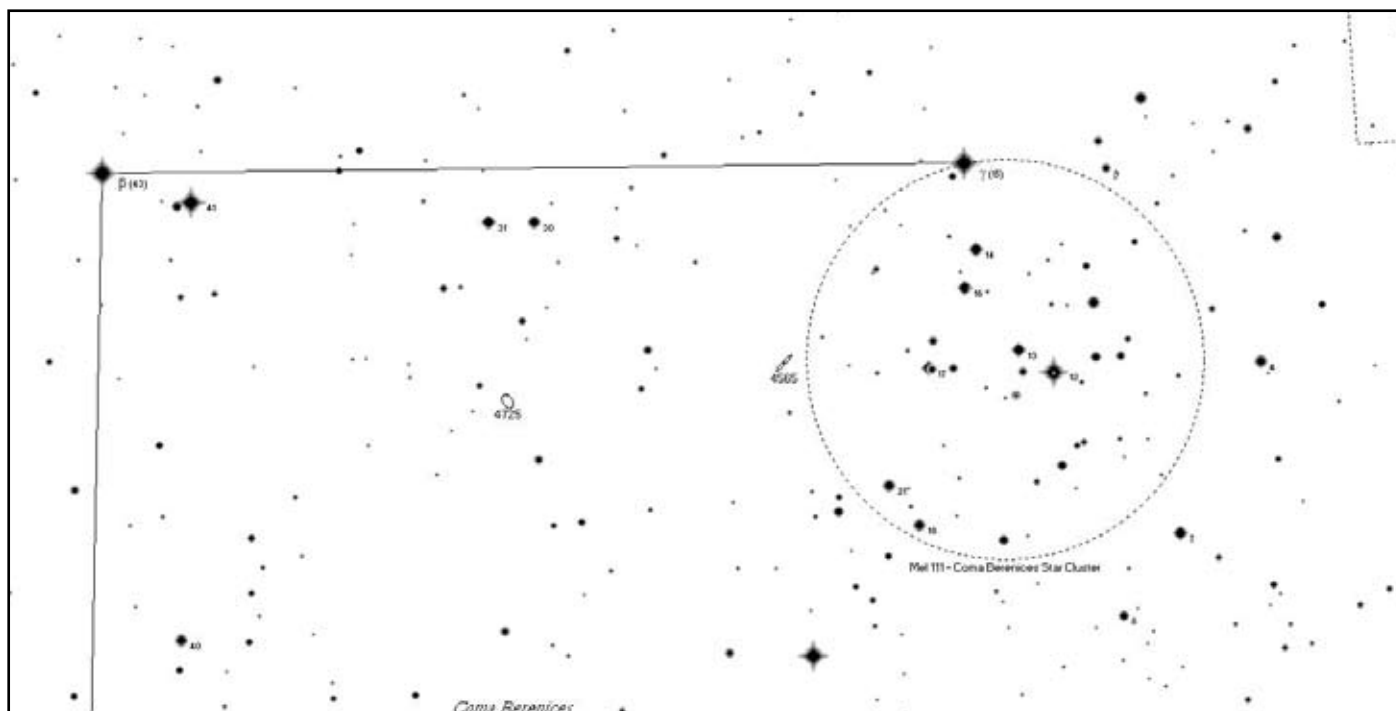
Schémas présentant une galaxie spirale vue de face et de profil avec les différents éléments qui la composent - Crédit ESA

On pourrait penser qu'il est plus facile d'observer une galaxie spirale de face. Après tout, c'est dans cette position qu'elle présente le maximum d'étoiles. Mais la luminosité se dilue dans cette grande surface et il ne reste à observer que le bulbe. Seules quelques rares galaxies laissent apercevoir leurs bras, et encore, dans des instruments de grand diamètre. C'est vues de profil que ces grandes galaxies apparaissent le mieux. Toute la luminosité de la galaxie se concentrant dans cette ligne de quelques 1000 années-lumière d'épaisseur, il est assez aisé de voir l'ensemble de l'objet et même, quelquefois, d'y surprendre quelques détails.

Le prototype de ces galaxies vues de profil, la plus connue et l'une des plus esthétiques est NGC 4565. Cette galaxie présente en effet tous les critères pour une observation de premier rang. Sa localisation est d'abord assez simple dans la constellation de la Chevelure de Bérénice, juste à gauche de l'amas Melotte 111. Sa magnitude de 9,5 en fait un objet visible dans de petits instruments et, enfin, son aspect la rend inratable. Dans un 200, il est difficile de percevoir la bande sombre qui traverse la galaxie, mais c'est une chose possible dès 300 mm de diamètre. Le spectacle est merveilleux et n'a rien à envier aux photographies auxquelles elle ressemble totalement. Elle est située à environ 31 millions d'années-lumière de nous.

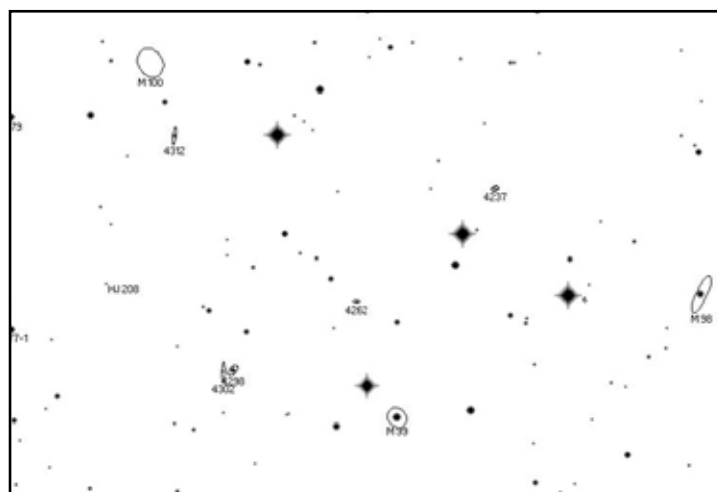


NGC 4565 au Dobson 400 - Dessin de l'auteur

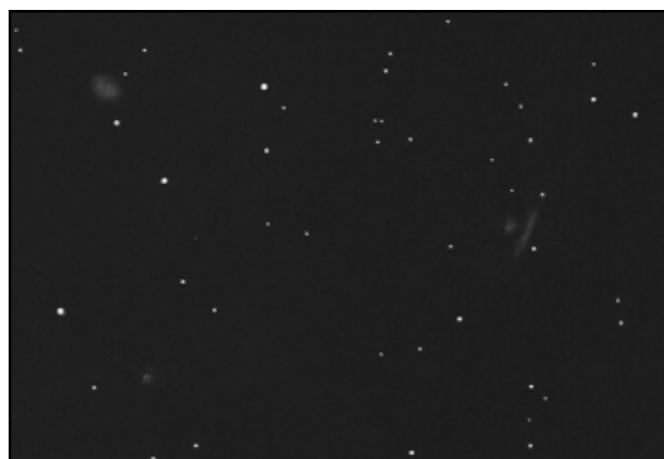


Carte de repérage de NGC 4565

Également dans la Chevelure, mais cette fois plus difficile à trouver et observer, la galaxie NGC 4302 présente aussi cet aspect de fuseau étroit. C'est un petit objet de magnitude 11,9 qui présente le grand intérêt d'être accompagné d'une compagne spirale cette fois vue pratiquement de face. Ces deux galaxies sont aussi visibles non loin de M99, ce qui facilite leur recherche. L'observation de ces galaxies est très intéressante de part la présence d'autres galaxies dans l'environnement, et par le caractère esthétique de l'image. Ces galaxies peuvent s'observer dans un télescope de 200 mm de diamètre sans problème mais exigent un bon ciel exempt de pollution lumineuse.

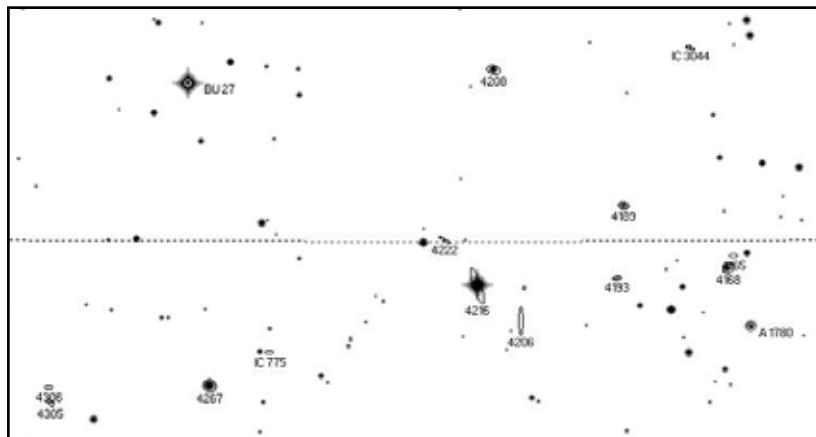


Carte de repérage de NGC 4302



Les environs de NGC 4302 au Dobson 400
Dessin de l'auteur

Il ne faut pas se déplacer beaucoup pour trouver un trio de ces galaxies vues de profil. À la frontière entre la Chevelure et la Vierge se trouvent NGC 4216 et deux autres petites aiguilles, NGC 4206 et NGC 4222. Si NGC 4216 est tout à fait visible dans un télescope de 200 mm, il faut un 250 pour NGC 4206 et un 300 pour NGC 4222. NGC 4216 n'est pas vraiment une galaxie de profil, elle est en fait légèrement inclinée mais son aspect au télescope la classe incontestablement dans cette famille.



Carte de repérage de NGC 4216, 4206 et 4222

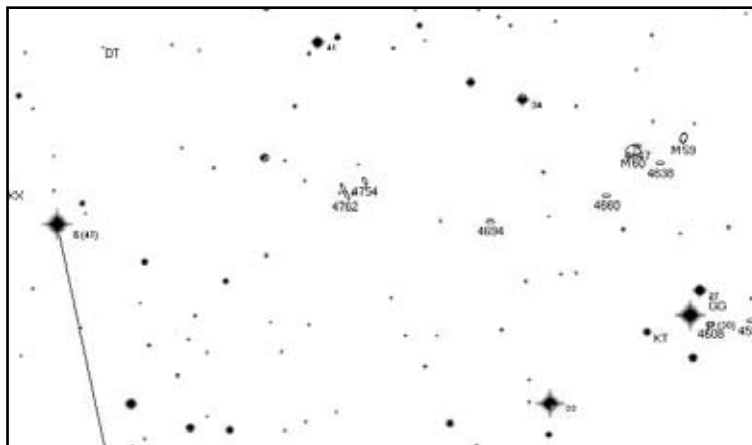


Le trio NGC 4216, 4206 et 4222 - Dessin Olivier Derache - <https://astro59.org/>

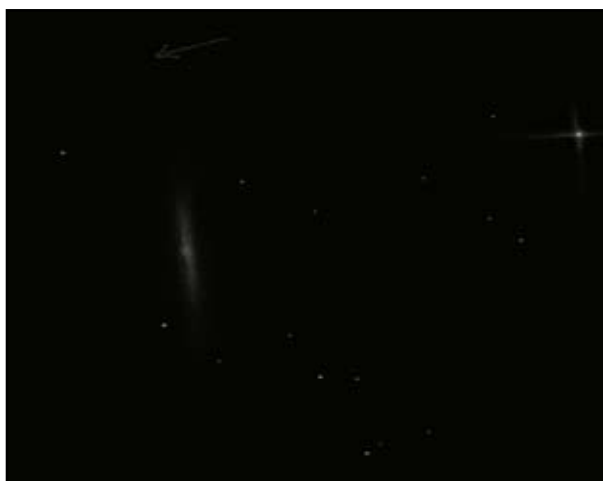
Encore un couple de galaxies. Il faut dire que dans la constellation de la Vierge, les galaxies sont rarement seules. Près de l'étoile ϵ Virginis, on peut découvrir assez facilement le duo NGC 4762 et NGC 4754 où la première est une galaxie vue exactement de profil. Avec des magnitudes de 10,1 et 10,5, ces deux galaxies sont déjà bien visibles dans un 200 mm et le spectacle est, encore cette fois, très esthétique. Leurs luminosités surfaciques étant élevées, il ne faut pas hésiter à pousser le grossissement. C'est d'ailleurs un des grands avantages de ces objets. NGC 4762 est une des galaxies les plus fines qu'on puisse observer. Ce n'est pas une spirale mais une galaxie lenticulaire de type SB0. Sa distance a été estimée à 45 millions d'année-lumière.



NGC 4762 et 4754 - Dessin de l'auteur

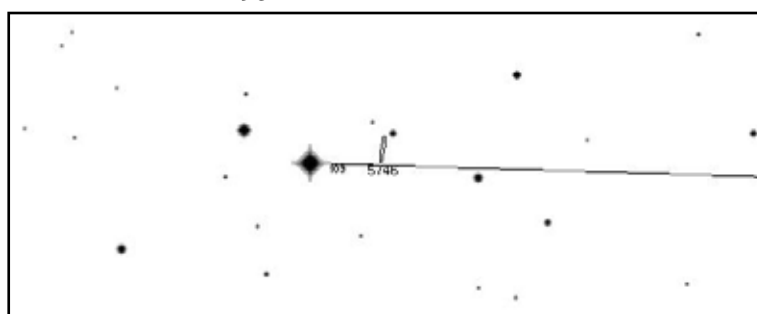


Carte de repérage de NGC 4762 et 4754



NGC 5746 - Dessin Frédéric Baelde
<https://astro59.org/>

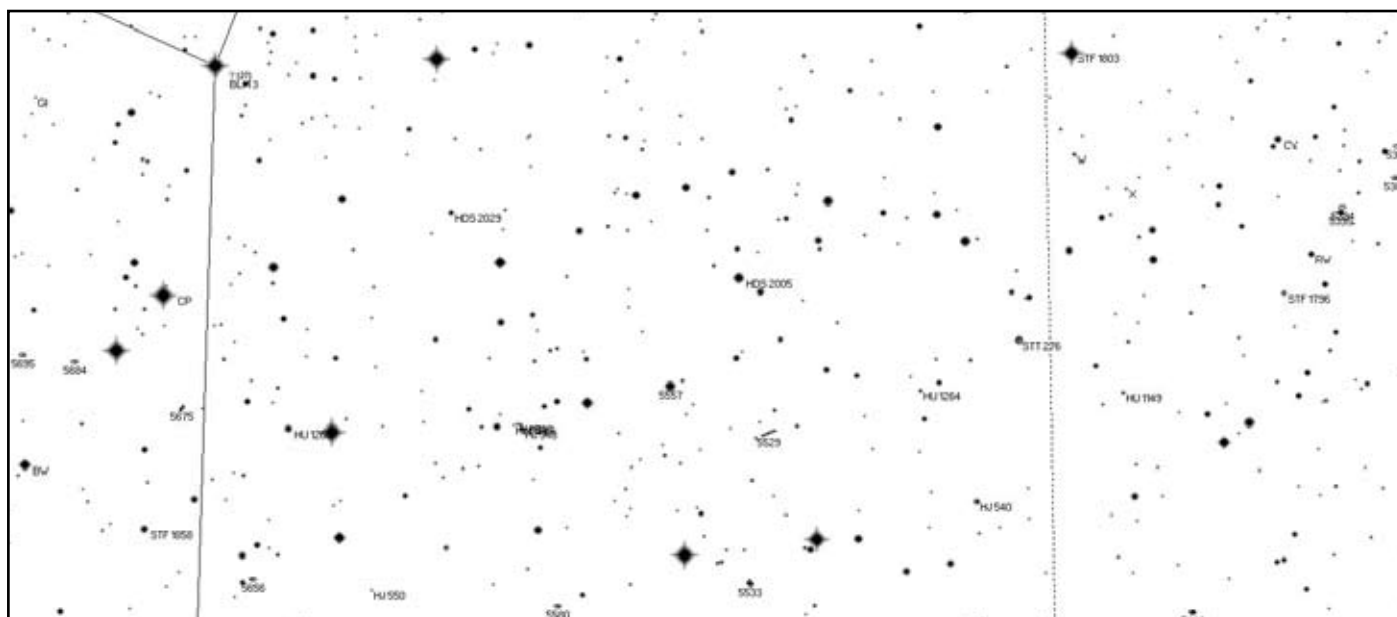
C'est juste à côté de l'étoile 109 Vierge que se trouve NGC 5746. Voilà une autre galaxie facile à localiser et à observer. De magnitude 10,5, son aspect fait tout de suite penser à NGC 4565. Elle est toutefois plus petite, sa distance étant estimée à environ 95 millions d'années-lumière.



Carte de repérage de NGC 5746

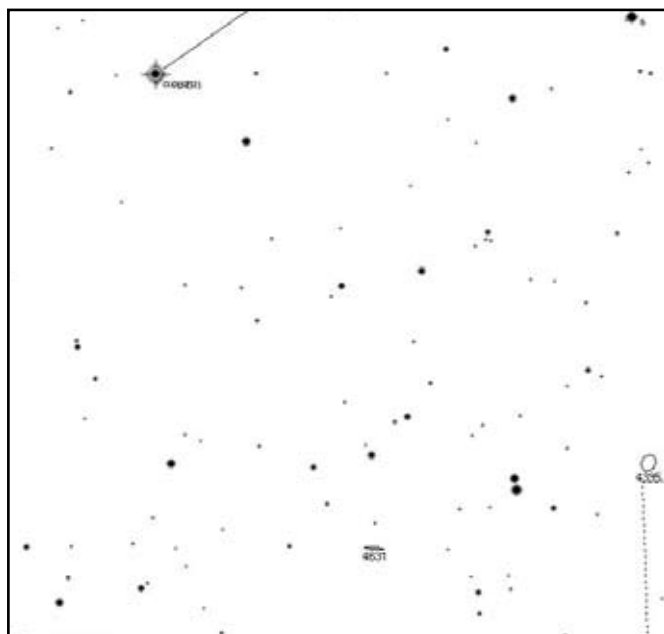
Beaucoup plus difficile à observer est la galaxie NGC 5529 dans la constellation du Bouvier. Perdue à l'ouest de la constellation, sa magnitude de 12,5 la place en limite d'observation dans un 200 mm. Sous un très bon ciel avec un grossissement d'au moins 200 fois, on pourra apercevoir la fine ligne sombre qui sépare le bulbe dans sa longueur, la faisant elle aussi ressembler à NGC 4565. NGC 5529 est lointaine. Sa distance est estimée à 140 millions d'années-lumière.

NGC 5529- Crédit Franz Klauser



Carte de repérage de NGC 5529

La prochaine cible n'a pas vraiment l'aspect d'aiguille. Elle est pourtant bien vue de profil mais présente une épaisseur plus importante que les autres. C'est un objet bien connu des amateurs qui ne présente aucune difficulté et qui peut même, sous un bon ciel être observé dans un petit télescope. C'est NGC 4631, la galaxie de la Baleine dans la constellation des Chiens de Chasse. Il faudra un plus gros télescope pour apercevoir sa voisine, NGC 4656, la Crosse de Hockey. Ces galaxies sont assez proches, autour de 30 millions d'années-lumière, et forment dans le champ un couple très agréable à observer.



Carte de repérage de NGC 4631 et 4656

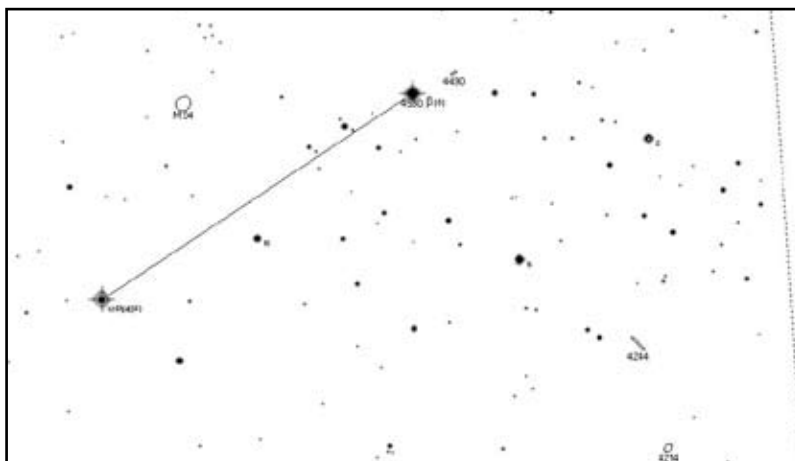


NGC 4631 et 4656 - Dessin de l'auteur

Non loin de NGC 4631, à l'ouest de l'étoile α des Chiens de Chasse, on découvre une nouvelle aiguille. NGC 4244 est une très fine galaxie, comme un trait sur le ciel. Avec une magnitude de 10 et plus de 16 minutes d'arc de longueur, on ne peut pas la louper. Son observation est très étonnante. La galaxie est vraiment très aplatie et ne présente pas de cœur bien distinct. C'est une galaxie spirale type SA à 11 millions d'années-lumière.

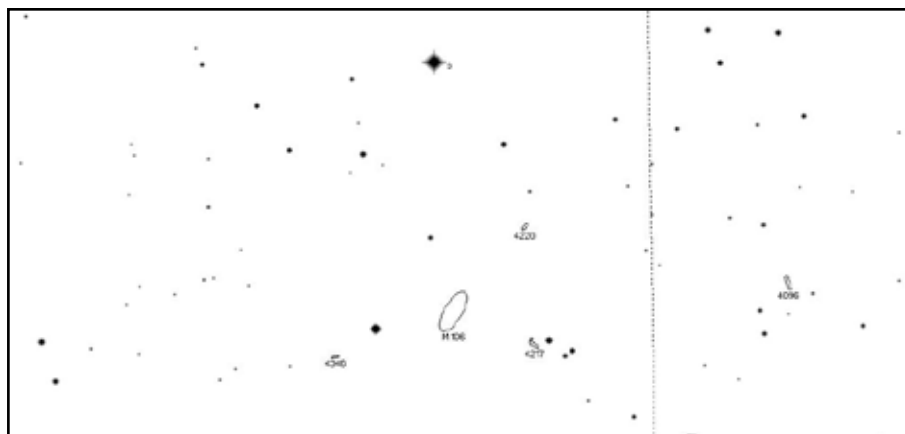


NGC 4244 - Dessin de l'auteur



Carte de repérage de NGC 4244

Encore dans les Chiens de Chasse et juste à côté de la galaxie M106, NGC 4217 est une galaxie spirale SB de profil. Ce n'est pas vraiment une aiguille, rien à voir avec la précédente. C'est plutôt de NGC 4631 qu'elle se rapproche avec son bulbe renflé. C'est une galaxie assez facile à observer avec un 200 mm. Sa magnitude est de 11,3 et sa proximité avec M106 facilite la recherche.



Carte de repérage de NGC 4217

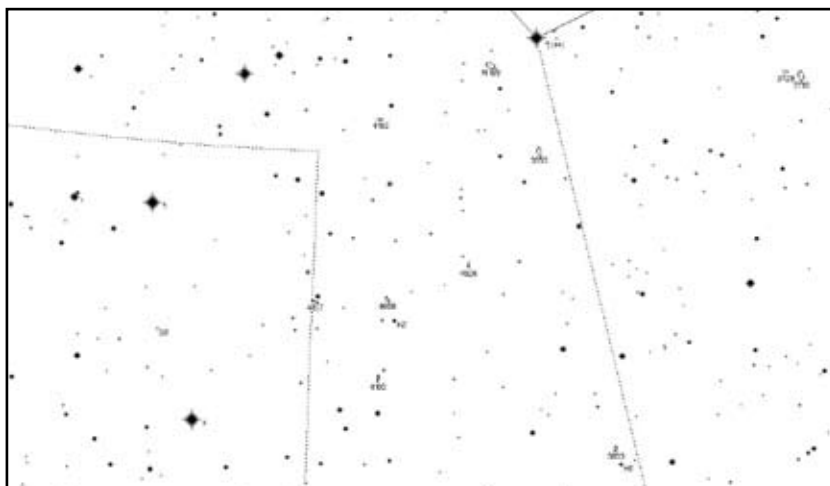


M106 et NGC 4217 - Dessin Olivier Derache - <https://astro59.org/>

La constellation de la Grande Ourse recèle aussi son petit quota d'aiguilles. Ainsi, NGC 4026, entre M106 et M109, se laisse facilement observer. C'est une petite galaxie lenticulaire mais assez brillante pour bien apparaître dans un 200 mm, et même dans 115mm sous un bon ciel. Sa magnitude de 11,7 en fait donc un objet facile et on peut pousser le grossissement pour mieux l'observer.



NGC 4016 - Credit C. Deforet Astrim.free.fr

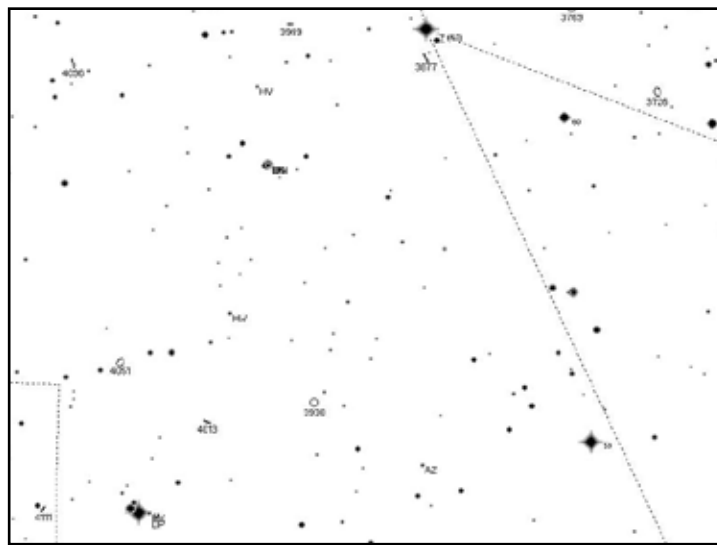


Carte de repérage de NGC 4026

Pas très loin de la galaxie NGC 4144, on peut découvrir NGC 4013. C'est un objet plus difficile mais aisément visible dans un 200 mm. Une brillante étoile se superpose sur la galaxie faisant penser à un noyau lumineux. Le trait de poussière ne se discerne que dans de très gros télescopes. On peut le tenter dans un 400 mm mais ce sera difficile. NGC 4013 est de magnitude 11,5. C'est une galaxie spirale Sb située à environ 38 millions d'années-lumière.



NGC 4013 - Crédit Jay Gabany

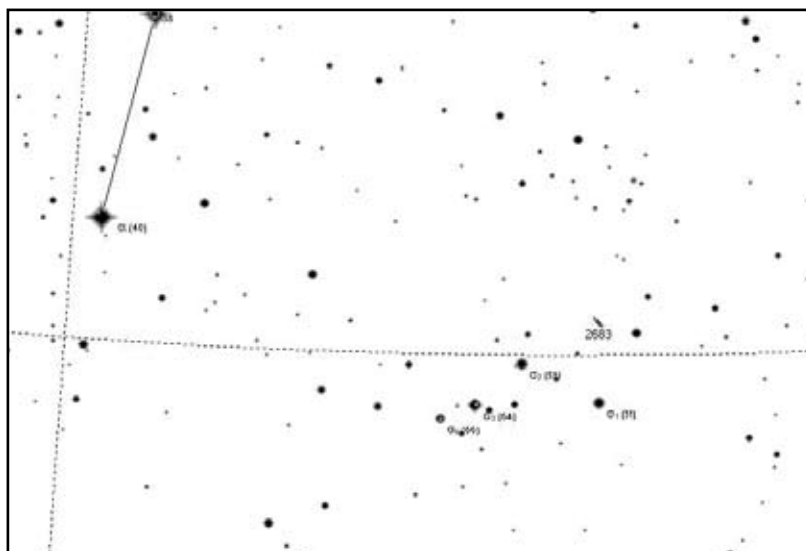


Carte de repérage de NGC 4013

C'est dans la constellation du Lynx que se trouve le prochain objet : NGC 2683. Surnommée UFO Galaxy, cet objet est facilement observable, même dans de petits instruments. Sa magnitude de 9,7 en fait un objet de choix mais peu de détails sont visibles à part le bulbe central. On la repère facilement au nord de ϵ du Cancer. Sa distance est estimée à 32 millions d'années-lumière.



NGC 2683 - Dessin Olivier Derache
<https://astro59.org/>



Carte de repérage de NGC 2683

Alors que toutes ces galaxies s'observent le soir au printemps, les suivantes sont visibles en été et en automne. Trois galaxies vues de profil sont rassemblées dans un même endroit du ciel au sud de la constellation du Dragon, juste au nord du Bouvier. La première, et la plus belle, est NGC 5907. Fine et grande galaxie, sa magnitude de 10,4 la rend abordable avec un instrument de diamètre moyen. On peut apercevoir une très fine bande sombre dans un instrument de plus grand diamètre à partir de 400 mm. C'est une galaxie de type Sc à environ 45 millions d'années-lumière.

La deuxième, assez proche est NGC 5866, qu'on nomme aussi M102. Moins spectaculaire que la précédente, elle est plus facile à voir. De magnitude 9,9, elle peut être visible dans 115 mm. Dans un 200, elle présente un petit fuseau allongé. C'est dans de plus gros instrument que



NGC 5907 - Dessin de l'auteur



M102 - Dessin de l'auteur

la galaxie se révèle et notamment la bande sombre qui la sépare. Elle fait alors pleinement partie de la famille des aiguilles du ciel.

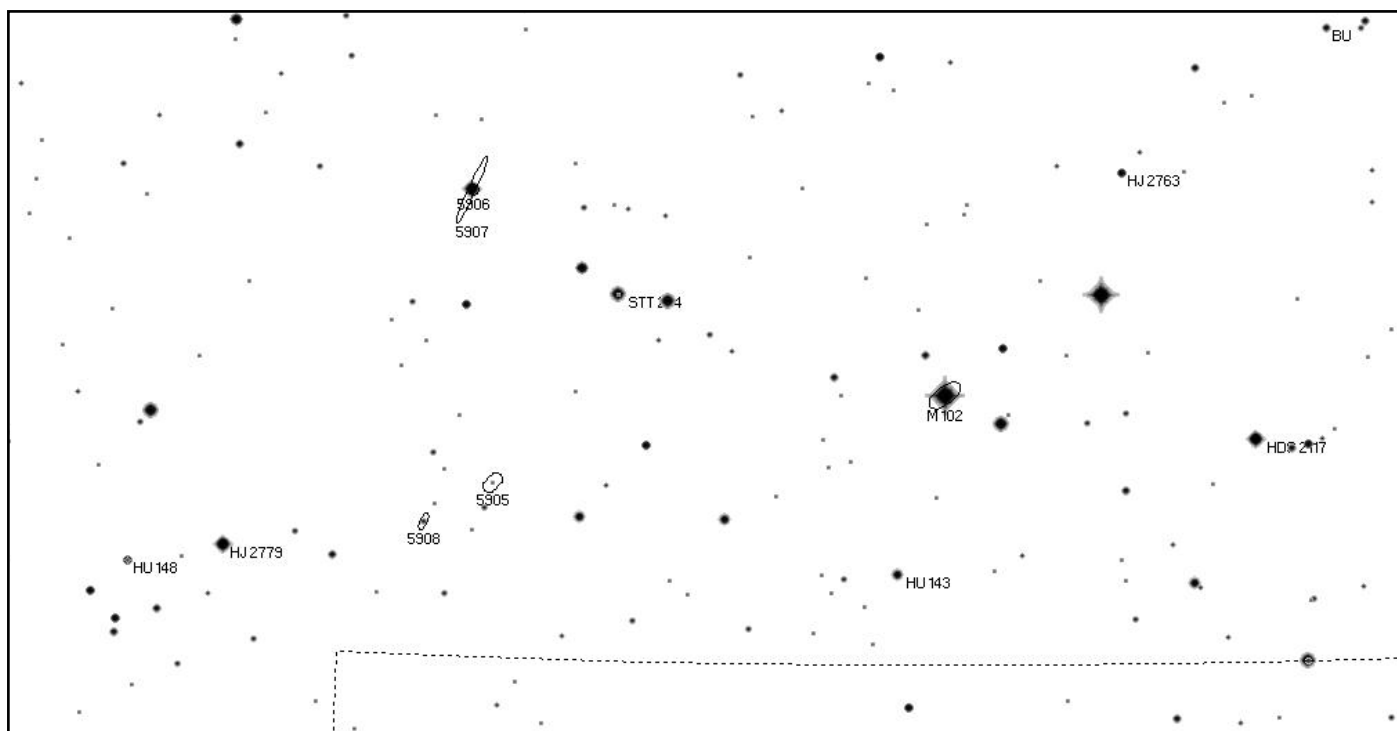
La dernière galaxie du trio est NGC 5908. Elle forme elle-même un beau duo avec NGC 5905. De magnitude 12 toutes les deux, elles sont un peu difficiles pour un instrument de diamètre inférieur

à 200 mm. Ce sont deux

galaxies spirales barrées, l'une vue de face et l'autre par la tranche. Elles sont situées à 140 millions d'années-lumière.



NGC 5905 et 5908 - Dessin de l'auteur



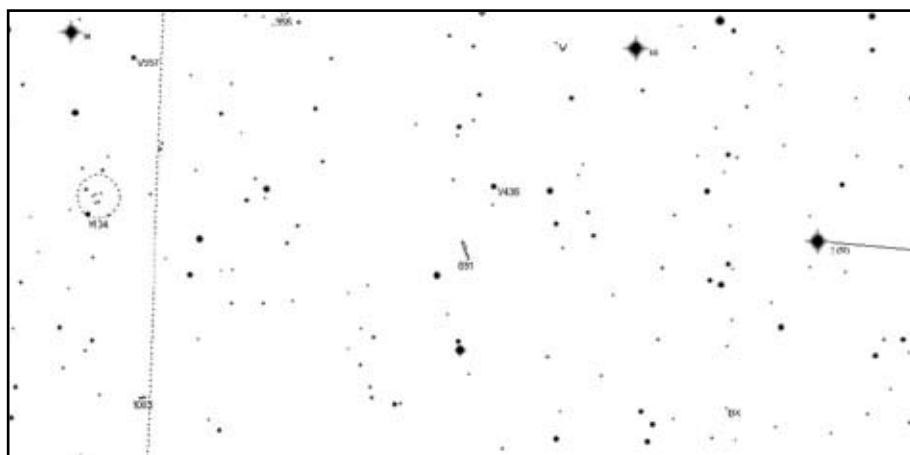
Carte de repérage de NGC 5907, M102 et NGC 5908

Il faut quitter le ciel d'été pour celui de l'automne afin d'observer les deux dernières galaxies de ce programme. La première est bien connue des astronomes amateurs, c'est NGC 891 dans la constellation d'Andromède.

NGC 891, avec une magnitude de 10,1 pourrait sembler un objet facile. Il n'en est rien. Située derrière une zone très dense d'étoiles, sa lumière est obscurcie par la poussière galactique. C'est aussi un grand objet dont



NGC 891 - Dessin de l'auteur



Carte de repérage de NGC 891

l'éclat est dilué. Dans un bon ciel, elle apparaîtra comme une pâle trace dans un 200. Elle ne commencera à se révéler que dans de grands instruments. Elle devient alors remarquable.

La deuxième galaxie d'automne est NGC 7814. Pour ce dernier objet de la liste, je fais un cadeau aux photographes. Bien que ce soit une galaxie spirale vue exactement de profil, elle ne montrera jamais cet aspect aux observateurs. Quoique peut-être dans un 600 mm comme à Saint-Véran ? Dans un 400 mm, elle apparaît comme une tâche ronde avec un trait sombre la barrant, mais on ne discerne aucune extension. De magnitude 10,8, elle se voit facilement mais ne dévoile aucun de ses charmes. NGC 7814 se localise au nord-ouest de γ de Pégase.



Le coeur de NGC 7814 photographié par le télescope spatial Hubble

Caractéristiques des galaxies présentées

Nom	Constellation	Magnitude	Dimensions
NGC 4565	Chevelure de Bérénice	9,5	15.8' x 2.1'
NGC 4302	Chevelure de Bérénice	11,9	5.3' x 1.0'
NGC 4216	Vierge	10,3	8.1' x 1.8'
NGC 4206	Vierge	12	6.4' x 1.1'
NGC 4222	Chevelure de Bérénice	13,2	3.1' x 0.5'
NGC 4762	Vierge	10,1	8.7' x 1.7'
NGC 5746	Vierge	10,5	7.4' x 1.3'
NGC 5529	Bouvier	12,5	6.0' x 0.7'
NGC 4631	Chiens de Chasse	9	15.2' x 2.8'
NGC 4244	Chiens de Chasse	10	16.6' x 1.9'
NGC 4217	Chiens de Chasse	11,3	5.2' x 1.5'
NGC 4026	Grande Ourse	11,7	5.2' x 1.3'
NGC 4013	Grande Ourse	11,5	5.2' x 1.0'
NGC 2683	Lynx	9,7	9.3' x 2.1'
NGC 5907	Dragon	10,4	12.6' x 1.4'
NGC 5866	Dragon	9,9	6.5' x 3.1'
NGC 5908	Dragon	12	3.3' x 1.4'
NGC 891	Andromède	10,1	11.7' x 1.6'
NGC 7814	Pégase	10,8	5.5' x 2.3'

Le GAAC prend le maquis pour un séjour (presque) astronomique

Par David Fayolle

C'est dans le massif du Vercors et plus précisément sur le territoire de la commune de Saint-Agnan-en-Vercors que le GAAC a donc choisi de s'installer en cette première semaine du mois d'octobre 2021. Dans la période plus ou moins troublée que nous traversons tous, c'est sans certitude aucune que le traditionnel voyage annuel avait été mis en place, et sur une idée initiale de Michel, c'est donc sur le Vercors que nous avons jeté notre dévolu. Très vite, le magnifique gîte du Fouletier s'est imposé à nous, tant par son esthétique que par sa situation, qui, dès le premier regard, nous apparaissait comme très isolé et bien à l'écart de la pollution lumineuse. La petite équipe, composée de Simon, Michel et Huguette, "Dédé" et Pascale, Philippe, Sabine, Serge et votre serviteur, se met donc en ordre de marche le samedi 2 octobre, depuis divers points géographiques éparpillés afin de converger vers notre nouveau repaire.



Notre beau gîte

Samedi 2 octobre



Contact avec Thomas Pesquet sur le bord de l'autoroute

Je fais équipe avec Simon et après une courte nuit heureusement non interrompue par son encombrant voisin, nous émergeons à 5h30 pour prendre la route vers 6h30. La météo est maussade mais c'est le Nord... Aux alentours de Lyon nous établissons le contact avec Michel et Huguette qui démarrent de Tournus, dans un timing quasi parfait puisqu'il apparaît que nous évoluons à moins de 10 km les uns des autres. La pause déjeuner se fera à L'Isle d'Abeau et à peine avons-nous mordu dans notre sandwich que Philippe et Sabine font leur apparition. Aussi précis qu'une rencontre orbitale, nous ne sommes pas au GAAC pour rien.

Nous reprenons la route, pour stopper quelques 20 minutes plus tard sur une aire de repos dans le cadre d'une petite expérience amusante. À l'aide d'un petit récepteur que Simon a emmené, nous captions un échange entre Thomas Pesquet depuis l'ISS et un lycée via le CNES de Toulouse. L'ISS étant très basse dans le ciel, nous ne recevons qu'une partie de la conversation mais un échange de 6 ou 7 questions-réponses est audible très clairement.



Négociations pour le choix du lieu où installer les télescopes

Nous repartons pour le dernier tronçon mais à 40 km du but, la route qui grimpe dans la montagne est barrée. L'autre itinéraire est plus long mais nous fait passer par la splendide route, taillée dans la roche, des gorges de la Bourne ; c'est majestueux. Surviennent les premiers lacets bien serrés qui nous emmènent sur le plateau du Vercors et peu avant Saint-Agnan, nous bifurquons vers une petite route bien raide qui se transforme au bout de quelques kilomètres en un chemin caillouteux, suscitant chez nous une pointe d'interrogation. Michel et Huguette, déjà sur place, nous confirment l'itinéraire qu'il faut parcourir jusqu'au bout et c'est alors que nous débouchons

sur ce magnifique corps de ferme rénové dans un cadre splendide et un horizon sud presque parfaitement dégagé à 1100 mètres d'altitude. Les yeux s'illuminent en repérant déjà les spots d'observation.

Philippe et Sabine nous rejoignent bientôt suivis de près par Pascale et Dédé, et Serge, qui avait la plus longue route à parcourir, ferme la marche. Après avoir pris possession de nos chambrées et préparé tous les oculaires de 75, vient le traditionnel et inénarrable tirage au sort, exclusif au GAAC, et que le monde nous envie, afin de déterminer les équipes chargées des repas et du nettoyage au cours du séjour. Après que le chapeau de Dédé ait délivré son verdict, ce même Dédé accompagné d'Huguette nous préparent les "raviolis du premier soir", marque déposée également par le GAAC.

La météo se dégrade par rapport à notre arrivée et les prévisions ne sont pas optimistes mais quelques petites trouées de ci de là nous confirment déjà la qualité très prometteuse du ciel. Nous sommes par ailleurs tous d'accord pour confirmer que le gîte est vraiment magnifique et le site splendide.



Quelques oculaires

Dimanche 3 octobre

Après un réveil tranquille et un petit déjeuner paisible, le Soleil nous fait grâce de sa présence à la faveur d'éclaircies plus ou moins éparées. Chacun y va de sa promenade au gré des nombreux chemins ou de sa lecture en plein air. Pour ma part, c'est avec Philippe que nous nous laissons guider par un sentier qui nous amène à un élevage de chiens de traîneaux dont les aboiements insistants à l'heure de la pâtée nous avaient quelque peu questionnés.



On a au moins vu la Grande Ourse

Nous déjeunons alors que la météo commence franchement à tourner, apportant son lot de vent et ses premières averses. C'était prévu et nous savons bien que cela va s'installer pour un petit moment. Pragmatiques, nous décidons que lundi sera donc le jour des courses, de la petite visite à Villard-de-Lans, du restaurant et du cinéma. Le GAAC ne se laisse jamais démonter par des événements contraires. La journée se termine entre lecture, jeux de société, billard russe ou baby-foot et le dîner a lieu, bien à l'abri des éclairs, du tonnerre et de la pluie qui tombe dru à l'extérieur.



La fine équipe... par des conditions qui symbolisent bien la météo du séjour

Lundi 4 octobre

Il a plu toute la nuit... Et il pleut toujours... Je tente une petite sortie pendant une accalmie relative qui me permet de rencontrer un écureuil noir trop rapide pour la photo, mais je rebrousse chemin face à la pluie qui s'intensifie. Qui plus est, il est l'heure de partir pour Villard-de-Lans qui n'est pas si proche.

La route est assez pittoresque et nous roulons au fond d'une gorge étroite au bord d'un torrent surgonflé par la pluie incessante. C'est vraiment très beau et parfois très spectaculaire. Les courses expédiées nous baguenaudent dans Villard, toujours sous la pluie, certains en profitent pour renouveler leurs équipements vestimentaires hivernaux et nous arrêtons dans un troquet pour prendre une boisson... réchauffante pour le coup.

Le restaurant que nous avons repéré est uniquement occupé par son gérant, qui accuse un peu le coup en voyant neuf personnes débarquer ensemble mais tout se passe de manière fort sympathique dans une déco très originale faite de tuyaux et d'objets mécaniques divers.

Le cinéma est juste à côté. Simon, qui avait anticipé les choses, s'est vu répondre par le caissier qu'il n'y avait nul besoin de réservation car après tout, c'est un petit bourg ici Monsieur. Nous marchons donc tranquillement vers "Le Rex", pour découvrir une bonne soixantaine de personnes en file d'attente. L'angoisse est vite dissipée, ils attendent la projection d'un film documentaire local sur les bergers et nous serons finalement quasiment les seuls dans notre salle pour découvrir : *Dune*. Nous ressortons pour la plupart, ravis. Y compris Dédé, qui ne s'est pas endormi, bien qu'un peu angoissé à l'idée de se faire dévorer par un ver des sables.



En direct d'Arrakis

Mardi 5 octobre

Il ne pleut plus. Les prévisions ne sont pas pour autant très optimistes quant à la clarté du ciel, mais nous nous accrochons à l'idée que nous allons, même doucement, vers le beau.

Je décide de partir en rando en profitant de l'éclaircie. Au cours de la balade, je rencontre deux écureuils et surtout un énorme hibou qui passe au-dessus de moi en faisant claquer ses ailes mais le temps de dégainer l'appareil photo, il a déjà viré dans les frondaisons. Je débouche sur un plateau agréablement vallonné qui se révèle être en fait la partie haute du stade de biathlon Raphaël Poirée et le grand fan de ce sport que je suis s'en trouve ravi.

Après une descente tranquille, j'entends les cloches d'un troupeau de moutons. Je ralentis la cadence car qui dit moutons, dit patous pour les garder et la rencontre avec ces chiens peut s'avérer fort désagréable. Je constate avec soulagement que lesdits moutons se trouvent dans des enclos ainsi que leurs énormes gardiens et je poursuis donc mon chemin l'air (pas du tout...) détendu. Ils ne tardent pas à me repérer et m'accueillent avec force voix tandis que je m'aperçois qu'il y a tout un tas d'autres enclos disséminés de part et d'autre du chemin et je traverse bientôt une haie d'honneur vociférante formée de huit molosses qui me croqueraient volontiers un bout de cuisseau. Je poursuis ma route tout en baillant car il paraît que ça les apaise un peu (un ennemi qui baille n'est pas très dangereux...). Après avoir effectué une large boucle je rejoins mes camarades pour un moment de convivialité détendue... Oui l'apéro, si vous voulez... L'après-midi voit la météo se troubler à nouveau et la pluie revenir... Ce n'est pas encore pour cette nuit !



Le Vercors à l'automne...

Mercredi 6 octobre

Alors comment dire ça ? Il pleut... L'herbe est vraiment très verte... Et bien c'est l'occasion d'une nouvelle balade, cette fois dans le sous-bois tout proche et d'y découvrir moult arbres très moussus ainsi qu'une kyrielle de champignons plus ou moins gros et plus ou moins pourrissants aussi.

Simon décide de conjurer la malédiction et de monter le Dobson en dépit de toute prévision météorologique hasardeuse. Nous sommes venus ici pour observer le ciel et nous observerons... Ainsi a-t-il parlé.

Jeudi 7 Octobre

C'est sous un Soleil rayonnant que... Non pas du tout ! Certes, il ne pleut plus mais le ciel est encore très chargé. Le gîte est toujours aussi agréable, l'ambiance est excellente, nous lisons, nous jouons, nous discutons mais tout de même ; nous n'allons quand même pas repartir de ce séjour "fanny" ? Je pars à nouveau en balade cette fois vers le fonds de la vallée. Un regard vers les falaises typiques du massif du Vercors et je m'aperçois qu'il a neigé.



Optimiste ou complètement fou ?

Lorsque je rentre au gîte, je perçois une petite effervescence. Meteoblue suggère une possibilité de ciel dégagé pour cette nuit... Chouette, cette fois, ça y est, nous allons enfin pouvoir collecter du photon sur nos rétines affamées et meurtries par une telle disette. *“C’est fiable Meteoblue ? Non parce que là il est quand même 22h et il n’y a pas une étoile...”*. 22h30 : rien ; 22h45 : rien ; 23h00 : un éclat de voix ! Simon ? Michel ? Serge ? Je ne sais plus... Une trouée ! Il y a une trouée !



Enfin un ciel dégagé !

En moins de 15 minutes c’est tout le voile nuageux qui se déchire, se délite et finit par totalement disparaître laissant place à une magnifique voûte étoilée sur fond de ciel noir d’encre. Aucune pollution lumineuse ou à peine un très léger halo vers Grenoble au nord-est et l’air très frais annonce une belle nuit bien claire. Nous nous gavons tous

avec de la tachouille, du grand tourisme, de l’astérisme étrange, ce ciel du Vercors a vraiment un beau potentiel.

Vendredi 8 octobre

Vers 3 heures du matin, nous sentons que la température a bien chuté et l’humidité prend ses quartiers de manière appuyée. Il devient difficile d’observer de façon optimale et pour cause, les optiques commencent à geler. C’est le moment de rentrer se coucher mais au moins nous aurons eu ces quatre heures pour nous régaler de ce beau ciel. Le réveil s’effectue sous un magnifique Soleil et un ciel totalement bleu. L’occasion d’une nouvelle balade sous une lumière différente et avec un horizon beaucoup plus dégagé.

Hélas, c’est déjà notre dernier apéro en terrasse et nous en profitons un maximum tout en pensant que si la météo ne nous a pas été particulièrement favorable, le coin est vraiment très agréable.



Vive les vacances

Avec Serge et Philippe, nous tentons une observation solaire l’après-midi, qui se soldera par quelques jolies petites protubérances ainsi qu’un petit groupe de tâches, mais le vent se renforce et redevient bien frais, pendant que les nuages refont leur apparition sur les crêtes. C’est râpé pour ce soir et il est temps de tout remballer pour préparer le départ.

Samedi 9 octobre

Un brouillard épais s’est installé sur le plateau mais les premiers rayons du soleil levant commencent à le dissiper, engendrant des effets de lumière particulièrement esthétiques. C’est l’heure du retour, une longue route nous attend et nous quittons à regret ce petit coin de montagne si joli.

Certes, ces 4 heures d’observation sur une semaine de séjour ont un petit goût de frustration mais de l’avis général, l’adresse est à retenir dans l’optique d’une future aventure astronomique sous des cieux plus cléments.



Et si on restait là finalement ?

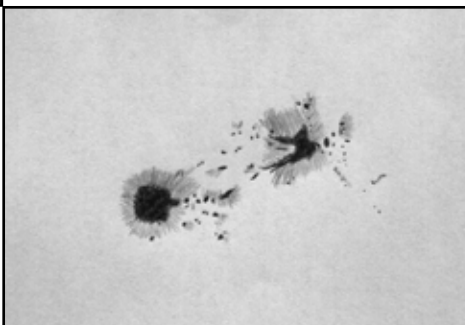
La galerie



Il n'y aura eu que quelques heures de ciel dégagé lors du récent séjour du GAAC dans le Vercors. Il ne fallait pas rater cette fenêtre de ciel clair pour réaliser quelques dessins de nébuleuses et de galaxies avec les télescopes Dobson.



L'activité solaire est de plus en plus intéressante ces derniers mois. Les apparitions de groupes de taches sont nombreuses... Ne manque parfois que le ciel dégagé de nuages. Reste que lors des fenêtres de beau temps, le spectacle est au rendez-vous à travers les instruments.



Des spirales, des barrées, des elliptiques... Vues de face, de trois quarts ou par la tranche. Solitaires ou en groupes. Les galaxies sont nombreuses dans le ciel de printemps et dans celui de l'automne et ne cessent d'attirer les photographes et les dessinateurs.



Une belle comète est venue nous rendre visite récemment. Presque visible à l'oeil nu sous nos latitudes, cette C/2021 A1 Leonard a été photographiée durant quelques jours dans l'hémisphère Nord début décembre. Ensuite, elle est allée illuminer le ciel austral



Sommaire

41.....	Dessins du Vercors
47.....	Quelques galaxies
52.....	Dessins solaires
58.....	La comète Leonard

Les artistes de cette galerie sont...

Simon Lericque (<http://lericque.simon.free.fr>), Michel Pruvost (<https://cielaucrayon.pagesperso-orange.fr>), Philippe Nonckelynck, Gervais Vanhelle, Vincent Cattelain, Mikaël De Kételaëre (<https://www.astrobin.com/users/MDK>) et Michaël Michalak (<https://michaelmichalakpro.wixsite.com/astrodessin>) et Mickaël Coulon (<https://mickaelcoulon.fr/astrophotographie-1>)

Dessins du Vercors



Runing Man Nebula NGC 1977 et l'amas NGC 1981

Oculaire Ethos 13 et Dobson 400/1800 - Saint-Agnan-en-Vercors (26), 07/10/2021 - S. LERICQUE



Les environs de NGC 584

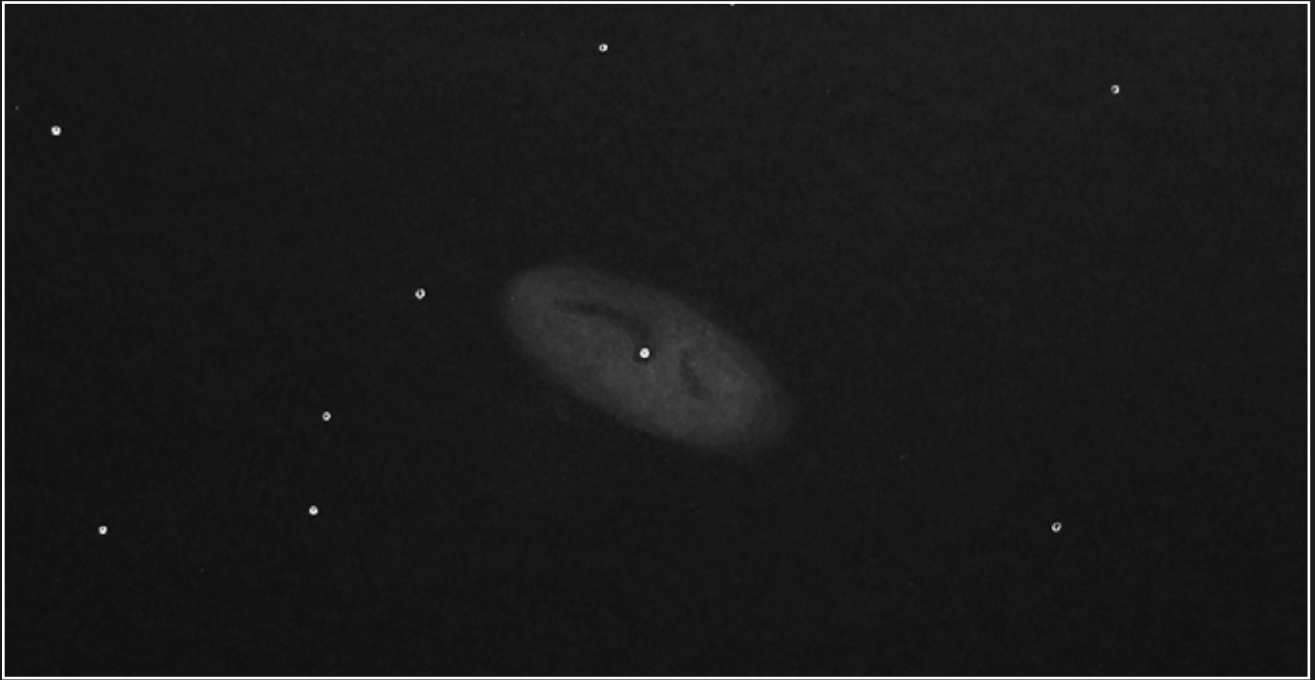
Oculaire 7mm et Dobson 400/1800 - Saint-Agnan-en-Vercors (26), 07/10/2021 - Michel PRUVOST



La galaxie NGC 524

Oculaire 7 mm et Dobson 400/1800
Saint-Agnan-en-Vercors (26) - 07/10/2021

Michel PRUVOST



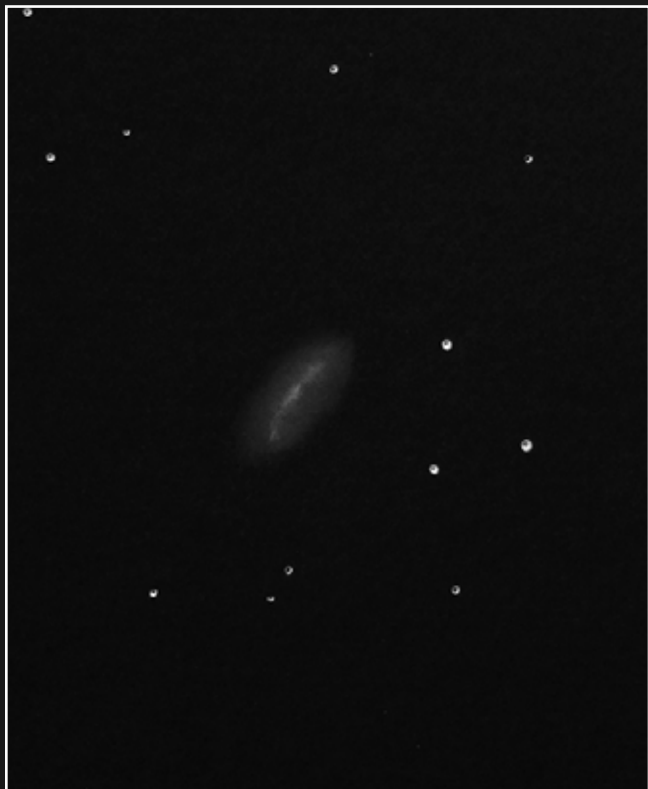
La nébuleuse de l'Oeuf NGC 1360

Oculaire Ethos 8 et Dobson 400/1800 - Saint-Agnan-en-Vercors (26), 07/10/2021 - S. LERICQUE



Les galaxies NGC 1035, 1042 et 1052

Oculaire Ethos 13 et Dobson 400/1800 - Saint-Agnan-en-Vercors (26), 07/10/2021 - S. LERICQUE



La galaxie NGC 337

Oculaire Ethos 13 et Dobson 400/1800
Saint-Agnan-en-Vercors (26) - 07/10/2021



La galaxie NGC 720

Oculaire Ethos 13 et Dobson 400/1800
Saint-Agnan-en-Vercors (26) - 07/10/2021



La galaxie NGC 988

Oculaire Ethos 13 et Dobson 400/1800
Saint-Agnan-en-Vercors (26) - 07/10/2021



La galaxie NGC 1022

Oculaire Ethos 13 et Dobson 400/1800
Saint-Agnan-en-Vercors (26) - 07/10/2021

Dessins Simon LERICQUE



La galaxie NGC 1365

Oculaire Ethos 8 et Dobson 400/1800
Saint-Agnan-en-Vercors (26) - 07/10/2021

Simon LERICQUE



Les galaxies NGC 7463, 7464, 7465

Oculaire Ethos 13 et Dobson 400/1800 - Saint-Agnan-en-Vercors (26), 07/10/2021 - S. LERICQUE



Activité solaire en H α

Oc. 15mm et Lunt 60 B1200 H α - Saint-Agnan-en-Vercors (26), 09/10/2021 - P. NONCKELYNCK

Quelques galaxies



En haut, le groupe de galaxies de NGC 7331 - En bas, le Quintette de Stephan
Caméra Atik 383 et télescope RC 10 - Valdrôme (26), 21 et 19/08/2020 - Gervais VANHELLE



La galaxie M94

Télescope eVscope Unistellar
Oignies (62) - 30/05/2021

Vincent CATTELAIN



La galaxie M51

Dessin au télescope eVscope Unistellar
Gréville (62) - 03/09/2021

Michel PRUVOST



La galaxie du Feu d'Artifice NGC 6946

Caméra Atik 4000 et lunette Esprit 120 ED - Valdrôme (26), 09/08/2021 - Gervais VANHELLE



La galaxie d'Andromède

Caméra ASI 294mc et lunette Esprit 120ED - Valdrôme (26), 25/08/2020 - Gervais VANHELLE



La galaxie d'Andromède

Canon EOS 7D et objectif Samyang 135 - Gréville (62), 05/11/2021 - Simon LERICQUE



La galaxie NGC 5866

Oculaire 7mm et Dobson 400/1800
Valdrôme (26) - 09/08/2021



La galaxie NGC 6384

Oculaire 7mm et Dobson 400/1800
Valdrôme (26) - 08/08/2021

Dessins Michel PRUVOST



La galaxie du Tourbillon M51

Caméra ASI 294 MC Pro et lunette TSA 120 - Wambrechies (59), 01/06/2021 - M.DE KETELAERE

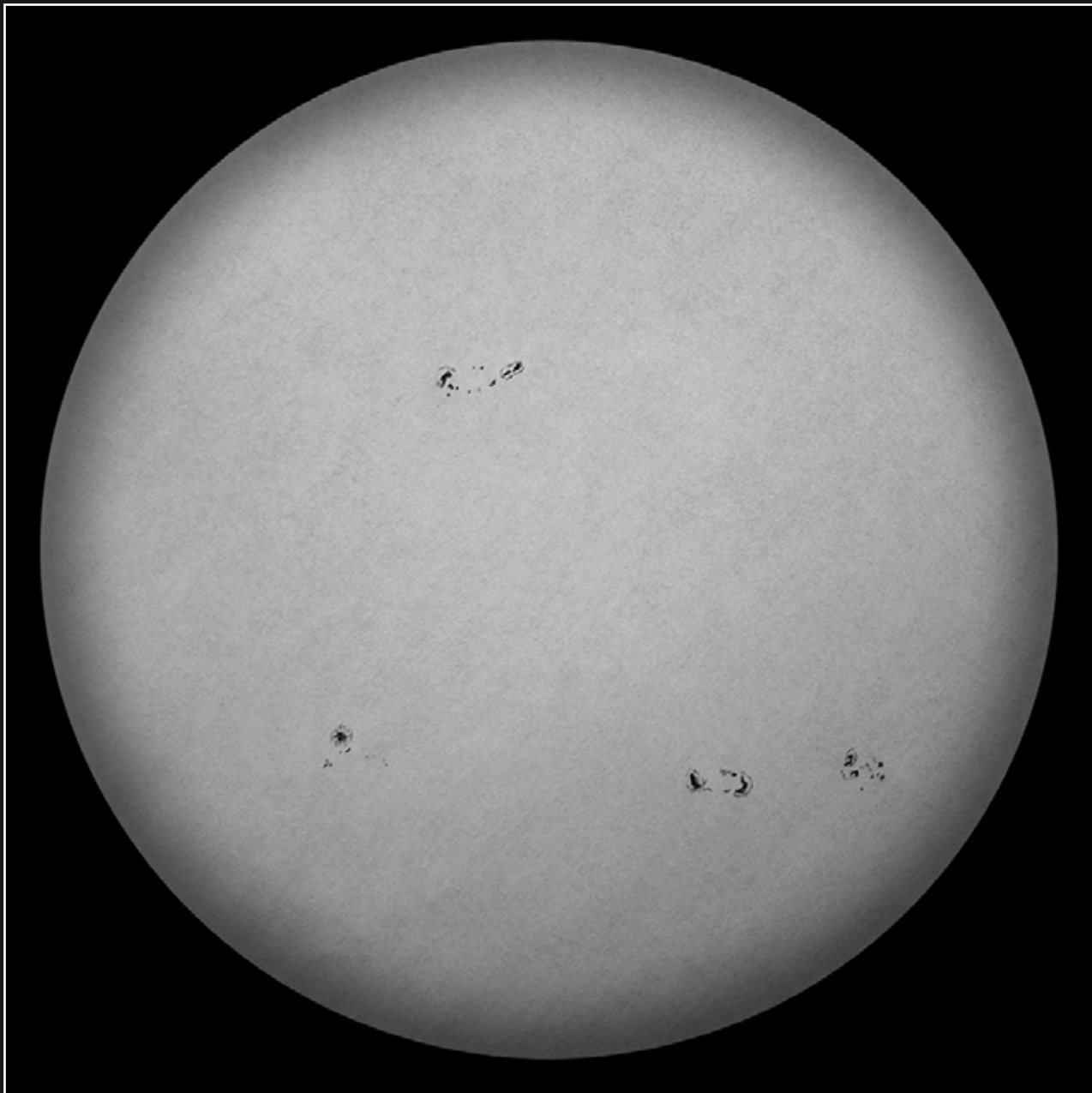


La galaxie M63 - Sony A7S et lunette TSA 120 mm
Wambrechies (59), 12/04/2021 - Mikaël DE KETELAERE

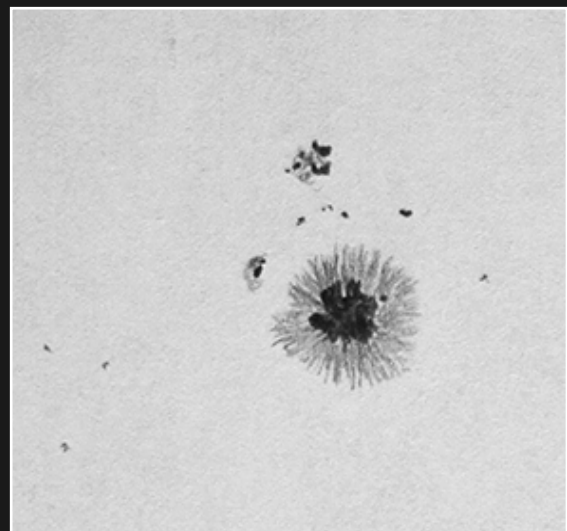


La galaxie M64 - Caméra ASI 294 MC et lunette TSA 120 mm
Wambrechies (59), 20-22/04/2021 - Mikaël DE KETELAERE

Dessins solaires



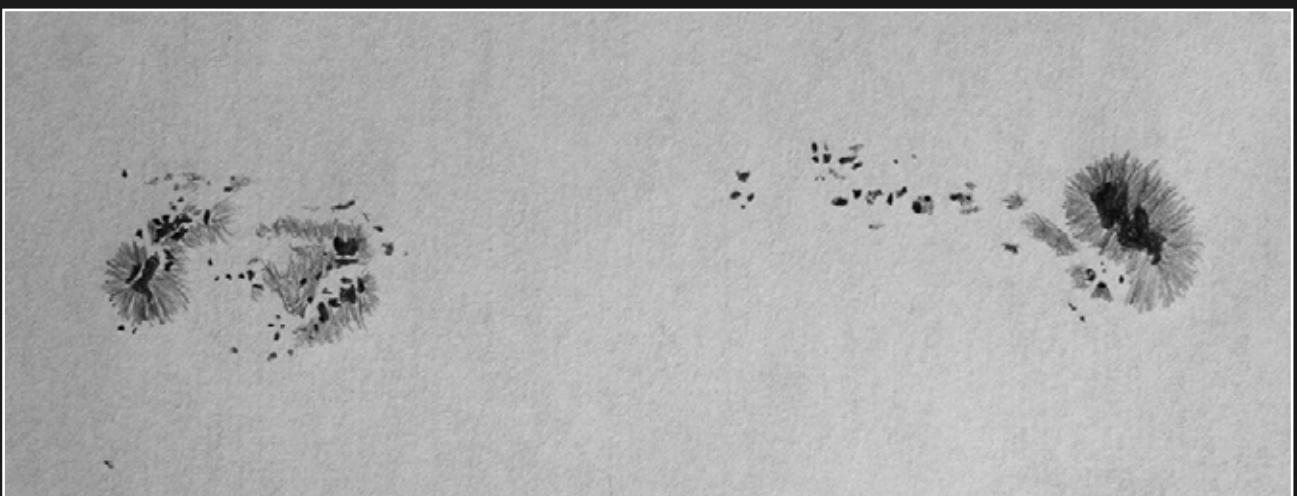
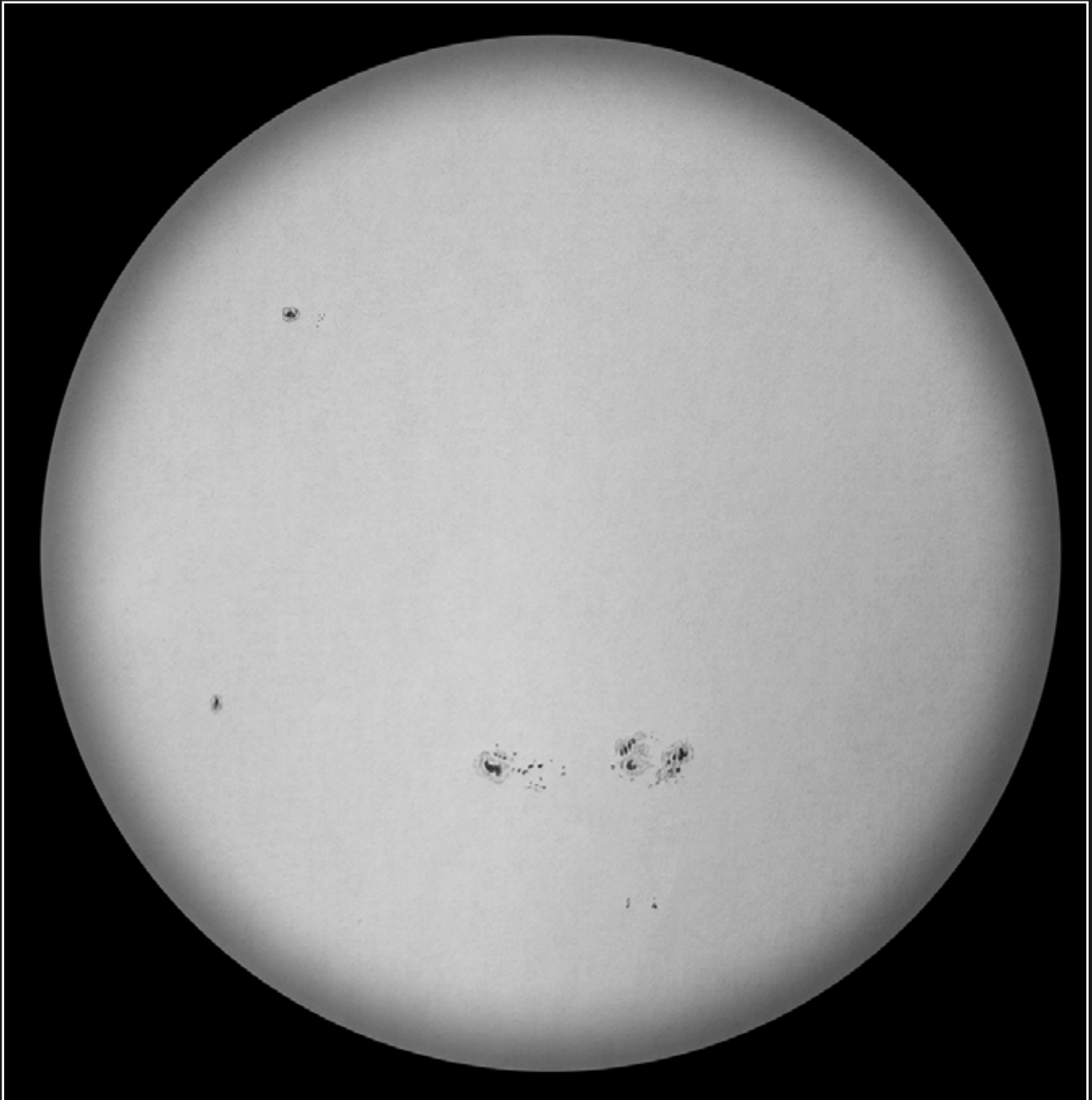
Activité solaire du 6 septembre 2021
 Oculaire Ethos 8, hélioscope de Herschel et
 lunette Orion 80ED
 Wancourt (62) - Dessins Simon LERICQUE





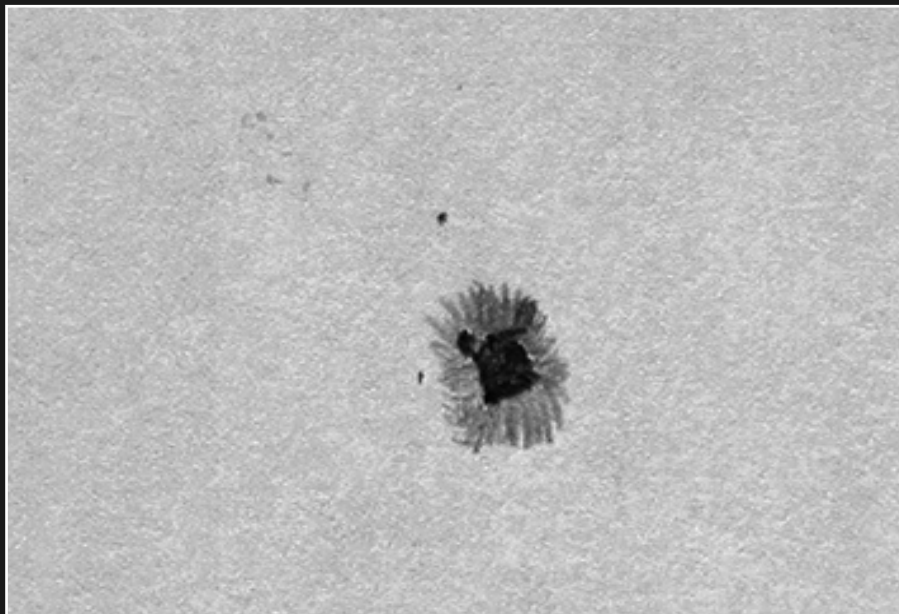
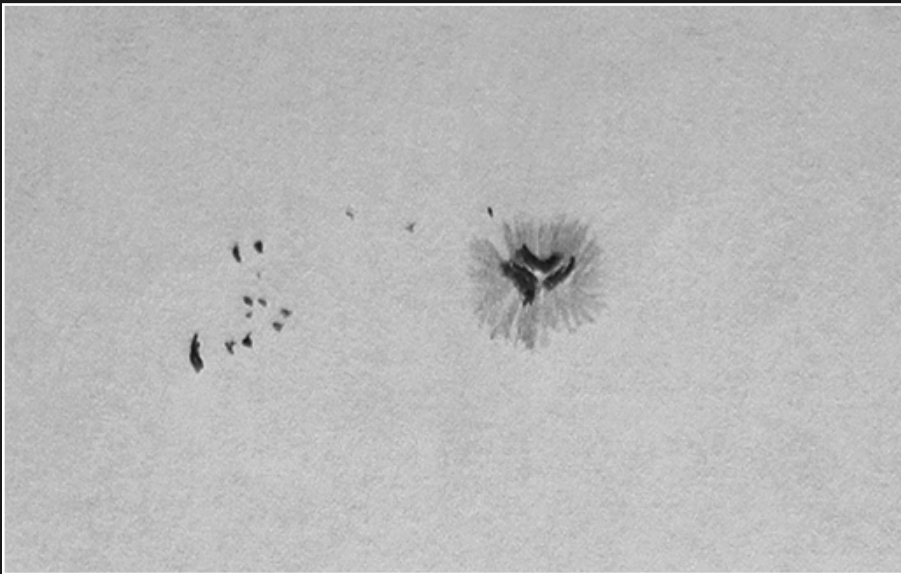
Activité solaire du 6 septembre 2021

Oculaire Ethos 8, hélioscope de Herschel et lunette Orion 80ED
Wancourt (62) - Dessins Simon LERICQUE



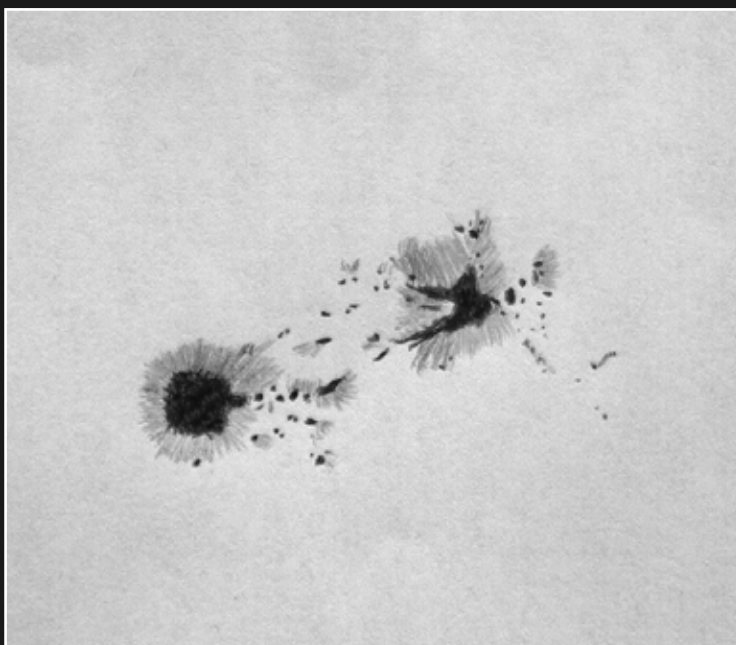
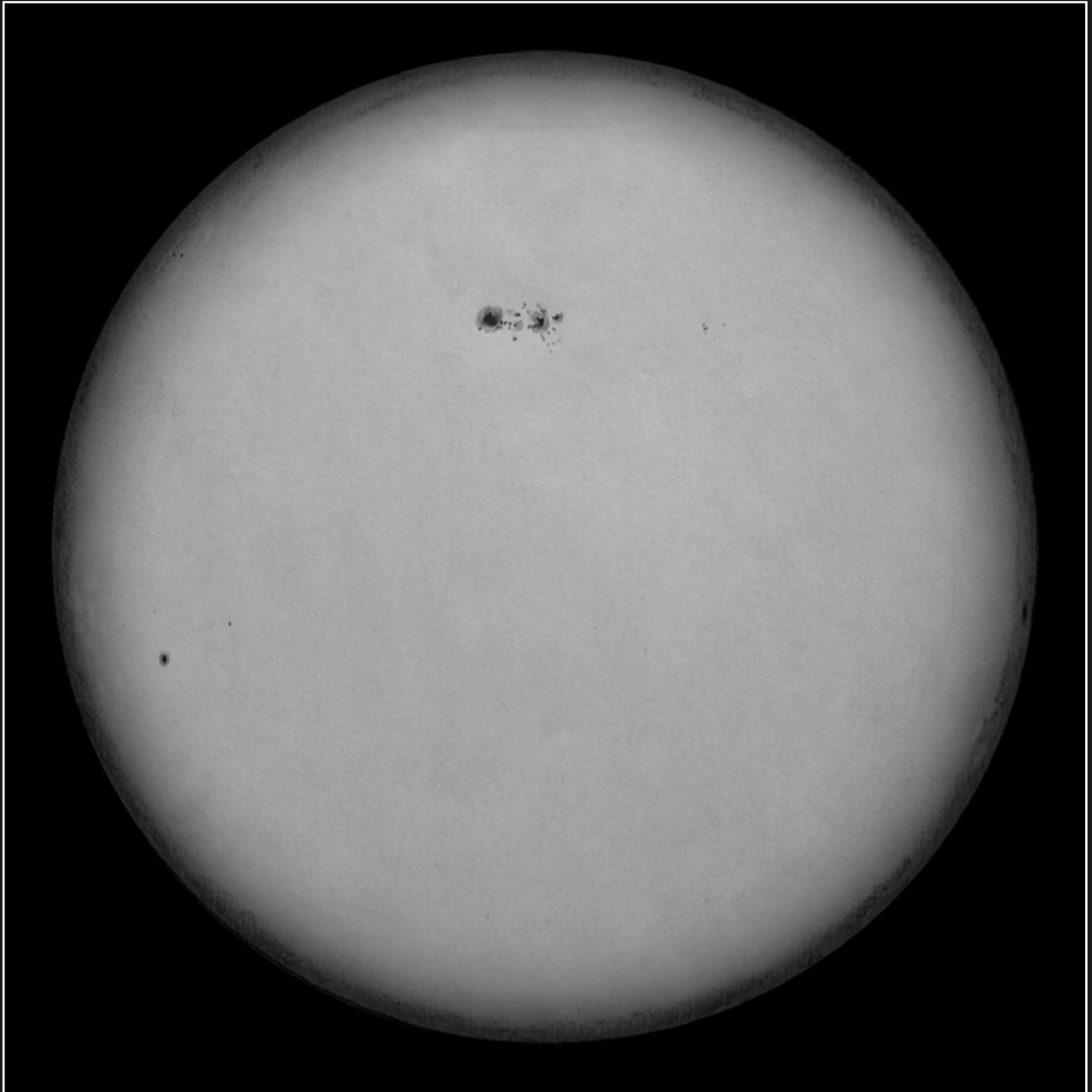
Activité solaire du 8 septembre 2021

Oculaire Ethos 8, hélioscope de Herschel et lunette Orion 80ED
Wancourt (62) - Dessins Simon LERICQUE



Activité solaire du 8 septembre 2021

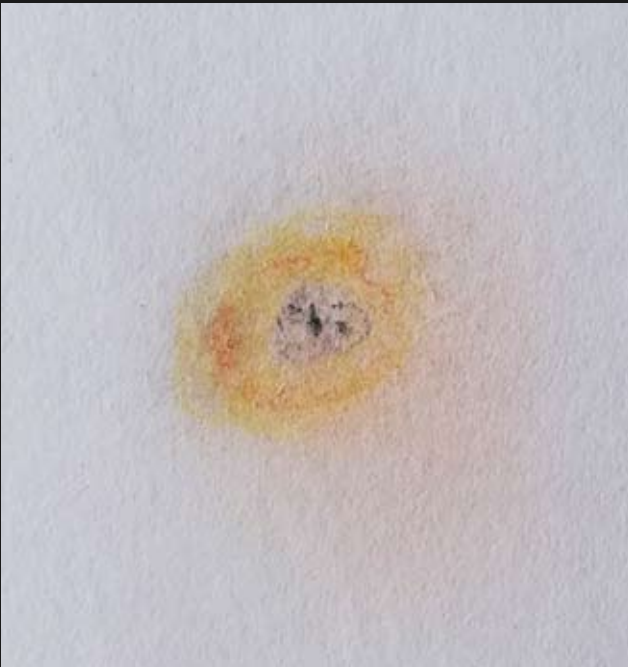
Oculaire Ethos 8, hélioscope de Herschel et lunette Orion 80ED
Wancourt (62) - Dessins Simon LERICQUE



Activité solaire du 30 janvier 2022

Oculaire Ethos 8, hélioscope de Herschel
et lunette Orion 80ED

Wancourt (62) - Dessins S.LERICQUE



Activité solaire du 11 février 2022
Oculaires 9 et 6.5 mm, et lunette Lunt 60 B1200 H α
Courrières (62) - Dessins Michaël MICHALAK

La comète Leonard



La comète C/2021 A1 Leonard
Canon 6D et objectif Samyang 135 - Gréville (62), 07/12/2021 - Michaël COULON



La comète C/2021 A1 Leonard
Canon 7D et objectif Samyang 135 - Senlis-le-Sec (80), 07/12/2021 - Simon LERICQUE



La comète Leonard et l'étoile Arcturus
Canon 6D et objectif Samyang 135 - Gréville (62), 07/12/2021 - Michaël COULON

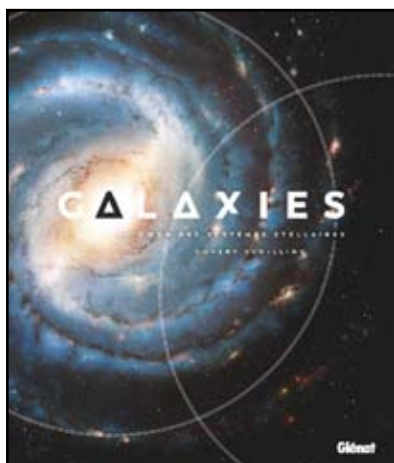
Encore plus...

Le dernier voyage par Romain Quirot

Sorti en 2021 pour la réouverture des cinémas au sortir du premier confinement, *Le Dernier Voyage* est un film français qui allie subtilement road trip et science-fiction. Dans un futur (pas trop lointain), une étrange Lune rouge fonce droit vers la Terre et menace l'humanité. Paul W.R. est le seul astronaute en capacité de franchir le champ magnétique de l'astre menaçant et de le détruire, mais il refuse d'accomplir sa mission et décide de fuir... Dans de splendides décors post-apocalyptiques, notre « héros » est pourchassé par son frère Eliott et rencontre Elma, une adolescente qui finira par le remettre sur le droit chemin... Le réalisateur a vraiment soigné l'esthétique de ses plans et les



acteurs principaux – Hugo Becker et la jeune Lya Oussadit-Lessert en tête – sont particulièrement justes. Les films de science-fiction français ne sont pas légion. Il ne faut donc pas boudier celui-ci !



Galaxies - Au coeur des systèmes stellaires

par Govert Schilling

Les beaux livres consacrés aux galaxies ne sont pas légion. Celui-ci est donc indispensable dans une bibliothèque. Illustré par des spectaculaires images de galaxies réalisées par de puissants télescopes, cet ouvrage fait l'état des lieux de nos connaissances sur cette univers galactique : morphologie, formation, et évolution des galaxies, mouvements, matière et énergie noire... La qualité des images choisies est à souligner. Un livre qui fait voyager loin !



Objectif Mars

Cet épais hors-série édité notamment par Le Monde présente Mars sous toutes ses facettes, en commençant ce que nous en connaissons aujourd'hui. Le plus intéressant, sans doute, est la présentation détaillée de chacune des missions d'exploration de la planète rouge. Richement illustré, ce hors-série est accessible aux néophytes, mais il se pourrait que les connaisseurs apprennent encore quelques petites choses au sujet de notre planète voisine.



Giordano Bruno - Un génie martyr de l'Inquisition par Jacques Arnould

Jacques Arnould, spécialiste des liens entre science et religion, livre ici un ouvrage très riche sur Giordano Bruno, un philosophe provocateur et incompris en son temps. Ses prises de position tranchées, on le sait, ont conduit ce partisan du modèle copernicien jusqu'au bûcher... Mais Arnould prend ici le temps de retracer tout le cheminement de Bruno à travers une biographie étayée.