

Numéro 86

juin 2019

www.albireo78.com

*Albireo*⁷⁸

L'ALBIREOSCOPE

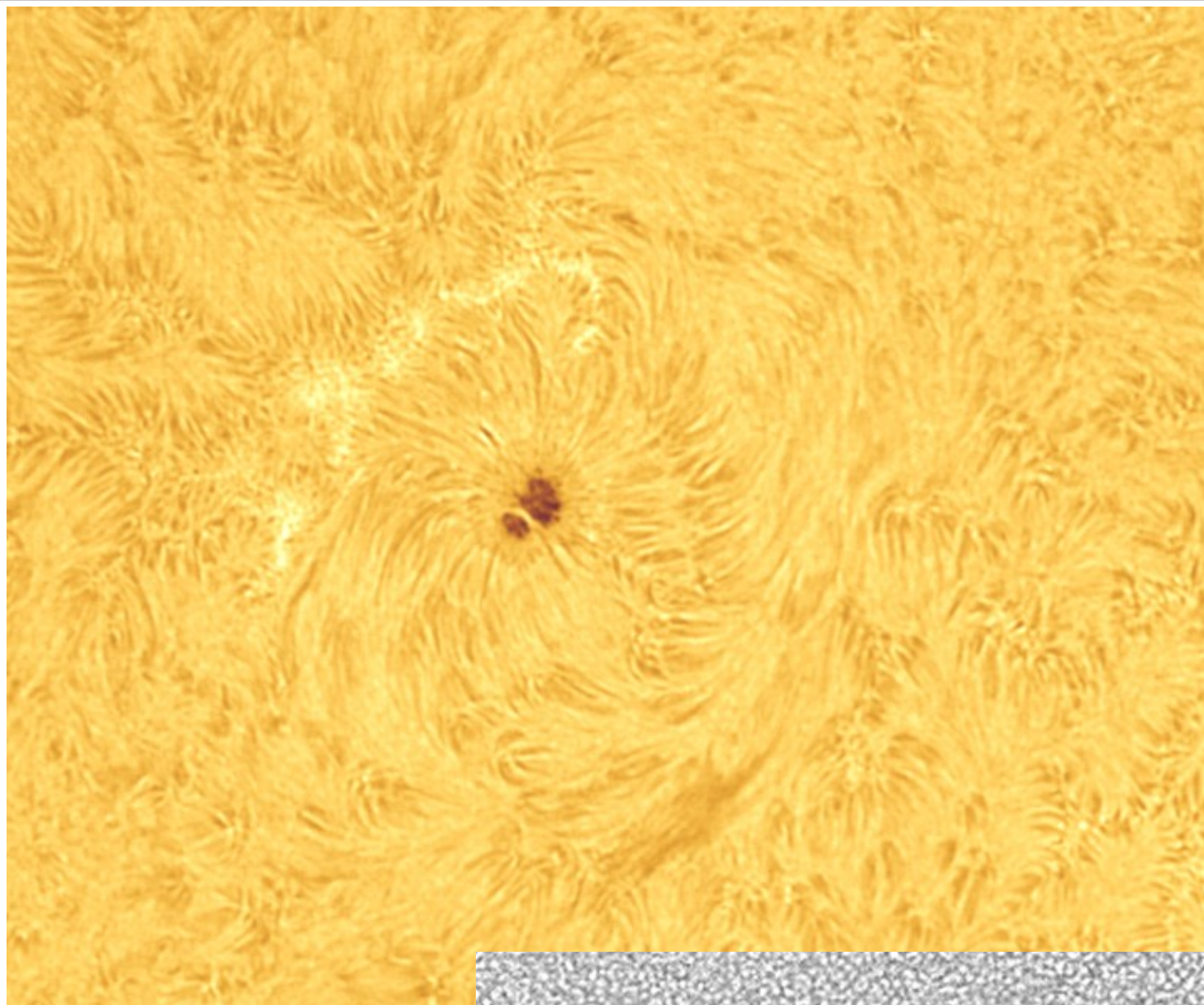


la lune : nouvelle destination pour la nasa...

Megastar Party de Triel

le radiotélescope de Nançay

Jean-Paul



Tâche solaire, AR 2741

Instrument : Lunette 120mm

Date : janvier 2019

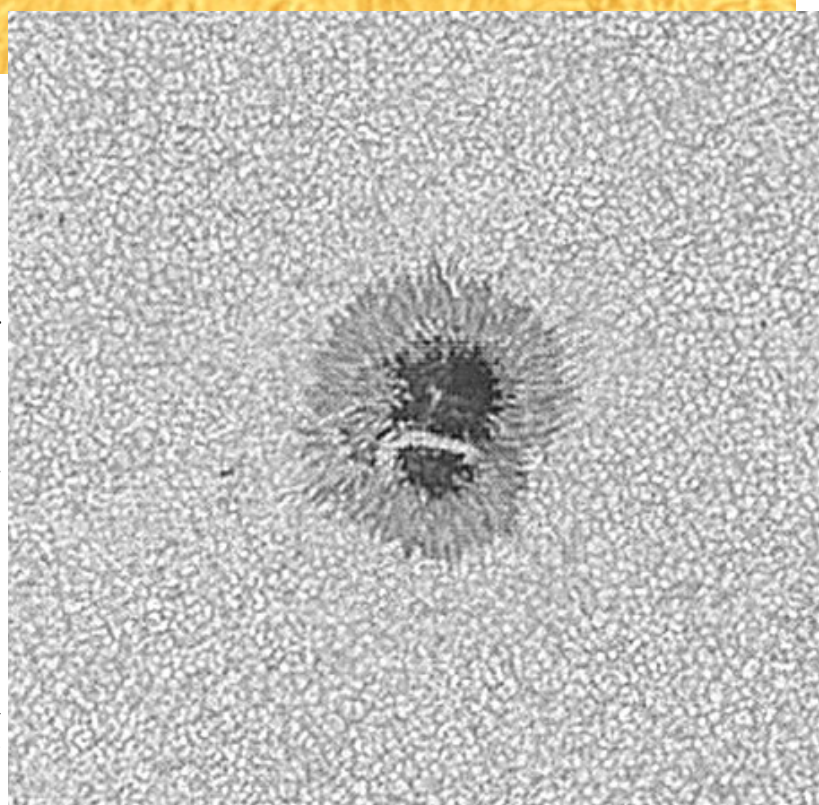
Lieu : Eure-et-Loir (28)

Les taches solaires semblent vouloir réapparaître mais le cycle solaire n° 24 n'est pas encore terminé. Le champ magnétique n'a pas encore basculé, les régions actives sont toujours affublées de numéros d'apparition qui prolongent la séquence du cycle 24.

Image en Ha (hydrogène bande H alpha à 656 nm) par Jean-Paul.

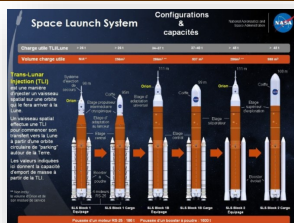
Image en lumière visible par Willy.

En lumière visible on peut voir la granulation, qu'on ne voit pas en Ha.



Sommaire

4



la lune, nouvelle destination pour la nasa (2)...

Michel

26

L'Inde, superpuissance spatiale ?

Michel

Des détails sur un programme spatial ambitieux...



28



C'est arrivé ce jour-là...

Des événements en relation avec le monde de l'astronomie qui se sont déroulés en juin 1919, 1889, etc.

32

MégaStar Party de Triel

lionel

Compte rendu de notre après-midi dans le nord des Yvelines...



34



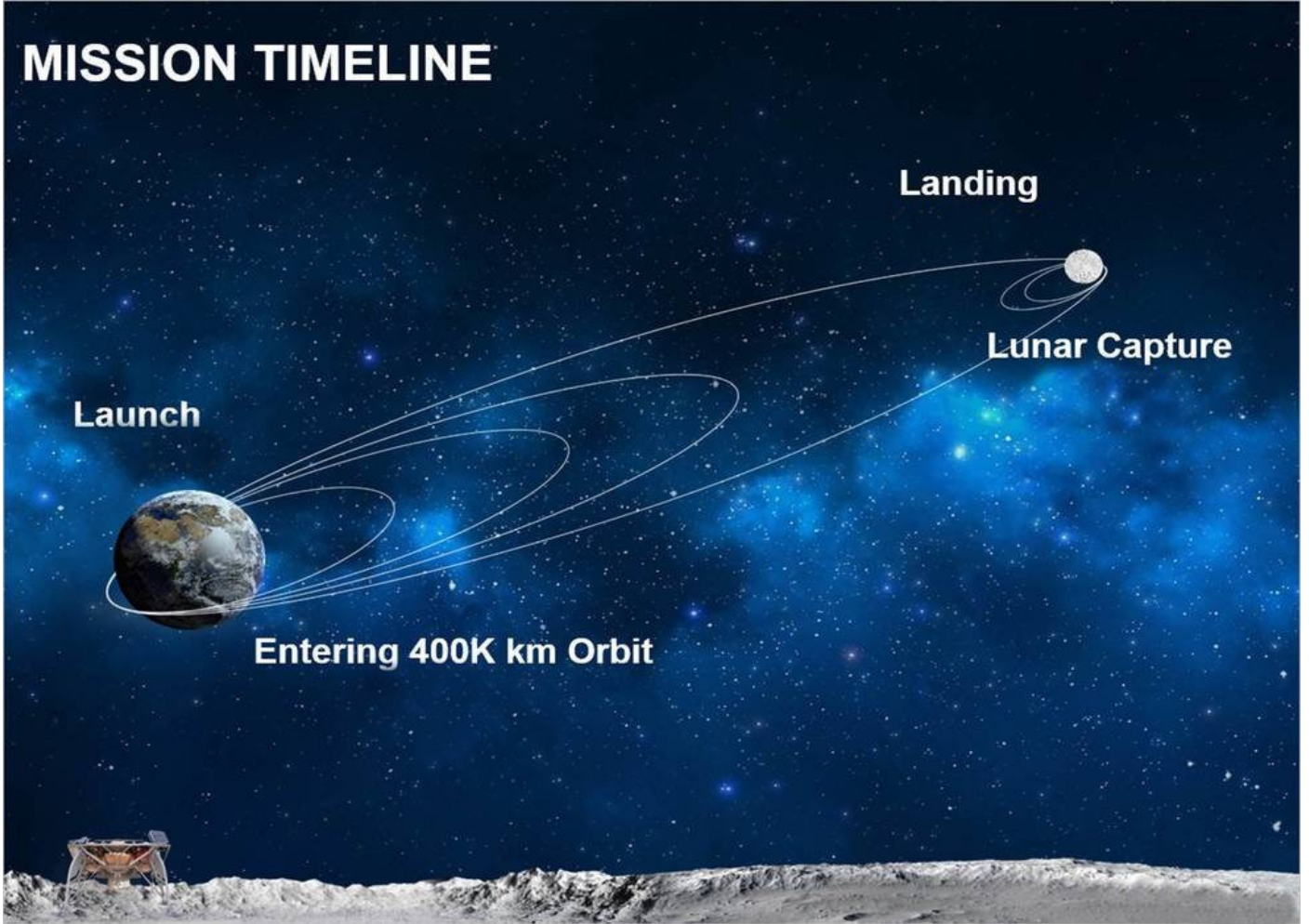
Sortie à Nançay...

lionel

Visite d'un des plus grands radiotélescopes du monde...



MISSION TIMELINE



ORION

Orion est le vaisseau spatial de nouvelle génération que les US développent pour le transport des astronautes vers la Lune et plus tard Mars ; il complète la fusée SLS dans ses versions Block 1, Block 1B et Blocks 2 vues précédemment. Les Européens sont chargés du développement du module de service Orion qui assure la propulsion, procure l'énergie électrique, la climatisation ainsi que les fluides divers et l'eau pour maintenir en vie les astronautes qui seront à bord du vaisseau spatial.



ORION : vue d'artiste.

Le module de service forme la partie arrière du vaisseau spatial, avec ses panneaux solaires.

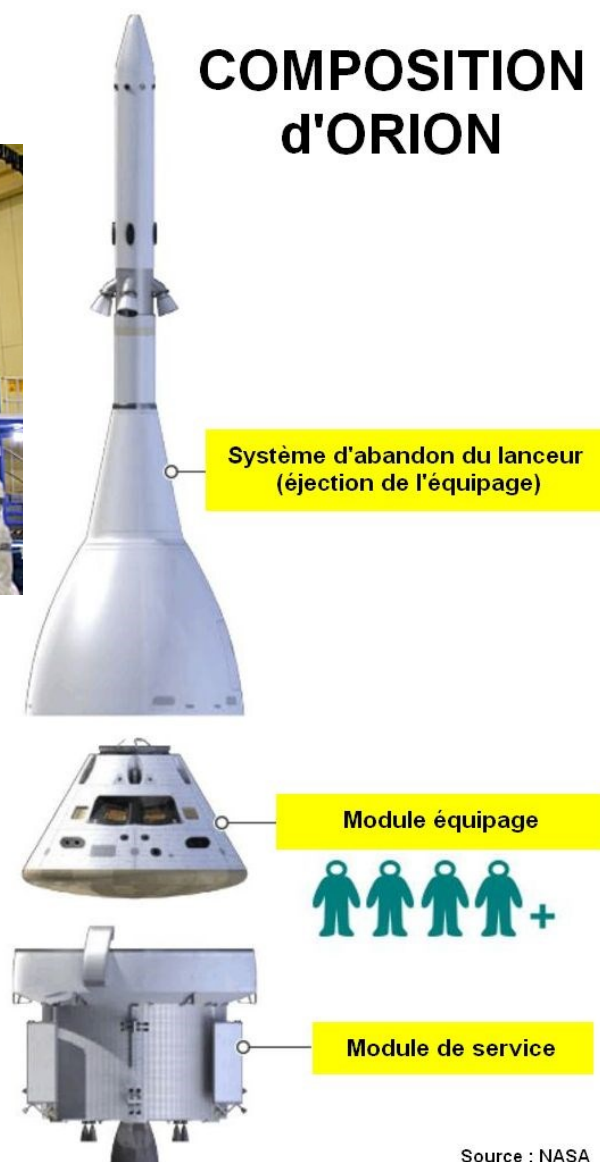
Il faut noter que c'est la première fois que l'Amérique confie la fabrication d'une pièce aussi cruciale d'un vaisseau spatial en dehors de ses frontières.



Le MODULE de SERVICE ORION livré par Airbus.

A pleine charge, le module de service ESM (European Service Module) pèsera 13 tonnes ; la plus importante charge est le carburant pour alimenter le moteur principal et les 32 petits propulseurs qui servent notamment à modifier l'orientation d'Orion. C'est la branche aérospatiale d'Airbus, située à Brême (Allemagne), qui a travaillé sous contrat de l'Agence Spatiale Européenne (ESA). L'ESA a confié cet équipement formellement à son homologue américaine, la NASA, lors d'une cérémonie à l'aéroport de Brême début novembre 2018 : les officiels américains acceptaient le premier module de service pour le vaisseau spatial Orion. Cette date du 2 novembre 2018 marque une étape importante de la collaboration US-Europe.

COMPOSITION d'ORION



Source : NASA

La semaine suivante, un cargo Antonov s'envolait avec l'ESM vers le Centre Spatial Kennedy en Floride. C'est là que le module de service et le module équipage seront associés et pourront subir une vaste série de tests avec un simulateur d'environnement spatial pendant quelques mois, afin de les préparer à une première mission en juin 2020. Cette mission (EM-1) devrait voir cet ensemble voyager à 64 000 km de la Lune afin de démontrer les aptitudes et capacités des systèmes à envoyer des hommes au cours de la seconde mission EM-2, projetée pour 2022. *« Nous sommes en train de bâtir un grandiose et nouveau système d'exploration... Il intègre quelque chose appelé Space Launch System, qui est notre nouvelle fusée ; ce sera la plus grande fusée jamais construite par l'homme, et Orion. Ces éléments sont conçus pour amener les gens plus loin dans l'espace qu'ils ne sont jamais allés auparavant. Le module de service ESA en est la centrale électrique. Orion ne peut aller nulle part sans... L'équipe Airbus a travaillé d'arrache-pied pour construire cet engin spatial et c'est un grand accomplissement »* a dit Mark Kirsasich, manager du programme Orion à la NASA. Oliver Juckenhöfel, responsable des services en orbite et de l'exploration chez Airbus, a rendu hommage à tous ceux qui avaient préparé le module de service pour son expédition.

Le module de service est un « matériel consommable » ; il est vidé avant le retour d'Orion sur Terre. Un deuxième ESM sera nécessaire pour le vol suivant. Et cette unité est déjà en construction chez Airbus à Brême où certains autres dispositifs nécessaires à plus longue échéance pour la mission EM-3 sont également approvisionnés. La relation américano-européenne sur Orion se veut à long terme. En vérité, le module de service représente un accord de troc entre l'Europe et les États-Unis ; c'est un « paiement en nature » que l'Europe fait aux États-Unis pour couvrir son abonnement à l'utilisation de la Station Spatiale Internationale. À l'avenir, l'arrangement sera probablement étendu au projet connu sous le nom de Gateway (la passerelle ou encore la porte lunaire), envisagé comme une sorte de station spatiale relais qui opérera à proximité de la Lune.

David Parker, directeur de la robotique et des vols habités à l'Esa, déclarait : *« Nous espérons vraiment pouvoir construire davantage de modules de service... Ce que la Nasa recherche, c'est un pari. Ce serait formidable ! Et contribuer à Gateway, notre camp de base pour explorer la Lune, c'est un avenir prometteur pour la prochaine décennie. »*

La NASA voulait être sûre qu'Orion donnerait satisfaction pour l'usage attendu ; elle devait accomplir son travail de manière fiable et avec toute la sécurité possible.

Le premier vol de test a été programmé le 5 décembre 2014 ; le lancement s'est fait de la Floride où Orion était au sommet d'une fusée géante : la Delta IV heavy (la SLS n'était pas encore disponible).



Bien sûr, pas encore d'astronaute à bord du vaisseau. La capsule Orion a été mise en orbite et a effectué deux tours de la Terre. Le vol a duré 4 h 30 et le vaisseau a regagné la Terre à grande vitesse, et plongé dans l'océan Pacifique près de la Californie, freiné par 3 parachutes.



Le 5 décembre 2014, la capsule spatiale ORION était lancée dans l'espace et retournait sur Terre dans l'océan Pacifique. Le bateau de la Navy, en arrière plan, a récupéré la capsule après son test en vol réussi.



5 décembre 2014 : décollage de la United Launch Alliance Delta IV, avec la capsule Orion au sommet de la fusée.
Décollage réussi à 7 h 05 local, au pas de tir 37 du Cape Canaveral Air Force Station Space Launch Complex.



La capsule ORION (vue d'artiste)

Elle sera associée au module de service européen relié, par l'étage adaptateur Orion, à l'étage intermédiaire cryogénique (ICPS) qui va assurer la propulsion de l'ensemble vers la Lune.



SLS (vue d'artiste)

Décollage de la fusée SLS Block 1 avec Orion (pas de tir 39B).

LES CRAWLERS (« RAMPEURS »)

La NASA, dans les deux années à venir, va envoyer dans l'espace sa gigantesque fusée SLS, d'abord pour un voyage test de 384 000 km, sans astronaute, autour de la Lune... mais après, avec les projets de mise en place de bases lunaires et puis sans doute des missions vers des astéroïdes et Mars, c'est l'avenir du programme spatial financé par l'état américain qui va dépendre de son succès. SLS est une toute nouvelle fusée, un lanceur de plusieurs milliards de dollars, haut de 98 mètres, qui commencera son périple au centre spatial Kennedy en Floride, déplacé sur un véhicule de plus de 50 ans. Et pour l'équipe chargée de transporter la fusée sur 7 kilomètres vers la rampe de lancement, la pression est forte. « *C'est une grande fierté de porter le programme spatial américain sur le dos* », déclare Bob Myers, l'un des pilotes les plus performants de la paire de transporteurs géants sur chenilles de la NASA, parmi les plus grands véhicules terrestres jamais construits. « *Nous avons une fusée, nous avons un essai, et nous ne voulons pas gâcher ce lancement* ». Ces deux transporteurs géants sont de la taille d'un terrain de baseball. Uniques au monde, ces engins ont été construits en 1965 pour transporter l'imposante fusée Saturn V du Vehicle Assembly Building de Kennedy au complexe de lancement 39. Après la fin des programmes Apollo et Skylab, ils ont poursuivi leur travail pendant les trente années d'exploitation de la navette spatiale, pour les emmener vers la rampe de lancement. Malgré l'arrêt d'exploitation des navettes, les « rampeurs » sont toujours considérés comme des éléments essentiels des opérations de lancement de fusées. L'un d'eux devrait amener des fusées et des engins spatiaux à exploitation commerciale sur la rampe de lancement. L'autre, Crawler-Transporter 2, est en cours de renforcement pour prendre en charge le système de lancement spatial (SLS).

Poids : environ 2 700 tonnes

Dimensions : 35 m de large et 40 m de longueur.

Hauteur : varie de 6 à 8 mètres, en fonction de la position des vérins de levage, d'égalisation et de mise à niveau.

Capacité de charge : capable de transporter une charge de 8 000 tonnes (ou le poids de plus de 20 avions Boeing 777 entièrement chargés).



Transporteur sur chenilles CT-2 placé sur la surface de la rampe de lancement 39B pour un contrôle d'ajustement le 22 mai 2018 au Centre spatial Kennedy de la NASA en Floride

Mars 1963 : début de la fabrication des transporteurs sur chenilles en Ohio.

23 janvier 1965 : le transporteur se déplace pour la première fois de son propre chef.

26 août 1967 : la première fusée Saturn V est déplacée sur la rampe de lancement de la mission sans pilote Apollo 4.

1er mai 1979 : une navette spatiale Enterprise est transportée, avec son réservoir externe et deux propulseurs solides inertes, au pas de tir A pour vérification de son ajustement.

16 novembre 2011 : déplacement du lanceur mobile SLS (Space Launch System) du site du parc situé à côté du bâtiment VAB (Vehicle Assembly Building) vers



la plateforme de lancement 39B.

Le « crawler » dispose de 2 gros moteurs diesel qui entraînent des génératrices qui délivrent la puissance électrique à 16 moteurs de traction, mais il dispose aussi de moteurs et de génératrices supplé-



Le crawler

La chenille du géant est composée de 57 sabots : chacun d'eux pèse 900 kg.

Le conducteur dispose d'un minuscule volant, d'un sélecteur de vitesse et d'une pédale de frein. Toutes les commandes relativement simples sont introduites dans le système informatique nouvellement mis à niveau pour assurer le bon fonctionnement des pompes hydrauliques qui activent les composants mécaniques des années 1960. Il a la capacité de se positionner et d'amarrer sa plate-forme sur la rampe de lancement à 1/2 pouce près. Sur commande, il peut se déplacer d'1/8^{ème} de pouce.

mentaires pour assurer d'autres fonctions comme la direction, la ventilation, l'éclairage etc..

L'engin consomme pas loin de 300 litres de gasoil au km. Les chenilles situées dans chaque angle sont composées de 2 bandes de roulement jumelées à 57 sabots.

Deux cabines aux extrémités permettent le pilotage du monstre avec une aide extérieure non négligeable ; une trentaine de personnes s'occupent de l'engin pendant le transport d'une fusée. Un système de capteurs et de vérins maintient à niveau la plate-forme supérieure - et donc la fusée - au cours de la traversée de la chaussée enrochée et de la montée menant à la rampe de lancement. La vitesse maximum du géant est de 1,6 km/h à pleine charge, et le temps moyen pour aller du Vehicule Assembly Building (VAB) au pas de tir est d'au moins 7 heures. L'itinéraire depuis le bâtiment d'assemblage du véhicule (VAB) comprend également des angles, ce qui signifie que les chenilles doivent pivoter.

« Nous avons une équipe de sous-traitants qui préparent la voie des chenilles chaque fois que nous sommes prêts à rouler », déclare John Giles, chargé de projet Crawler. Au fur et à mesure que la chenille avance, elle écrase la surface de la « Crawlerway » recouverte de cailloux des rivières Alabama et Tennessee ; ces roches choisies pour leur qualité de glissement sont pulvérisées au passage des chenilles et



la poussière éjectée dans les airs... attention les yeux !

Discovery à bord du crawler, et en route vers son pas de tir (mission STS-114 : retour des américains dans l'espace en juillet 2005, deux ans après l'accident de Colombia).



PAS DE TIR 39B



Le déflecteur de flamme déviéra en toute sécurité la sortie du panache de la fusée Space Launch System de la NASA lors du lancement. Au décollage, il détournera les gaz d'échappement, la pression et la chaleur intense générés par la fusée vers le nord. Les équipes dédiées au service au sol du programme d'exploration de Kennedy rénovent le site pour prendre en charge le lancement de la fusée SLS avec Orion pour « Exploration Mission-1 ». Et cela contribue à transformer le centre spatial en un port spatial multi-utilisateurs.

Photos : NASA

La construction du déflecteur de flamme principal dans la tranchée de flammes du « Launch Complex 39B » au Kennedy Space Center de la NASA en Floride est terminée. La construction du déflecteur de flamme principal a débuté en juillet 2017. Le déflecteur intègre plusieurs approches de conception novatrices, notamment des plaques de revêtement en acier, une structure ouverte du côté sud et une configuration optimisant les fonctionnalités des lanceurs commerciaux. Le côté sud ouvert permet un accès facile pour l'inspection, la maintenance et les réparations. Des plaques d'acier épaisses sont placées pour résister aux gaz d'échappement et à la chaleur générés par plusieurs lancements. Une grande souplesse dans la maintenance : lorsque les plaques d'acier proches du panache d'échappement commencent à s'éroder, elles peuvent être remplacées. De nouvelles conduites d'eau utilisées pour l'insonorisation ont été installées sur la crête du déflecteur de flamme principal. Lors du lancement, des milliers de litres d'eau s'écoulent d'un réservoir pour refroidir la tranchée principale de la flamme et absorber et rediriger les ondes de choc, tout en réduisant les niveaux sonores susceptibles d'endommager le véhicule et les structures environnantes. L'un des aspects essentiels de l'approche du programme en matière de durabilité et d'accessibilité à long terme consiste à mettre l'infrastructure de traitement et de lancement à la disposition des clients commerciaux et autres, répartissant ainsi entre plusieurs utilisateurs les coûts d'accès à l'espace.



Vue rapprochée du déflecteur de flamme principal dans la tranchée de flammes du Launch Complex 39B au centre spatial Kennedy de la NASA en Floride

L'AVIONIQUE : CERVEAU DE SLS

Décoller de la rampe de lancement avec pas loin de 4 000 tonnes de poussée et atteindre l'espace à une vitesse proche de 40 000 km/h en à peu près 8 minutes nécessite plus que de la puissance... cela nécessite un cerveau.

L'énorme quantité de matériel en cours d'assemblage pour construire la nouvelle fusée spatiale SLS attire l'attention, mais le «cerveau» de la fusée, c'est l'avionique : les ordinateurs de bord et les logiciels embarqués qui vont guider le vol de la fusée. La destinée de la fusée repose en effet sur un système qui passe bien souvent inaperçu mais c'est lui qui a le pouvoir.

L'avionique est le système électrique nécessaire au vol et qui est piloté par un logiciel qui indique à la fusée où elle doit aller et comment pivoter les moteurs pour rester sur la bonne trajectoire par exemple. Pour y parvenir, la fusée SLS dispose en réalité de plusieurs «cerveaux» répartis dans ses diverses structures. Tous les systèmes communiquent entre eux ainsi qu'avec l'avionique et les systèmes de commande du vaisseau spatial Orion où se trouvent les hommes.

Ordinateurs de vol

Pendant les huit premières minutes du vol de SLS, du lancement à la séparation du premier étage laissant partir seuls dans l'espace l'ICPS et le vaisseau Orion, les principaux cerveaux contrôlant la plus puissante des fusées au monde sont les ordinateurs de vol situés dans le 1er étage. Ces trois ordinateurs guident le vol de la fusée et chacun traite les données pour décider ce que la fusée va faire. Deux des trois ordinateurs doivent fonctionner parfaitement à tout moment - un ordinateur ne peut pas fonctionner seul ; ceux-ci communiquent avec les autres équipements avioniques des quatre moteurs RS-25 et des deux propulseurs de fusée à propergol solide, les boosters, qui permettent de lancer SLS avec Orion.



L'avionique des boosters de la fusée SLS a terminé ses tests de qualification au niveau du système en octobre 2017. Les ingénieurs ont simulé le fonctionnement de l'avionique des boosters au laboratoire d'intégration des systèmes situé au Marshall Space Flight Center de la NASA à Huntsville, en Alabama, où tous les systèmes et leur électronique sont testés. Les tests ont vérifié la fidélité du système. Deux boosters à cinq segments, développés par Orbital ATK, doivent fournir 80 % de la poussée pendant les deux premières minutes de vol. L'avionique des boosters reçoit des commandes de l'ordinateur de vol du premier étage de la fusée SLS et assure 80 % de la maîtrise des conditions de vol pendant ces 2 premières minutes. Les interactions majeures confirmées pendant le test comportent la capacité à allumer ces fusées d'appoint, contrôler leur fonctionnement durant le vol, le terminer avec le démarrage de la séquence de séparation d'avec le premier étage.

Contrôleurs des moteurs de vol

Chaque moteur RS-25 possède un nouveau «cerveau», un contrôleur de vol qui communique avec les ordinateurs de vol du 1er étage pour s'assurer que ceux-ci fonctionnent aux niveaux requis. Aerojet Rocketdyne a qualifié les nouveaux contrôleurs de moteur RS-25 lors des essais en situation réelle, et assemblé les quatre moteurs, qui sont prêts à être installés au bas du premier étage.


Avionique des « boosters »

Au décollage, deux propulseurs de fusée à cinq segments fourniront 80 % de la poussée pendant les deux premières minutes de vol. L'avionique intégrée reçoit les commandes des ordinateurs de vol, et délivre 80 % des autorisations de contrôle de la fusée pendant ces 2 premières minutes critiques.

Avionique du 1er étage

Les unités avioniques du 1er étage de SLS travaillent avec le logiciel de vol pour remplir diverses fonctions au cours des 8 premières minutes de vol. Certains contrôlent la navigation, certains communiquent avec Orion et certains contrôlent le

fonctionnement des moteurs. Parmi les autres éléments du « système nerveux » de la fusée, on compte l'unité redondante de navigation inertielle, responsable de la bonne arrivée à destination de la fusée, le système d'alimentation qui sert de « cœur et de sang » au corps de la fusée, ainsi que les capteurs et les actionneurs qui disent quoi faire - un peu comme nous quand il s'agit de prendre un stylo ou de retirer sa main d'un réchaud allumé.



Les techniciens du laboratoire d'intégration des systèmes de Marshall vérifient les systèmes avioniques de l'ensemble de la fusée afin de s'assurer qu'ils peuvent tous «dialoguer» entre eux, avec Orion, et avec les ordinateurs de contrôle au sol, et fonctionnent correctement pour donner à SLS le guidage nécessaire à la réussite de sa première mission.

SLS à la conquête de l'espace (vue d'artiste)

Des boîtiers avioniques presque identiques dans le laboratoire simulent les ordinateurs de vol et d'autres appareils avioniques du booster et du 1er étage. Le logiciel de vol qui exploite les systèmes est vérifié en effectuant des milliers de vols simulés dans diverses conditions prévues et anormales, qui mettent à l'épreuve à la fois le logiciel et l'avionique de la fusée afin de confirmer sa disponibilité pour le vol spatial.

COMMUNICATION SPATIALE



Le réseau spatial remonte au début des années 70, lorsque la NASA avait initialement formulé les concepts d'un système de satellites de repérage et de relais de données (TDRSS). La première station sol du réseau spatial (SN : Space Network) a été mise en service au début des années 1980 et le premier satellite TDRS (Tracking and Data Relay Satellite) a été lancé en avril 1983. Depuis lors, la flotte de satellites TDRS s'est considérablement développée et la clientèle a augmenté en nombre et en diversité. SGSS (Space Network Ground Segment Sustainment) vise aujourd'hui à mettre également à niveau le matériel au sol prenant en charge ces actifs et le réseau complet.



Lancement de TRDS-H

La dernière rénovation majeure du système au sol du SN a eu lieu au début des années 90. Bien que des mises à niveau ponctuelles aient été effectuées depuis, l'infrastructure de base est devenue de plus en plus lourde, coûteuse et difficile à entretenir et à exploiter ; cela pose un risque accru pour la fiabilité des services, sur lesquels de nombreux clients de la NASA comptent depuis des décennies. La mission de SGSS consiste à mettre en place un segment terrestre moderne qui permette au SN de continuer à fournir des services de haute qualité à la communauté des utilisateurs, de répondre aux exigences des

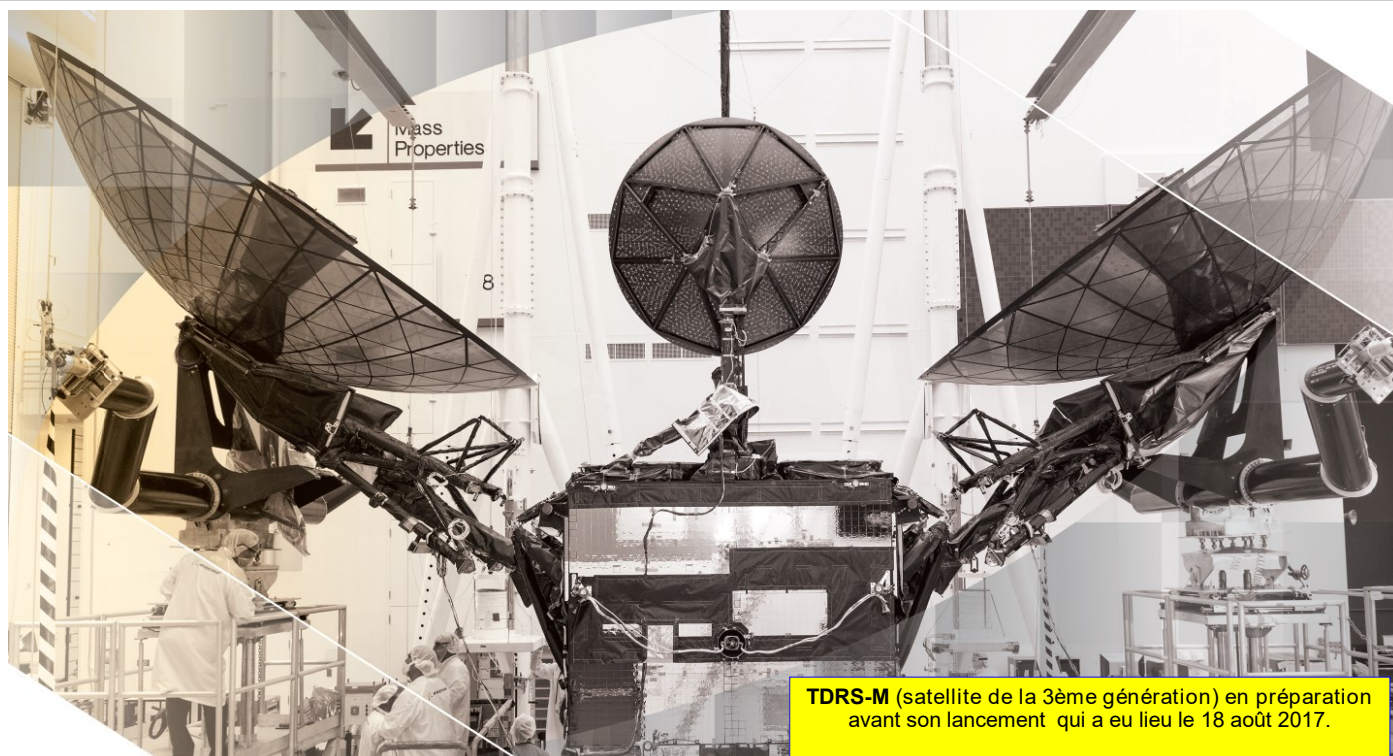
parties prenantes et de réduire les besoins en opérations et de maintenance des terminaux au sol. Bien que la modernisation et l'entretien du réseau posent des défis importants, l'équipe a planifié diverses stratégies visant à minimiser le risque d'interruptions de service. SGSS contribuera à préserver le long héritage du SN et à maintenir ses capacités dans le futur. C'est une tâche monumentale ; un effort de mise à niveau de cette ampleur, tout en maintenant simultanément le SN dans un état opérationnel, n'avait encore jamais été tenté.

L'équipe de SGSS mettra, par exemple, à niveau les stations au sol de White Sands, au Nouveau-



Station SN de White Sands au Nouveau Mexique

Mexique, avec des systèmes modernes de matériels et de logiciels destinés aux entreprises, y compris l'utilisation d'un nombre considérable de technologies commerciales standard et de nou-



TDRS-M (satellite de la 3ème génération) en préparation avant son lancement qui a eu lieu le 18 août 2017.

velles mesures de sécurité. SGSS augmentera les capacités de traitement des données des réseaux de stockage, mettra en œuvre de nouvelles normes et introduira un certain nombre d'autres améliorations susceptibles de prendre en charge de nouveaux utilisateurs et d'assurer la fiabilité du réseau.

Communications laser

Concept relativement nouveau, les communications par laser encoderaient les données dans des faisceaux de lumière et les renverraient à la Terre. La communication optique est l'avenir des communications spatiales. Cette technique utilise la lumière infrarouge pour transmettre des données numériques vers et depuis un vaisseau spatial, offrant un débit de données bien supérieur aux systèmes de communication radiofréquence actuels (RF). Cela permet aux nouvelles missions, avec des taux de collecte de données beaucoup plus élevés, de transmettre plus rapidement ces grandes quantités d'information au sol.

Les communications optiques peuvent également être adaptées pour transmettre des données au même débit que la RF, mais nécessitent de la charge utile beaucoup moins d'espace et de puissance. La NASA, en partenariat avec le Laboratoire Lincoln du Massachusetts Institute of Technology, a fait de grands progrès pour intégrer les communications laser aux missions spatiales ces dernières années. En 2013, la NASA a lancé la Lunar Laser Communications De-

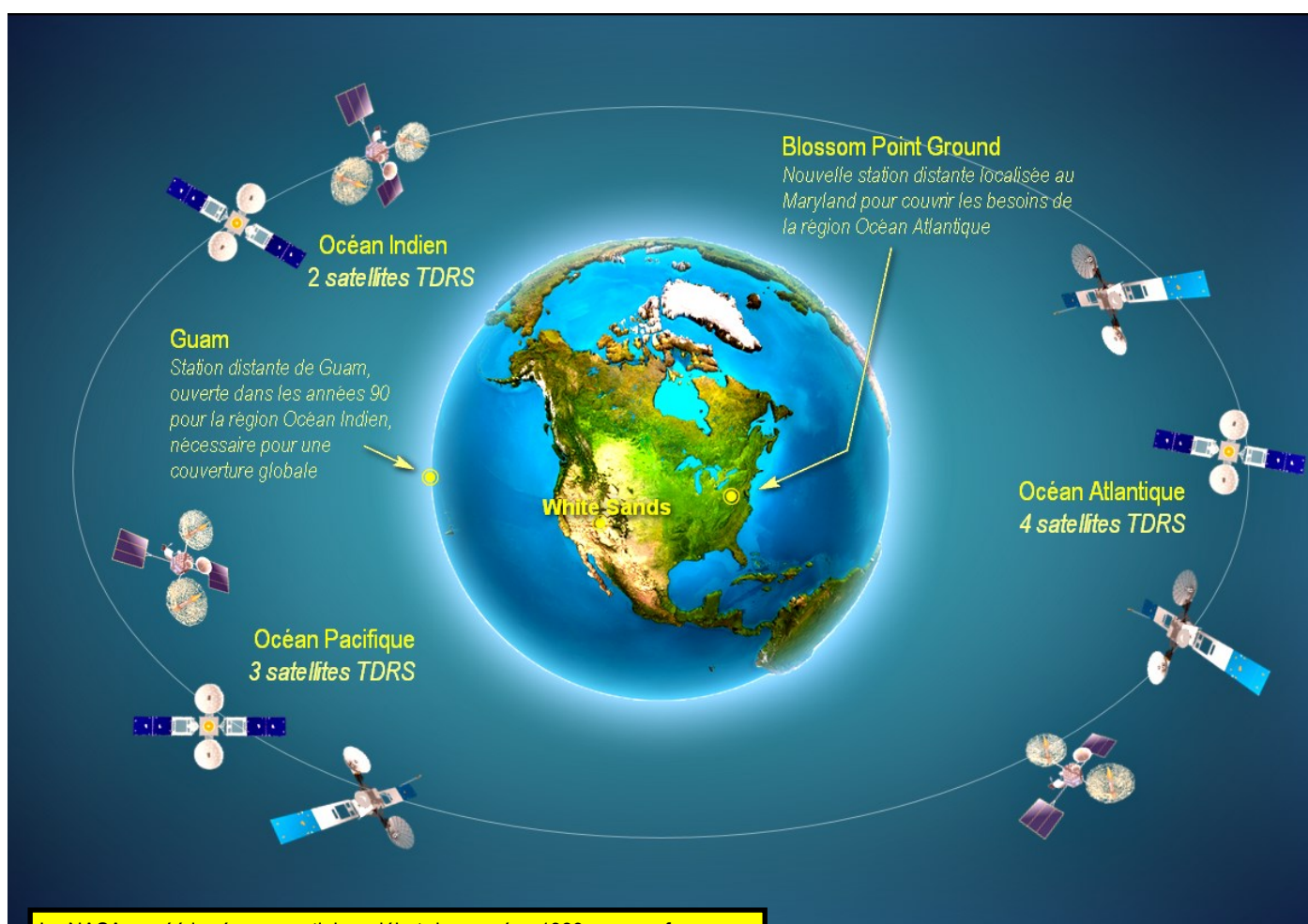
monstration, la première démonstration technologique de communications au laser permettant des débits de données cinq fois plus rapides que jamais auparavant au-delà de l'orbite terrestre basse, à bord de la mission Lunar Atmosphere and Dust Environment Explorer ; et ce fut un succès absolu. Un satellite relais laser LCRD, en cours de préparation, pourra permettre de tester les opérations quotidiennes d'un système de communication laser spatial, permettant aux ingénieurs d'acquérir une expérience permettant de relever les défis propres à la communication laser : exploiter pleinement son potentiel malgré la couverture nuageuse, le vent et d'autres facteurs environnementaux susceptibles de perturber la transmission des données. La charge utile spatiale du LCRD, en cours de développement au Goddard Space Flight Center de la NASA, comprendra un certain nombre de composants extrêmement sensibles. Étant donné que LCRD est un satellite relais, la charge utile du vol comportera deux côtés, avec un terminal optique sur chacun. De cette façon, un terminal peut s'interfacer avec le satellite de l'utilisateur et l'autre peut rester dirigé vers les terminaux au sol sur Terre. Les modems sur la charge utile traduiront les données numériques en signaux laser et inversement, et le module optique enverra ces faisceaux lumineux codés au sol ou les recevra de la Terre. L'électronique du contrôleur aidera à positionner les modules optiques dans la position optimale pour recevoir et trans-

mettre des données. En raison de la charge utile bilatérale, une unité de commutation spatiale servira d'interface entre elles et acheminera les données vers et depuis les deux modules optiques. Tous ces composants seront intégrés à la charge utile, qui volera sur un vaisseau hôte avec d'autres missions. Côté segment terrestre, le LCRD transmettra des données à deux stations au sol spécialisées, et situées à Table Mountain (Californie) et à Hawaii, et en recevra des données. Le Jet Propulsion Laboratory de la NASA s'est associé au projet LCRD pour construire et exploiter les installations de Table Mountain. Les sta-

tions au sol hébergeront chacune un des terminaux. Ceux-ci contiendront les modems pour traduire la lumière codée en données. Ces terminaux au sol seront assistés par des CODECs, dispositifs de codage et de décodage conçus pour restaurer (jusqu'à un certain point...) les données perdues par des erreurs de transmission liées aux mauvaises conditions météorologiques par exemple. Ces nouvelles capacités auront de nombreuses applications pour le futur de l'exploration humaine, plus loin dans le système solaire.

SPACE NETWORK (SN), le réseau spatial de la NASA

Space Network s'emploie à fournir une couverture de communication mondiale extrêmement fiable aux missions de la NASA :



La NASA a créé le réseau spatial au début des années 1980 pour renforcer son réseau mondial de stations de suivi au sol. Les premières stations au sol ont été construites dans les années 1970 au complexe White Sands de White Sands, au Nouveau-Mexique, et le premier satellite TRDS a été lancé en 1983. Le réseau spatial fournit des services de communication flexibles et fiables via les satellites TDRS et les antennes terrestres associées. Les engins spatiaux utilisateurs se connectent aux satellites TDRS en orbite situés dans le monde entier et transmettent leurs données à TDRS, qui les relaie ensuite vers les stations au sol du réseau spatial. La position des satellites TDRS en orbite terrestre assure que tout engin spatial en orbite est vu à tout moment.

Le réseau spatial, composé d'une constellation en orbite de satellites de suivi et de relais de données (TDRS) et d'un ensemble de stations au sol associées fournit en toute sécurité des données essentielles aux clients. À tout moment, le réseau spatial

exploite jusqu'à sept satellites de suivi et de relais de données en orbite géosynchrone dans le monde entier. La constellation de satellites est positionnée de manière à pouvoir visualiser le monde entier en permanence, fournissant ainsi un relais de communication à trois voies entre le vaisseau spatial du client et les stations au sol de White Sands (Nouveau-Mexique), Guam et Blossom Point (Maryland) pour le transfert et le suivi des données.

Les stations de suivi au sol dans le monde entier comprennent le réseau Near Earth de la NASA

(NEN), qui relie le monde aux données scientifiques. Une vingtaine de sites de suivi répartis dans le monde entier fournissent le lien de communication qui permet à plus de 40 missions de transférer leurs données sur la Terre. Les missions sur le réseau NEN peuvent nécessiter des contacts quotidiens ou même toutes les heures avec des ressources NEN. Le réseau relève le défi, avec une moyenne de 140 contacts d'engins spatiaux par jour pour apporter des données en toute sécurité aux centres opérationnels des missions sur Terre.

NASA	NEAR	EARTH	NETWORK	
I	Propriétaire	Nom des stations	Localisation	Nom des antennes
Amérique du Nord	NASA's Near Earth Network	Alaska Satellite Facility	Fairbanks, Alaska, USA	AS1 à AS3
	National Oceanic and Atmospheric Administration	Gilmore Creek	Gilmore Creek, Alaska, USA	GLB
	Swedish Space Corporation	North Pole Satellite Station	Pôle Nord, Alaska, USA	USAK 01 à 05
	Swedish Space Corporation	South Point Hawaii Satellite	Pôle Sud, Hawaii, USA	USHI 01 à 02
	NASA's Near Earth Network	White Sands Complex	White Sands, Nouveau Mexique, USA	WS1
	NASA's Near Earth Network	Wallops Ground Station	Wallops Island, Virginie, USA	WG1 & WG2
Amérique du Sud	Swedish Space Corporation	Santiago Satellite Station	Santiago, Chili	SA1 à SA3
Asie	Kongsberg Satellite Services	Seletar Earth Station	Singapore	SI1
Europe	Swedish Space Corporation	Esrangle Satellite Station	Kiruna, Suède	KU1S & KU2S
	Kongsberg Satellite Services	Svalbard Satellite Station	Svalbard, Norvège	SG1 à SG3
Afrique	South African National Space Agency	Hartebeesthoek Radio Astronomy Observatory	Hartebeesthoek, Afrique du Sud	HBK 1 & 2
Antartique	NASA's Near Earth Network	McMurdo Ground Station	McMurdo, Antarctique	MG1
	McMurdo TDRS Relay System		McMurdo, Antarctique	MTRS
	Kongsberg Satellite Services	Troll Satellite Station	Troll, Antarctique	TR2 & TR3
Australie	Swedish Space Corporation	Australia Satellite Station	Australie	AUWA1

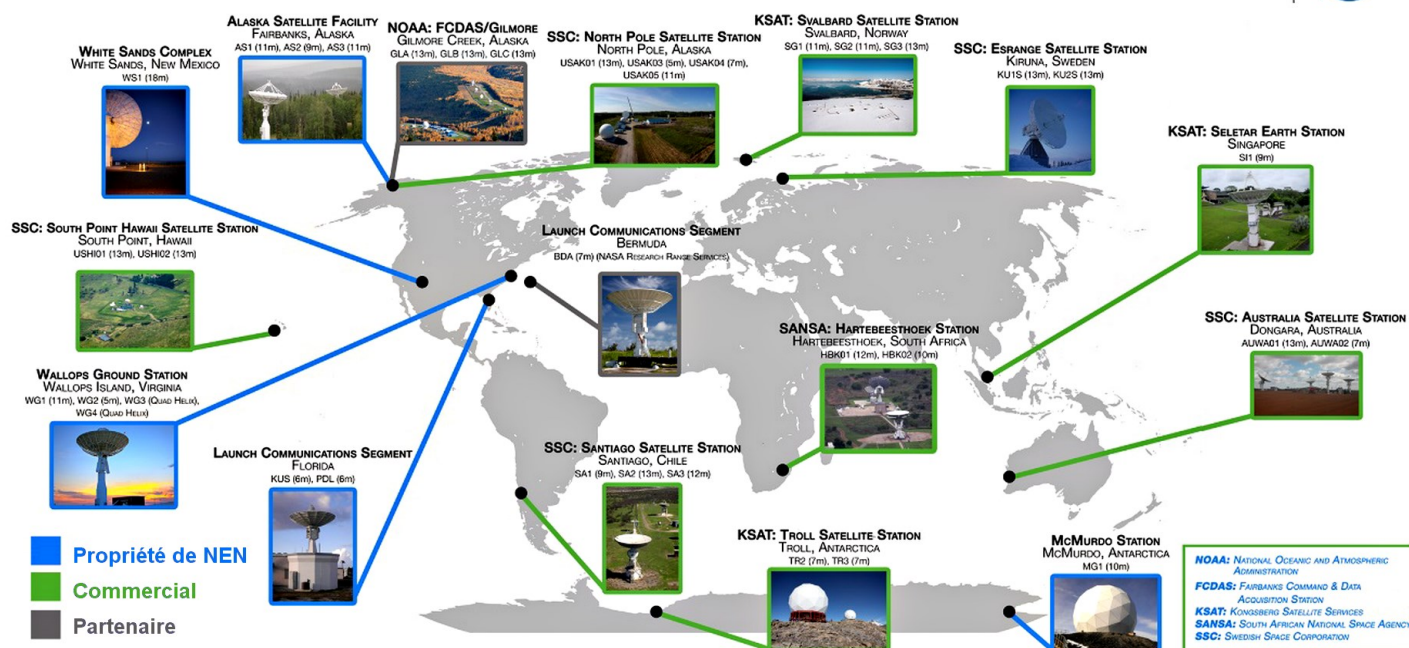
Near Earth Network : un des trois réseaux qui servent à l'établissement des communications critiques, et au suivi, des vaisseaux spatiaux.

Plan de situation des stations au sol du réseau NEN

Le Near Earth Network gère l'espace de la Terre jusqu'à 2 millions de kilomètres !

Near Earth Network

National Aeronautics and
Space Administration



LCS : LAUNCH COMMUNICATION SEGMENT

(segment de communication relatif au lancement)

En septembre 2012, la NASA et l'US Air Force (USAF) ont publié une étude conjointe élaborée par une équipe comprenant des représentants de la NASA, de l'Administration de l'aviation (FAA), de Space Florida et de sous-traitants : la Future State Definition (FSD).

L'étude a développé une vision pour « une capacité de support au lancement sur la côte Est » avec une infrastructure et des systèmes de la NASA complétant la « Air Force Eastern Range », utilisant des processus communs intégrés pour fournir un support flexible, abordable et réactif à la communauté multi-utilisateurs, y compris les utilisateurs militaires, civils et commerciaux.

L'étude FSD a identifié, parmi les principales parties prenantes, le système de lanceur spatial (SLS) de la NASA et le véhicule à équipage polyvalent Orion (MPCV Multi-Purpose Crew Vehicle), ainsi que les véhicules de lancement et les équipages qui soutiendront la vision de l'exploration de la NASA. L'étude FSD a émis plusieurs recommandations de modernisation d'infrastructure à court et à long terme, dont

deux sont devenues des exigences de capacité opérationnelle déterminantes pour les systèmes NEN LCS.

En réponse à la FSD, le NEN a entamé une période initiale de développement du concept, avant la formulation qui a conduit à un consensus concernant l'architecture de base et le concept des opérations, ainsi que les exigences et contraintes techniques, de ressources et d'organisation déterminantes. Le projet NEN a officiellement créé le projet de développement LCS de la NASA en 2013 pour définir, concevoir, mettre en œuvre et tester des capacités de communication de lancement modernisées, conformes à la vision de l'étude FSD et dictées par les exigences de la mission d'exploration 1 (EM-1), qui englobe SLS et les exigences de mission des parties prenantes d'Orion. Au début de 2018, le projet LCS a mené à bien trois des quatre examens d'étape d'ingénierie des systèmes prévus par la NASA ; le quatrième, l'examen de l'état de préparation opérationnelle (ORR Operational Readiness Review), était prévu pour la fin de 2018, à la suite de quoi les deux stations de LCS seront opérationnelles.

Capacités LCS

Les deux stations au sol modernes du LCS ont été conçues pour compléter le champ de tir Est de l'armée de l'air américaine, permettant ainsi de soutenir les communications des missions spatiales de la prochaine génération et des lanceurs partant du port spatial de Floride, ou y revenant. Les stations LCS assureront la liaison critique entre les astronautes et les contrôleurs de mission lors des vols avec équipage, et appuieront la télémétrie des lanceurs et les communications de suivi orbital pour les missions robotiques.

Le système NEN LCS est composé de deux stations au sol permanentes, KUS et PDL, chacune équipée d'une seule antenne de 6,1 mètres protégée par un radôme, comme illustré ci-après. Les deux sites peuvent fournir un large éventail de services de communication. Dans le cadre d'un accord de



KUS : Kennedy Uplink Station



PDL : Ponce de Leon

collaboration entre agences plus large, les systèmes d'antenne ont été fournis à la NASA par l'US Air Force pour être rénovés et utilisés par KUS et PDL, ce qui a permis de réaliser d'importantes économies de coûts de développement pour LCS. À l'origine, les systèmes d'antenne ne permettaient pas la liaison descendante et la poursuite en bande S, mais ils ont été modifiés par le projet pour prendre en charge la liaison montante en bande S, pour les données de commande et vocales entre les contrôleurs de mission et le véhicule ou l'équipage.

Les stations au sol comprennent tous les nouveaux équipements de traitement du signal et de traitement des données à la pointe de la technologie, et des logiciels conformes aux standards du Consultative Committee for Space Data Systems (CCSDS) ainsi qu'aux normes de signaux et de données du groupe Inter-Range Instrumentation Group (IRIG)

106. Ces équipements offrent la possibilité de prendre en charge toutes les modulations et modes avancés de codage qui améliorent l'efficacité d'usage de la bande passante, et recommandés pour une utilisation future par les missions de la NASA, ainsi que de nombreux systèmes utilisés par d'autres utilisateurs civils, militaires et commerciaux. Les deux stations peuvent être surveillées et contrôlées à distance à partir du centre de surveillance et de contrôle mondial (GMaCC Global Monitor and Control Center) de NEN, à Wallops (Wallops Flight Facility) pour les événements de routine et les tests préalables à la mission. En outre, KUS et PDL prennent en charge la planification de service standard par le biais du NEN Scheduling Office (NENSO). Le premier cas d'utilisation de LCS est de fournir des solutions de communication lors du lancement, de l'ascension et de l'atterrissage, agiles, adaptées et robustes, au port spatial de Floride. Cela comprend le support à EM-1 (SLS et

Orion), la mission pilote de LCS, ainsi que pour les futurs utilisateurs des communications civiles, commerciales et militaires. Les solutions de support peuvent être basées uniquement sur les deux stations LCS permanentes ou peuvent être étendues grâce à des accords hôte-locataire avec l'US Air Force et des ressources déployables en partenariat avec le NASA Wallops Research Range pour répondre aux besoins spécifiques de la mission. Deux recommandations à court terme définissaient les exigences en matière de capacité opérationnelle pour le NSC LCS :

1 prendre en charge des débits de données de liaison de télémétrie d'au moins 20 Mbps.

2 une capacité de liaison montante en bande S vers le véhicule et / ou l'équipage. Les recommandations et les exigences associées étaient dictées par EM-1. Un mémorandum d'accord entre la NASA et l'USAF (MOU) a été signé fin 2013, autorisant la coopération pour le projet NEN LCS. Le MOU a officiellement imposé au LCS des exigences supplémentaires pour répondre aux besoins des lanceurs Est (par exemple, les formats de données IRIG-106, ainsi que des schémas de modulation et de codage pour tous les lanceurs pris en charge dans l'Eastern Range). Le MOU a également repris l'accord de l'USAF pour le transfert d'équipement de l'USAF, notamment les deux systèmes d'antenne de télémétrie TAA-20 (6,1 mètres) désormais installés à KUS et PDL.

Les emplacements des deux stations permanentes LCS au sol, KUS et PDL, ont été déterminés de manière stratégique. Deux sites sont nécessaires pour assurer une couverture de communication continue pendant le lancement et l'ascension. Les accords d'infrastructure et d'utilisation des sols existants, ainsi que les performances du site validées du point de vue opérationnel, ont fait de PDL un choix de site économique et peu risqué. En tant que site entièrement nouveau, les critères de sélection du site KUS incluaient une zone de visibilité directe sur les pas de tir actifs du Kennedy Space Center (KSC) et ceux de la base aérienne de Cap Canaveral (CCAFS), qui seraient utilisés pour la mission EM-1, ainsi que par les lanceurs militaires, civils et commerciaux, en plus d'avoir une vue sur l'ancienne installation d'atterrissage de la navette.



Lignes de mire de la station KUS du LCS

KUS a été construit à environ 5 km au sud du bâtiment d'assemblage des véhicules (VAB). Cet emplacement offrait une couverture en ligne de mire optimale pour le complexe de lancement 39B (qui sera utilisé pour SLS), le complexe de lancement 39A et le complexe de lancement spatial 40 (utilisé par SpaceX), le complexe de lancement spatial 41 (utilisé pour United Launch Alliance Atlas), le complexe 46 (utilisé pour Athena) ainsi que d'autres sites de lancement actifs, comme illustré ci-dessus. La couverture en visibilité directe de KUS vers les pas de tir est protégée par le plan directeur KSC afin de garantir que la station KUS sera en

mesure de prendre en charge la croissance, et l'évolution des besoins des utilisateurs des ports spatiaux en Floride. EM-1 sera le premier vol du nouveau système d'exploration humaine, phare de la NASA. Il se composera du lanceur SLS, avec Orion (MPCV), et avec un deuxième étage appelée étage intermédiaire de propulsion cryogénique (ICPS). SLS est le lanceur vedette de la NASA. Il est prévu de transporter les humains dans l'espace lointain, la Lune et Mars, et d'accroître l'accessibilité au système solaire extérieur pour les missions robotiques. SLS est conçu pour proposer différentes configurations de blocs ; chaque configuration de bloc incrémentielle augmente la puissance et la capacité d'emport. Le MPCV d'Orion est le véhicule d'exploration qui permettra à l'équipage de se rendre dans l'espace, d'apporter une capacité d'abandon d'urgence, de soutenir les astronautes pendant les phases de leurs missions et d'assurer une rentrée sans danger de l'espace vers la Terre. Pour le vol d'essai EM-1, les astronautes ne seront pas à bord. ICPS fournira la poussée nécessaire pour envoyer la capsule Orion, inoccupée, en orbite lunaire. Cependant, pour EM-2 et au-delà, ICPS sera remplacé par un nouvel étage d'exploration plus puissant (EUS Exploration Upper Stage). Le projet LCS prévoit de prendre en charge la télémétrie de l'étage EUS lors du lancement et de l'ascension, ainsi que pendant la phase de validation avant le départ

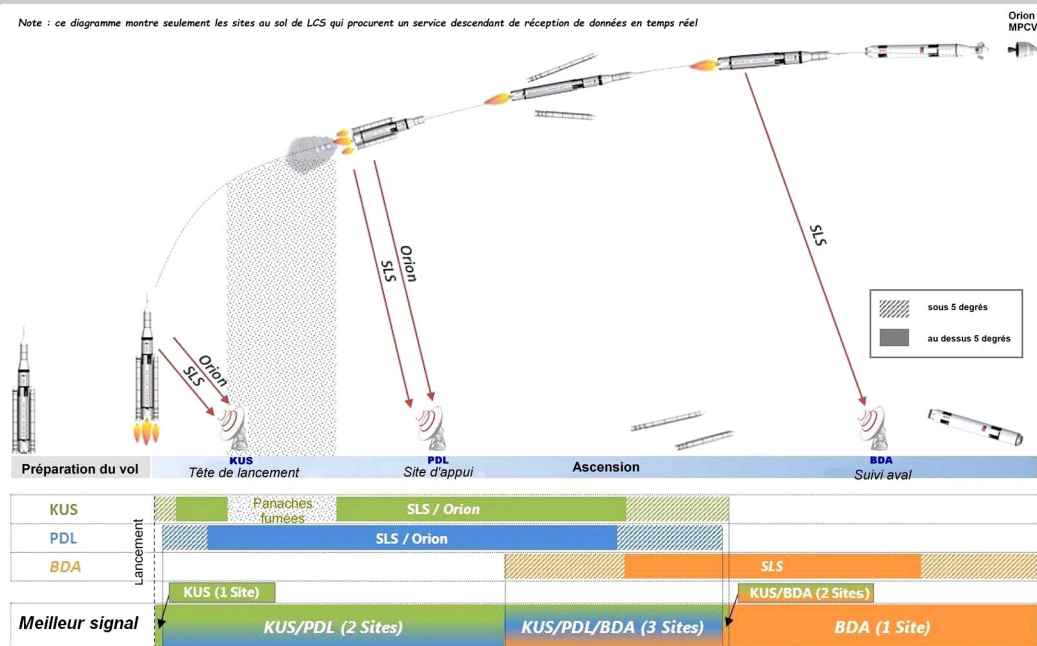
d'Orion & EUS sur une orbite de transfert lunaire, et cela grâce aux 7 stations NEN, partenaires et activables en plus de KUS et PDL. Le premier étage de SLS dispose de deux liaisons descendantes de télémétrie à 20 Mbps (codées). L'un de ces liens doit être traité et distribué aux utilisateurs finaux avec une latence très faible. L'autre lien contient des données qui soutiennent les tests en vol et les objectifs techniques associés à la caractérisation et à la compréhension des performances de conception du lanceur SLS. Ces données sont utilisées pour les analyses post-vol et peuvent être transmises aux utilisateurs de la mission jusqu'à 72 heures après le lancement. La liaison montante

Orion MPCV en bande S inclut les données vocales du contrôle de mission. Orion a également une liaison descendante qui inclut la voix de l'équipage ainsi que la télémétrie des systèmes et du véhicule. Les stations au sol auront une connectivité du réseau terrestre à faible temps de latence avec le contrôle de mission pour prendre en charge les liaisons montante et descendante Orion MPCV. Ainsi, à la suite du projet LCS, de nouvelles fonctionnalités ont été intégrées à la conception originale de NEN. Celles-ci

incluent la prise en charge de la modulation à spectre étalé, les codes de correction d'erreur LDPC (Low Density Parity Check), la prise en charge des formats de données IRIG-106, une standardisation des interfaces utilisateur des extensions spatiales et une implémentation plus robuste du logiciel de contrôle et de surveillance à distance. Une autre nouvelle fonctionnalité prend ses racines dans la prise en charge de la navette spatiale, appelée improprement Best Frame Selector (BFS) ; il s'agissait de sélectionner manuellement la station donnant le meilleur signal pour le contrôle et la surveillance opérationnelle selon la zone de couverture du vol de la navette.

Avec LCS, tous les flux de télémétrie sont envoyés à un emplacement réseau centralisé et fusionnés de manière algorithmique pour former un seul flux de données (cf. « meilleur signal » sur le schéma ci-dessus) ; plusieurs stations de télémétrie apparaissent comme une source unique pour l'utilisateur final, ce qui réduit considérablement la complexité opérationnelle et utilise plus efficacement la bande passante du réseau terrestre. L'algorithme BFS simplifie les opérations en ne disséminant pas les trames de données contenant des erreurs irrémédiables induites par des effets de panache (atténuation et fondu de modèle de diffraction et scintillation, par exemple), de trajets multiples, d'erreurs de pointage d'antenne ou d'interférences radio. Cependant, le meilleur algorithme de sélection de

Note : ce diagramme montre seulement les sites au sol de LCS qui procurent un service descendant de réception de données en temps réel



Les liaisons montantes et descendantes en bande S du MPCV Orion seront prises en charge aux stations KUS et PDL de la NASA. Cette attribution est conforme aux dispositions historiques concernant les services de communications de lancement de vols spatiaux habités et évite une modernisation coûteuse des sous-systèmes d'antenne existants des stations de l'USAF Tel-IV et JDMTA (Jonathan Dickinson Missile Test Annex) qui, actuellement, ne prennent pas en charge les services de liaison montante. Les liaisons de télémétrie de l'étage principal SLS à haut débit seront également prises en charge par les stations KUS et PDL. Cette allocation tire parti de la connectivité réseau terrestre à faible temps de latence requise pour prendre en charge les liaisons MPCV Orion, et minimise la portée et la complexité de l'infrastructure réseau terrestre requise. Les deux stations de l'USAF, Tel-IV et JDMTA, fourniront un support de liaison descendante en bande S pour la liaison ICPS, ainsi que des fonctions de suivi GPS et de sécurité. Au fur et à mesure que les véhicules s'éloignent, Orion et ICPS passeront de l'assistance au sol au réseau spatial de la NASA. Cependant, les deux liaisons de télémétrie de l'étage principal SLS doivent être prises en charge depuis la station sol BDA en raison de leurs débits de données élevés. Au cours de la phase de développement du service LCS, il a été découvert que l'équipement de traitement du signal existant à Wallops n'était pas en mesure de prendre en charge les caractéristiques de signal avancées et les débits de données des liaisons de télémétrie à l'étage principal SLS. Le projet a pu s'adapter rapidement en reproduisant les conceptions de traitement du signal et de diffusion des données de KUS et PDL. En conséquence, la station BDA utilise une antenne transportable détenue et exploitée par Wallops pour transmettre des signaux à l'électronique dorsale développée et exploitée par NEN, surveillée et contrôlée à distance à partir du GMaCC NEN. L'architecture de support au sol EM-1 illustre la manière dont LCS a formé des partenariats d'ingénierie et opérationnels inter-organisations, qui se sont traduits par une solution de communication économique, agile, robuste et personnalisée, à l'image de l'étude FSD, et servant de modèle aux futurs utilisateurs des ports spatiaux de Floride.

trame n'améliore pas les performances du code de correction d'erreur ; le BFS fournit plutôt à l'utilisateur un ensemble complet non répétitif de toutes les données décodées avec succès reçues par les stations au sol connectées (KUS, PDL, BDA ou d'autres stations spécifiques à une mission).



Station de suivi BDA (située aux Bermudes, dans la réserve naturelle de Cooper Island, supervisée par Wallops Flight Facility)

Rôle du LCS dans le grand Near Earth Network. Les stations LCS utilisent les concepts, les composants et les concepts d'opérations à distance éprouvés dans d'autres stations de repérage de satellites orbitaux NEN. L'utilisation de technologies commerciales communes et le respect des normes et protocoles de données internationaux garantissent que KUS et PDL peuvent prendre en charge les modulations, codages et autres paramètres communs nécessaires au service des utilisateurs de la bande S du NEN. Les stations KUS et PDL se connectent également aux systèmes de planification, de logistique, de sécurité, et autres systèmes NEN courants :



Disponibilité et préparation au suivi orbital du SLC.

Initialement, EM-1 devait être lancé en décembre 2019 (*il y aura du retard et nous en reparlerons dans le prochain journal Albiréoscope*). Il sera suivi de EM-2 à la fin de 2022, après quoi chaque lancement ultérieur aura lieu un an plus tard (par exemple, 2023, 2024, etc.). Il est prévu que LCS soutiendra toutes les missions Orion avec équipage, ainsi que toutes les missions SLS humaines et robotiques. Les tests de validation et les opérations fantômes pour presque tous les lancements de Eastern Range ont commencé en 2017 à KUS et en 2018 à PDL. KUS et PDL devraient fournir un support de secours à Orion Ascent Abort-2 (AA-2) courant 2019. Le support d'utilisation des communications aux utilisateurs de ports spatiaux de la Floride est le principal cas d'utilisation. Cependant, en raison de la fréquence relativement faible des événements de lancement comparée aux possibilités de suivi orbital et aux capacités de reconfiguration automatique des stations, il est prévu qu'un support de suivi orbital préliminaire sera disponible avant EM-1, avec des opérations de suivi orbital de routine qui commencent

après EM-1, même dans un scénario d'événements de lancement fréquents. KUS et PDL sont inclus dans les processus d'intégration et de planification de mission NEN afin de fournir un support de communication de routine en bande S aux utilisateurs orbitaux NEN.

Terrain d'essai opérationnel pour les concepts et technologies de réseaux spatiaux mobiles (Space Mobile Network).

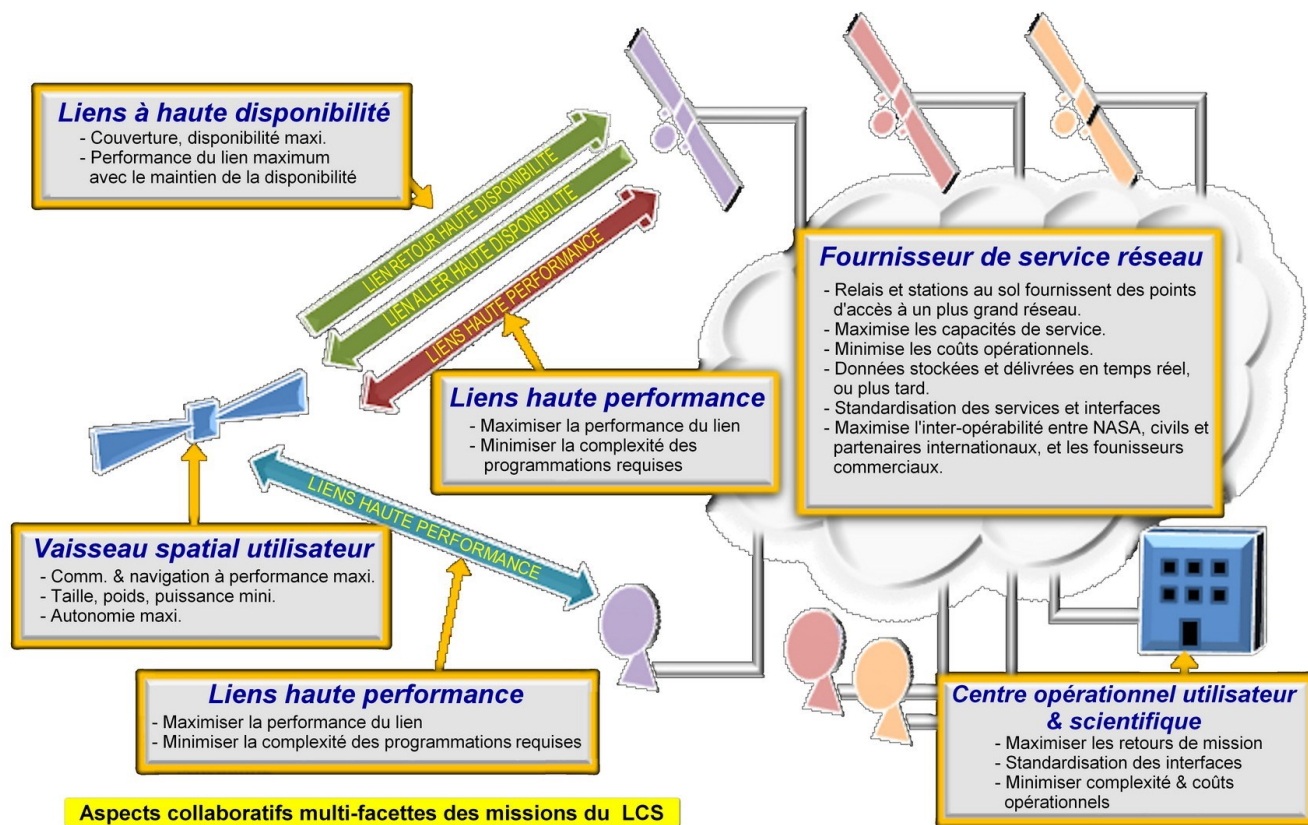
LCS peut servir de terrain d'essai pour les futurs concepts et technologies des communications spatiales. KUS et PDL ont radicalement réduit les coûts d'exploitation et de maintenance par rapport à l'ère « navettes ». Ceci est le résultat de nombreux facteurs, notamment la miniaturisation des composants électroniques, la consolidation logicielle des fonctions rendue possible par FPGA (Field Programmable Gate Array) et des ressources de traitement standard, technologies d'automatisation activées par logiciel, adoption généralisée de normes internationales de signaux

et de données, et l'émergence d'un marché concurrentiel pour les composants de communications spatiales commerciaux. Dans la quête sans fin d'obtenir plus avec moins, LCS jouera un rôle crucial dans la stratégie d'innovation des communications spatiales de la NASA.

Cadre architectural du réseau spatial mobile (SMN) de la NASA.

S'inspirant des concepts et des technologies à l'origine de l'innovation dans les réseaux mobiles terrestres sans fil, la NASA a introduit le cadre architectural du réseau spatial mobile SMN (Space Mobile Network). SMN élargit la portée des innovations en matière de communications spatiales, en se concentrant unique-

taires, des partenaires internationaux et des stations commerciales. La capacité du NEN à former régulièrement et rapidement des partenariats en réponse aux besoins d'une mission en termes de performances, résilience et efficacité accrues est démontrée par l'architecture au sol LCS, améliorée pour EM-1. Le NEN a joué un rôle important dans l'émergence d'un marché commercial de services opérationnels de communications spatiales et a été l'un des premiers à adopter des technologies de communications spatiales définies par logiciel à des fins commerciales, pour ses stations appartenant à la NASA. Pour ces raisons, le NEN, et LCS en particulier, sont sur le point de mener de nombreuses innovations dans le domaine des réseaux spatiaux mobiles. Les domaines clés de



ment sur des fonctions prévisibles des couches physiques et des couches liaison, pour y inclure des innovations et permettre de traiter des scénarios dynamiques et réactifs d'acquisition et d'exécution de services.

Innovations du réseau NEN LCS SMN.

Le réseau Near Earth est unique parmi les projets de communications spatiales de la NASA pour son intégration transparente des stations au sol détenues et exploitées par la NASA avec des stations universi-

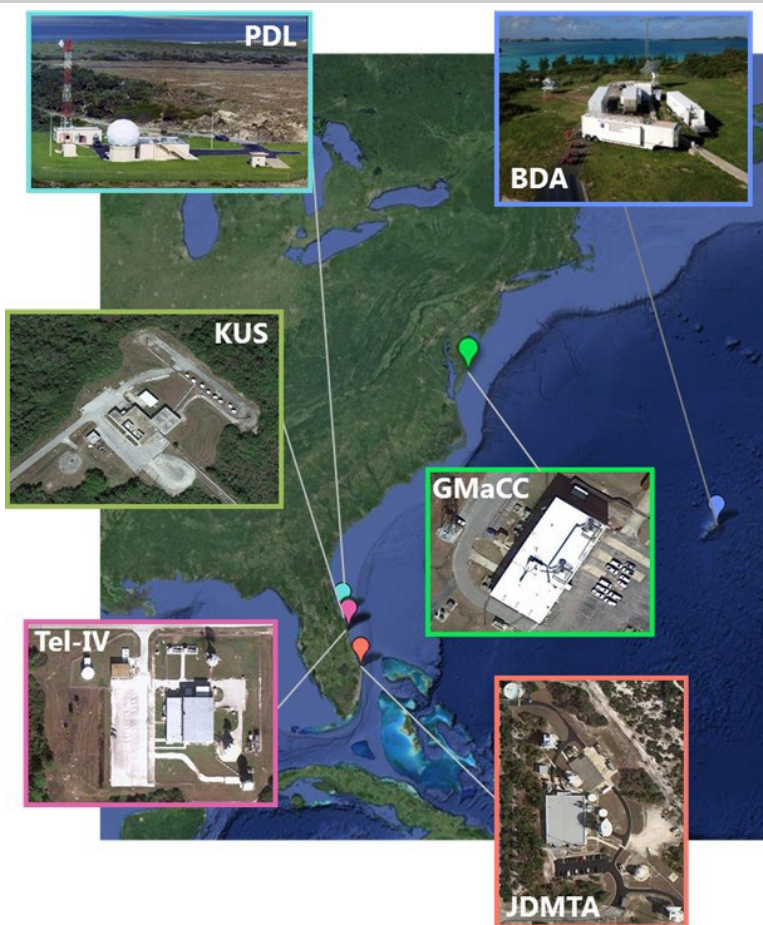
l'expérimentation LCS et de la validation opérationnelle comprennent les services initiés par l'utilisateur, la mise en réseau à tolérance de retard, les concepts de réseau multi-éléments au sol pour des performances accrues (multi-ouverture) ou la disponibilité (multi-éléments), des configurations de liaisons adaptatives et autonomes, la virtualisation des ressources de traitement, un réseau défini par logiciel, et des applications émergentes de cybersécurité et d'allocation de ressources distribuées pour des technologies "blockchain".

Ainsi, la conduite de la mission NEN LCS va permettre de fournir des services de communications aux opérations de lancement, uniques et complémentaires au port spatial de Floride. Cela inclut la prise en charge de la liaison bidirectionnelle en bande S avec la capsule d'équipage Orion, et des deux liaisons de télémétrie haut débit en bande S depuis l'étage principal SLS pour la mission EM-1. Les exigences avancées de la mission EM-1 couvrent l'héritage et les futurs utilisateurs attendus des communications civiles, commerciales et militaires.

La sélection du site KUS a également été envisagée pour un éventuel soutien futur pour les véhicules revenant à la zone de lancement ou à la piste d'atterrissage SLF.

Lorsqu'il ne fournit pas les test de communication pour les opérations de lancement, ni de support opérationnel, le réseau NEN LCS fournira des services de suivi (tracking), de télémétrie et de commande en bande S aux utilisateurs de missions satellitaires.

Enfin, le système NEN LCS sera un terrain d'essai pour la démonstration des concepts et technologies de communication avancés relatifs aux réseaux spatiaux mobiles.



Les aspects collaboratifs et multiformes de LCS sont représentés dans le logo de sa mission :

Les principales organisations responsables du développement et du soutien de LCS sont répertoriées le long du cercle extérieur. Dans le sens des aiguilles d'une montre : le Centre de vol spatial Goddard (GSFC) est responsable de la supervision et de la gestion du développement et des opérations de LCS, le Centre spatial Kennedy a fourni les fonds de développement du projet LCS dans le cadre de son initiative de transformation des ports spatiaux du XXI^e siècle et a servi de site hôte à la station Kennedy Uplink (KUS). L'emplacement de la station d'appui Ponce de Leon (PDL) à New Smyrna Beach comprend l'ancre du sceau de la communauté.

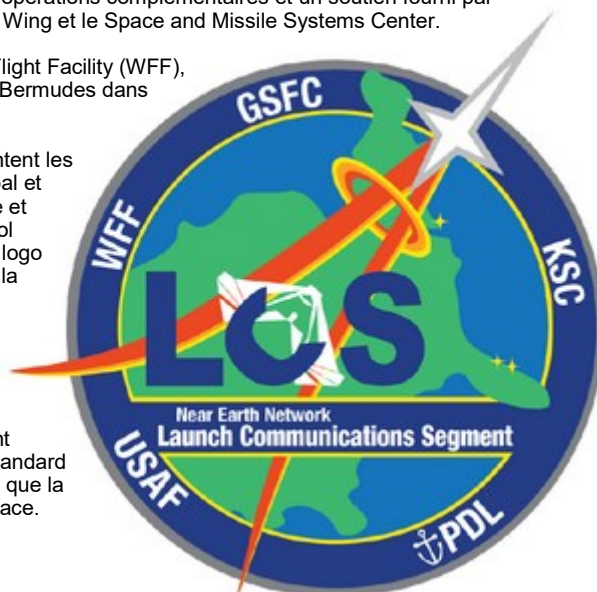
L'ancre symbolise la résilience de la communauté côtière et s'adapte au rôle de PDL en assurant une couverture de communication continue dans l'architecture LCS. LCS repose sur des relations de collaboration, des opérations complémentaires et un soutien fourni par plusieurs organisations de la US Air Force (USAF), notamment la 45^{ème} Space Wing et le Space and Missile Systems Center.

Enfin, les équipes d'ingénierie et d'exploitation de NEN sont basées à Wallops Flight Facility (WFF), tout comme l'organisation Wallops Range, le partenaire pour la station aval des Bermudes dans l'architecture au sol en support de la mission EM-1

Les étoiles jaunes situées le long de la côte Est stylisée des États-Unis représentent les sites opérationnels permanents de LCS : KUS, PDL et le centre de contrôle global et mondial de Wallops. Les vecteurs rouge, orange et jaune, entourés d'une ellipse et surmontés d'une étoile dentelée, représentent les régimes de lancement et de vol orbital appuyés par LCS. Cet élément s'inspire de l'insigne de l'astronaute et du logo du programme d'équipage commercial, reconnaissant ainsi le rôle de LCS dans la communication vocale des équipages avec les contrôleurs au sol.

L'antenne stylisée et blanche au sol, située au centre du patch est intégrée au logo du projet NEN.

La lettre C, superposée, est orientée dans l'alignement de l'antenne au sol pour suggérer qu'ils suivent les étoiles. Le vecteur et l'étoile du panache de lancement dépassent la frontière circulaire du patch pour symboliser la continuité avec le standard d'excellence établi par MILA lors des programmes Apollo et Space Shuttle, ainsi que la contribution de LCS à la poursuite de l'exploration et du développement de l'espace.



Plus qu'une empreinte de pas

A black and white photograph of the lunar surface. In the foreground, the lower leg and boot of an astronaut in a spacesuit are visible. To the right, a distinct boot print is visible in the lunar regolith. The text 'Plus qu'une empreinte de pas' is overlaid in a yellow, stylized font.

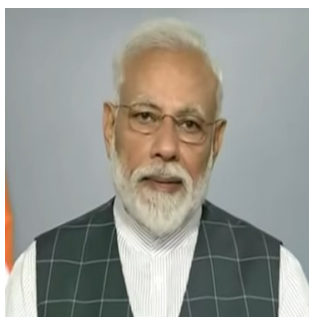
A suivre...
Dans le prochain numéro d'Albireoscope !

NASA

Neil Armstrong était le premier homme à marcher sur la Lune, mais c'est Buzz Aldrin qui apparaît sur la plupart des photos de la mission Apollo 11. Armstrong portait l'appareil photo 70 mm Hasselblad qui a photographié cette empreinte de pas d'Aldrin, creusée dans le régolithe lunaire de la mer de la Tranquillité en juillet 1969.



L'Inde... superpuissance spatiale ?



Narendra Modi,
premier ministre nationaliste hindou.

Le Premier ministre indien a-t-il raison lorsqu'il appelle son pays une *superpuissance spatiale* ?

L'Inde a un programme spatial ambitieux, qui prévoit d'envoyer un astronaute dans l'espace en 2022.

Ce ne serait que le quatrième pays à le faire. Mais pourquoi l'Inde investit-elle dans l'espace ? C'est en fait une politique accrocheuse, et il y a certainement un élément de fierté nationale.

L'agence spatiale indienne a déclaré qu'elle souhaitait exploiter les technologies spatiales pour le développement national et la recherche spatiale, ainsi que pour explorer les planètes. Mais envoyer un astronaute dans l'espace est critiqué dans un pays avec un tel niveau de pauvreté.

Lancer des fusées dans le ciel afin d'envoyer des gens hors de l'atmosphère terrestre n'est pas la seule raison : en fait, c'est une très grosse affaire. L'objectif principal est le lancement de satellites en orbite terrestre et le financement du programme figure au

premier rang des classements des pays dotés de programmes spatiaux commerciaux. C'est une industrie de plusieurs millions de dollars qui génère plusieurs milliers d'emplois techniques bien rémunérés et qui stimule la croissance grâce à de gros contrats avec les industries commerciales. Le gouvernement indien investit actuellement plus d'un milliard de dollars dans son programme spatial, ce qui représente environ 0,4% de son budget annuel. Grâce à ce financement, l'Inde est devenue ce qu'on appelle une puissance spatiale à faible coût, une « low cost spatiale », et l'une des principales destinations pour les sociétés et les autres pays qui souhaitent lancer des satellites : plus de 260 à ce jour. Ces satellites prennent en charge les télécommunications mondiales et ont des applications dans la surveillance des cultures et des systèmes météorologiques. Les missions habitées et l'exploration spatiale sur la Lune et sur d'autres planètes constituent un tout autre problème... En fait, le gouvernement indien considère que sa mission consiste à envoyer un astronaute dans l'espace afin de mesurer sa position en tant que puissance mondiale.



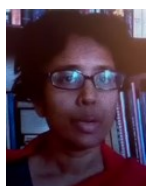


Dr K. Sivan, directeur de l'Agence spatiale indienne (ISRO), le 15 août 2018 : conférence de presse pour présenter le projet d'envoyer des astronautes indiens dans l'espace.

Mais est-ce suffisant pour faire taire les critiques ?



Pour Vivek Dehejia, économiste politique : « *Nous avons besoin d'un programme spatial pour lancer des satellites, par exemple, ce qui est très bénéfique pour les habitants de l'Inde et de la planète, mais je ne vois aucun avantage réel à une mission habitée alors que de nombreux autres pays l'ont déjà fait* ».



Mais tout le monde n'est pas d'accord, comme Susmita Mohanty, PDG de Earth 2 Orbit (E2O) : « *L'exploration a ses critiques mais nous, les humains, sommes des explorateurs nés. Pour certains, il s'agit de trouver de nouveaux endroits, de concrétiser l'imaginaire ; pour d'autres, il s'agit de ressources et de la survie de notre espèce* ».

Et, histoire de montrer que s'appeler « puissance spatiale » n'est pas du bluff, l'Inde a rejoint le club très fermé des pays destructeurs de satellites le 27 mars dernier, après les U.S.A, la Russie et la Chine. Un tir réussi faisant réagir le chef de la NASA, Jim Bridenstine, qui a déclaré que le risque de collision de débris avec l'ISS avait augmenté de 44 % en 10 jours à cause de ce test (le Premier ministre, Narendra Modi, avait annoncé le test - la Mission Shakti - en fanfare, le 27 mars). Dans un discours aux employés, M. Bridenstine a vivement critiqué le test de telles armes ASAT (anti-satellite weapons). Il a ajouté que la Nasa avait identifié 400 débris orbitaux et en suivait 60 de plus de 10 cm de diamètre. Vingt-quatre de ces pièces présentent un risque

potentiel pour l'ISS. Pour Bridenstine :

« *c'est une chose terrible de créer un événement qui envoie des débris dans un apogée qui dépasse la Station Spatiale Internationale. Et ce genre d'activité n'est pas compatible avec l'avenir des vols spatiaux habités que nous voulons voir se produire* ».



Un jour après que l'Inde ait réussi son test ASAT, le secrétaire d'Etat américain à la Défense par intérim, Patrick Shanahan, avait averti que cet événement pourrait créer un « désordre » dans l'espace, tout en précisant que Washington étudiait toujours l'impact. « *C'est pourquoi nous l'avons fait à basse altitude, il disparaîtra dans un rien de temps* », a déclaré G Satheesh Reddy, chef de l'organisation indienne de recherche et de développement pour la défense.

Les débris spatiaux ont fait l'objet d'un article dans l'Albireoscope n°54 de février 2011 ; on parle beaucoup de changement climatique mais le gros et vrai problème de la Terre, avec l'eau, ce sont les déchets de toute sorte que l'homme disperse partout, y compris dans l'espace, cadeaux empoisonnés aux générations futures.

L'Inde n'est pas encore au niveau des autres. Elle ne contribue pas à l'ISS (la Station Spatiale Internationale où les Nations payent au prorata de l'utilisation). Le pays ne compte d'ailleurs qu'un seul astronaute, Rakesh Sharma, aujourd'hui âgé de 70 ans. Il avait passé quelques jours dans l'espace en 1984 à bord d'un vaisseau soviétique et reste à ce jour le seul Indien mis sur orbite. Mais peut-être plus pour longtemps... Le Premier ministre Modi s'intéresse beaucoup à l'espace depuis qu'il est arrivé au pouvoir en 2014 et insiste sur la nécessité que l'Inde apparaisse comme une puissance spatiale en proposant un programme spatial habité. C'est un virage pour le spatial indien qui se voulait utile et pas trop coûteux. Modi a fixé l'objectif à 2022 : il faudra alors peut-être trouver un nouveau terme car « astronaute » désigne les Américains dans l'espace, « cosmonaute » les Russes, « spatonaute » les Européens et « taïkonaute » les Chinois.

L'Inde est l'autre géant asiatique émergent, appelé à devenir le pays le plus peuplé du monde en 2024 d'après l'ONU... qu'on se le dise !

C'est arrivé ce jour-là...

Juin 1919, il y a 100 ans

Henri Andoyer est né le 1^{er} octobre 1862 à Paris. Après des études supérieures, il passe une agrégation en mathématiques en 1884, il est alors nommé aide-astronome à l'observatoire de Toulouse. Il participe aux observations méridiennes et équatoriales. Il s'intéresse tout particulièrement aux calculs des orbites des astres. A Toulouse, il est également chargé du service, nouvellement créé de la Carte du Ciel : un projet astronomique international destiné à cartographier et relever les coordonnées de millions d'étoiles jusqu'à la magnitude 12. En 1892, il est nommé maître de conférence en mécanique céleste à la Faculté de Paris, où il succède à Henri Poincaré. Le 30 août 1905, il se rend en Algérie, à El-Arrouch pour observer une éclipse totale de soleil. Il s'attèle à l'amélioration de la précision de l'orbite de la Lune et montre que les travaux de Charles-Eugène Delaunay sont incorrects et que les valeurs qu'il avait obtenues sont fausses à partir de la 7^e décimale. En 1911, Andoyer prend en main la rédaction de la *Connaissance des*



Henri Andoyer (1862 - 1929)

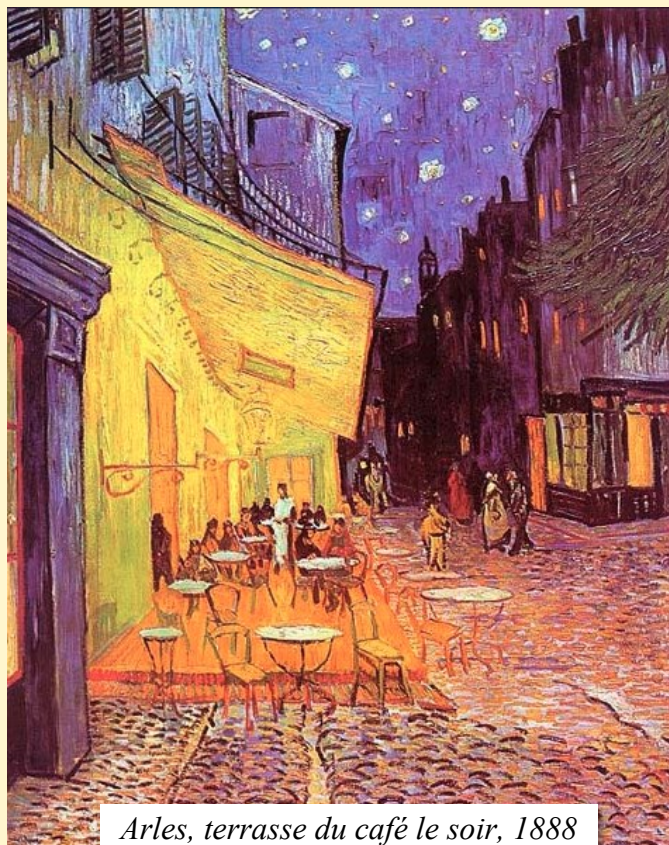
temps. Le 30 juin 1919, il devient membre de l'Académie des Sciences, pour la section d'astronomie. Il devient également membre du bureau des longitudes.



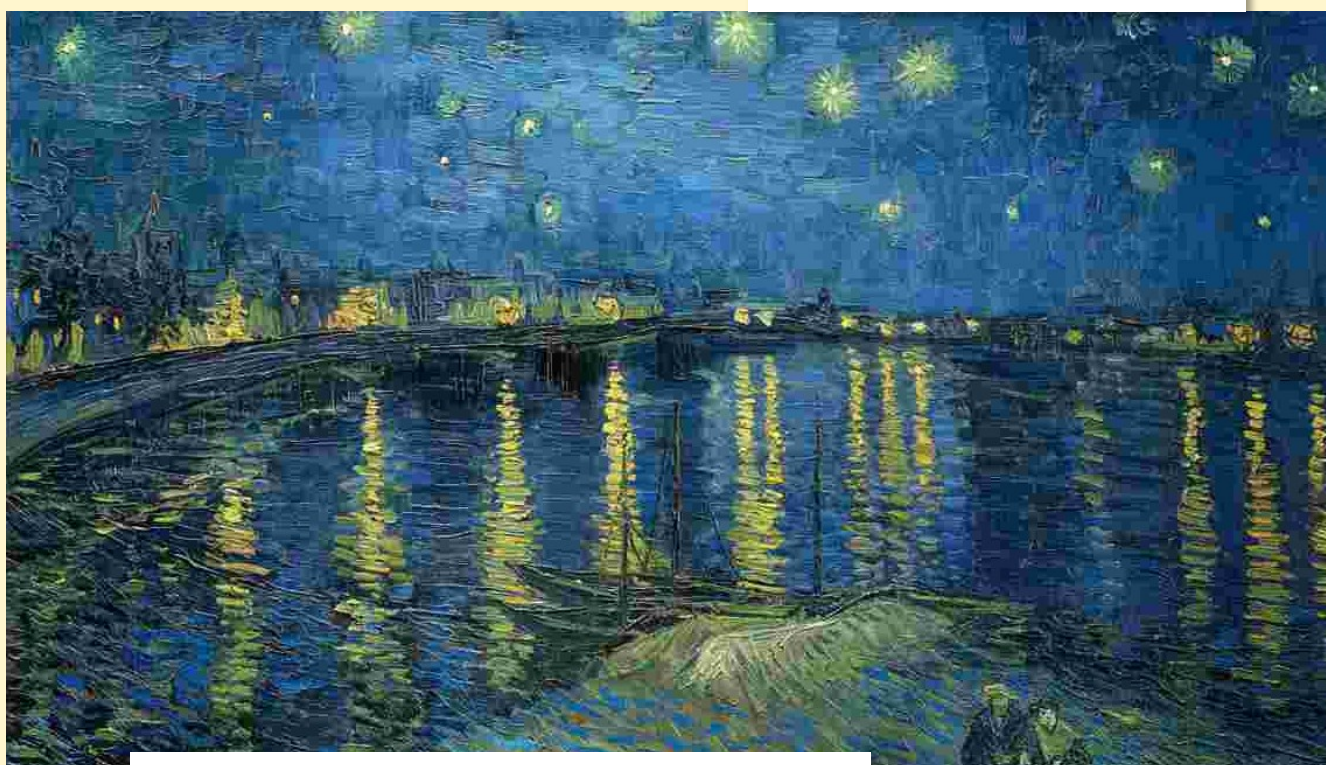
Colbert présente à Louis XIV les membres de l'Académie Royale des Sciences créée en 1667

Juin 1889, il y a 130 ans

Vincent Van Gogh est né le 30 mars 1853 aux Pays-Bas. Il ne découvre la peinture qu'à l'âge de 27 ans et en une dizaine d'années il réalise plus de 2000 œuvres : toiles et dessins. En 1888, il s'installa à Arles puis à Saint Rémy de Provence. C'est là qu'il découvre d'abord le beau ciel étoilé de Provence et qu'il se fascine pour l'astronomie. A cette même époque, la science se démocratise à travers les livres de Camille Flammarion et Jules Verne. La première œuvre, dans laquelle Vincent Van Gogh peint la nuit étoilée, est la terrasse du café le soir, place du forum à Arles. A une époque où la pollution lumineuse n'existait pas, le ciel étoilé et la Voie Lactée étaient à la portée de tous ; chacun pouvait admirer la Voie Lactée depuis le pas de sa porte. Il serait difficile aujourd'hui de représenter le ciel et les constellations en s'installant à la terrasse d'un café. Pour Van Gogh, la nuit est plus richement colorée que le jour. Après une dispute avec Gauguin, il se tranche l'oreille. Il est interné dans l'asile Saint-Paul de Mausole. C'est là, depuis la



Arles, terrasse du café le soir, 1888



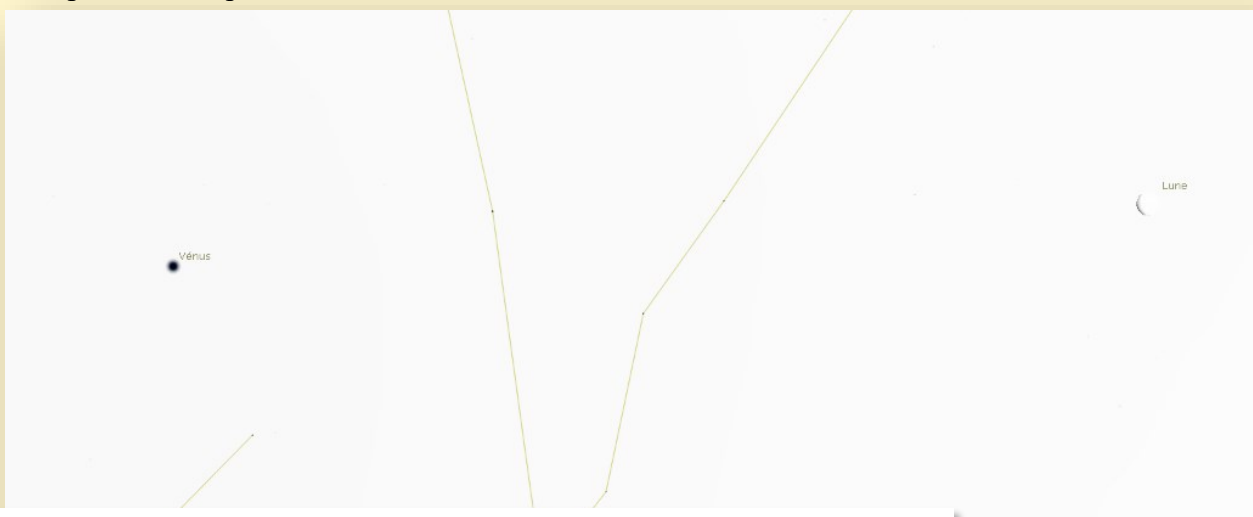
nuit étoilée sur le Rhône, 1888



La nuit étoilée : huile sur toile réalisée par Vincent Van Gogh en juin 1889

fenêtre de sa chambre qu'il peint la nuit étoilée en juin 1889. D'après la disposition des astres, il semble évident que cette peinture résulte d'une véritable observation du peintre plutôt que d'une représentation de ce qu'il imaginait. Sur cette toile, Van Gogh a représenté une version très tourmentée du ciel avec des étoiles, la Lune et la planète Vénus à droite du cyprès. Cet arbre qu'on trouve souvent dans les cimetières est emblématique de la mort. C'est donc par la mort qu'on atteint les étoiles. La

position suffisamment précise des astres dans ce ciel étoilé permet de dater le tableau. C'est ce qu'a réalisé Jean-Pierre Luminet. La toile correspond exactement au ciel du 25 mai 1889 à 4h 40, date à laquelle le peintre aurait réalisé la première esquisse de son tableau. Pour l'astronome, le grand tourbillon au centre de la toile représente une galaxie vue de face, dont la photo était parue quelques temps auparavant dans les revues d'astronomie. Van Gogh s'en serait inspiré.



Le ciel du 25 mai 1889 à 4h 40 avec Stellarium. Constellation des Poissons

Juin 1869, il y a 150 ans

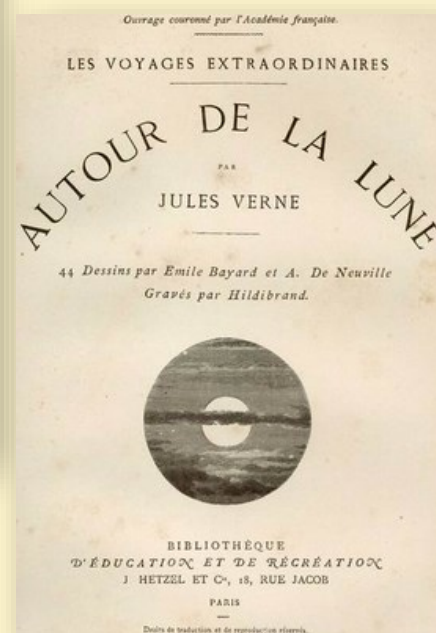
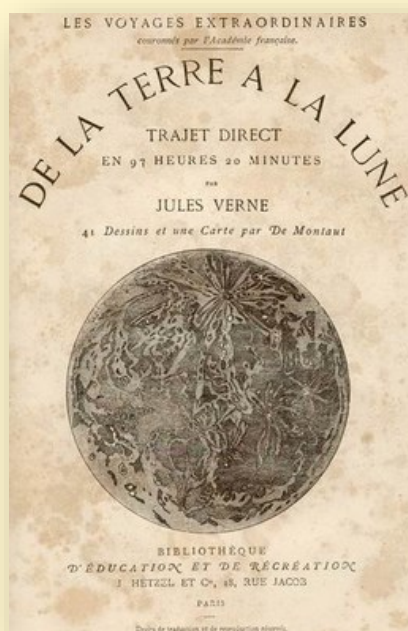
Jules Verne est né le 8 février 1828 à Nantes. Il a d'abord écrit des pièces de théâtre mais il ne rencontre le succès qu'en 1863 avec le roman *Cinq semaines en ballon*.

Le voyage vers la Lune est à l'époque un thème récurrent de la littérature mondiale, Jules Verne va le révolutionner en y apportant un réalisme scientifique rigoureux. *De la Terre à la Lune* (1865) et *Autour de la Lune* (1870), ses deux premiers grands romans astronomiques vont bénéficier de ce nouveau genre littéraire. Pour les calculs nécessaires à la véracité de ses deux romans lunaires, Jules Verne a bénéficié de l'aide de collaborateurs : Henri Garcet, cousin de Jules Verne et mathématicien, et Joseph Bertrand, mathématicien et professeur à l'École polytechnique. C'est ce qu'on apprend dans une lettre qu'il adresse à Pierre-Jules Hetzel, son éditeur, en date du 8 juin 1889. *Autour de la Lune* est d'abord paru en feuilleton dans le *Journal des Débats*, et, pour impressionner les lecteurs et donner plus de sérieux à son histoire, Jules Verne n'hésita pas à donner en première page l'équation des forces vives. C'est une équation importante du mouvement des corps en orbite, c'est le résultat de la conservation de l'énergie en mécanique spatiale.

L'intuition géniale de ces deux romans, paraît préfigurer la conquête spatiale de la fin du XX^e siècle.



Jules Verne
(1828 - 1905)





MegaStar Party

Triel sur Seine

Lionel

Notre présence à la méga star party de Triel sur Seine est devenu un rendez-vous annuel incontournable. Très bien accueillis comme toujours, nous avons installé notre stand parmi les autres associations invitées. Quasar 95, Magnitude 78 et les magnifiques instruments anciens de Brigitte Alix, le CLEA et d'autres encore, tous plus sympathiques les uns que les autres.

Cette année nous étions particulièrement attendus car Lionel y a fait une conférence sur l'aventure de la conquête de la lune pour les 50 ans des missions Apollo. Cette conférence a été particulièrement appréciée par le public pour son excellente vulgarisation et sa facilité d'accès.

La météo un peu timide a quand même permis de pointer quelques instruments vers le soleil et d'apprécier de belles protubérances avant que les nuages reviennent en fin d'après midi. L'ouverture de la coupole au milieu de la cour a révélé au public une très belle lunette ancienne de la fin du 19ème siècle. Propriété de

MEGASTAR PARTY
12^{ème} édition

6 avril 2019
Entrée libre à partir de 14h

IL Y A 50 ANS, L'HOMME MARCHAIT SUR LA LUNE par Lionel BOURHIS

APOLLO: L'HISTOIRE, LES MISSIONS, LES HÉROS par Olivier DE GOURSAC

FAIRE DES IMAGES DU CIEL PROFOND par Jean-Christophe DALOUZY

Conférences et débats # Ateliers # Animations

© Conception 2019 - GREGO - N.LACROIX - SIBEL - 200 019 889 00010

la SAF, elle mériterait une petite rénovation à la manière de celle de Camille Flammarion même si elle sert encore parfois à faire des observations solaires par projection.

Après avoir longuement discuté à notre stand avec les gens de passage, avides de réponses à leurs interrogations, admiratifs de notre revue l'Albireoscope et impressionnés par nos belles photos, il était temps de ranger notre stand et de prendre rendez-vous pour l'année prochaine. Et pourquoi pas pour y présenter une nouvelle conférence ...



Le stand Albiréo78



La grande lunette

Le radiotélescope de Nançay



Lionel

Samedi 20 avril, nous nous retrouvons sur le parking de la station de radioastronomie de Nançay, dans la forêt solognote. Un lieu choisi pour son éloignement de la capitale et protégé des rayonnements radio, mais suffisamment proche tout de même pour y rapporter facilement les données devant être dépouillées et exploitées ; dans les années 50, internet n'existait pas, c'est en voiture que les enregistrements étaient transportés. A 11h, notre guide nous rejoint et la visite des installations commence. C'est au pied du radiotélescope emblématique de la station, inauguré par le Général de Gaulle en 1965 que nous débutons la visite. Ce grand radiotélescope décimétrique, toujours le 2^e plus grand en Europe se consacre essentiellement à l'observation des pulsars : des étoiles à neutrons qui émettent un fort rayonnement radio. Ces étoiles, ou plutôt ce qui reste des étoiles massives après qu'elles aient explosé en supernova, sont de véritables horloges extrêmement précises. La régularité des pulsations permet d'étudier des phénomènes physiques comme les fameuses ondes gravitation-

nelles récemment détectées. Ce radiotélescope n'est pas complètement mobile. Néanmoins il peut suivre une cible dans le ciel pendant une heure. La partie mobile du télescope est un rectangle de 200 m de long sur 40 m de large pesant 400 t. Cette partie du radiotélescope peut s'orienter verticalement pour observer un astre lorsqu'il passe au sud.





Le signal est envoyé vers la partie fixe. Elle consiste en une portion de sphère de 300 m de long et 35 m de haut. Sa forme permet de réfléchir et surtout concentrer le rayonnement vers le chariot focal. C'est lui qui contient les instruments de mesure, refroidis à l'hydrogène liquide à -250°C . Avec la rotation de la Terre, la cible se déplace dans le ciel, pour pouvoir suivre son mouvement d'est en ouest, le chariot se déplace lui aussi sur un arc de cercle pour suivre le point focal des ondes radio. Pendant une heure, le chariot se déplace vers l'est. Arrivé au bout de sa course, le chariot revient sur l'extrémité ouest de son arc de cercle et les astronomes changent de cible. Nous sommes arrivés juste au moment du changement de cible : le chariot revient à son point de départ mais, surtout, le radio télescope change d'orientation pour étudier une nouvelle cible. L'énorme rectangle se déplace lentement sur une source radio dont la déclinaison est plus faible dans le ciel, la partie mobile du radiotélescope vise plus bas sur l'horizon. Et, pour bouger l'énorme structure de 400 tonnes, on entend bien la

mise en route de moteurs diesel, qui ne sont pas eux-mêmes des sources de rayonnements radio, contrairement aux moteurs qui équipent ne serait-ce que les montures de nos instruments d'amateur, des moteurs pas-à-pas, extrêmement polluants dans ce domaine de longueurs d'onde. Inutile d'imaginer venir faire une star party avec nos instruments dans cet espace pourtant dégagé et propice aux observations du ciel nocturne. Ici, on observe 24h sur 24 ; les ondes radio se propagent aussi bien de jour comme de nuit, par temps dégagé ou couvert, mais la moindre source de rayonnement radio est bannie du site : les téléphones sont éteints, il n'y a pas de wifi, même les bâtiments sont en cage (des cages de Faraday) avec un grillage sous lequel sont enfermés les laboratoires et qui empêche les ondes d'en sortir.

Nous quittons le pré du grand radiotélescope pour nous diriger vers un alignement de paraboles montées sur montures équatoriales : c'est le radiohéliographe.

C'est un ensemble constitué de 48 antennes dispo-



Le radiohéliographe

sées sur 2 axes perpendiculaires qui forment un grand T. La partie nord-sud du T mesure 2,4 km, la partie est-ouest, 3,2 km. Ces antennes fonctionnent en interférométrie : leur signaux sont combinés pour former une image unique qui aurait la résolution d'un instrument de plusieurs kilomètres de diamètre. Le radiohéliographe observe en continu le soleil et il permet de faire des images de la couronne solaire. L'étude de la couronne solaire permettra de mieux comprendre l'origine du vent solaire, responsable des aurores polaires sur Terre. Ces particules du vent solaire peuvent être potentiellement dangereuses pour les satellites. Le radiohéliographe de Nançay participe donc à l'étude et à la prévision de la météo spatiale.

La découverte de cette petite partie du site nous a pris un peu plus de temps que prévu, avec notre guide passionnant et passionné. Nous arrivons à l'auberge pour déjeuner avec un peu de retard. Nous avons bien tenté d'écourter notre repas en finissant avec le fromage, le dessert et le café en même temps, mais nous ne sommes pas arrivés

dans les temps pour la séance de planétarium qui était prévue à 14h. Nous la décalons à 17h, et dans l'intervalle, nous avons tout notre temps pour visiter l'exposition Lego consacrée à la saga Star Wars. Des maquettes impressionnantes de réalisme et qui ont demandé des dizaines d'heures de travail et des milliers de briques pour certaines. Un concours est organisé autour de ces maquettes : deviner le nombre total de briques utilisées pour l'ensemble des maquettes de l'exposition. Tous à nos smartphone, application calculatrice : nous arrivons à peu près tous à 155 000 briques.

Nous terminons la journée avec la séance de planétarium. Une fiction sur les formes de vie qu'on pourrait éventuellement trouver à la surface de certaines des exoplanètes connues. Les images de synthèse nous font pénétrer dans des mondes fantastiques. L'ambiance est féérique, la musique est douce, les fauteuils sont confortables, certains parmi nous n'aurons vu le film qu'en pointillés...



du côté de chez Sadr



Les belles nébuleuses des constellations de l'été...

Avec l'arrivée du printemps dans l'hémisphère nord, c'est le début de l'automne au Chili. C'est la « mauvaise » saison, les nuits ne sont plus assurées d'être dégagées. L'habitude que nous avons prise de faire des dizaines d'heures d'acquisition pour chaque cible va peut-être nous jouer des tours d'autant plus lorsque nous décidons de faire une mosaïque pour agrandir le champ de l'image. C'est notamment le cas pour notre séquence d'acquisition du Triplet du Lion, 3 magnifiques galaxies situées dans les pattes du Lion. Dans le ciel du Chili, le Lion se

trouve sur le dos, les galaxies culminent à plus de 45° dans le ciel. Pour que les 3 galaxies, M65, M66 et NGC3628 tiennent dans le champ de l'image, il faut faire une mosaïque de 2 images. Cela demande le double de temps d'acquisition. Les mauvaises nuits retardent l'achèvement de la séquence d'acquisition et, avec le temps, les galaxies se couchent de plus en plus tôt ce qui réduit également jour après jour le nombre d'images qu'il est possible d'obtenir à chaque nuit. C'est une course contre la montre qui se joue...

Il est également temps de commencer à imager les belles nébuleuses du Scorpion et du Sagittaire.

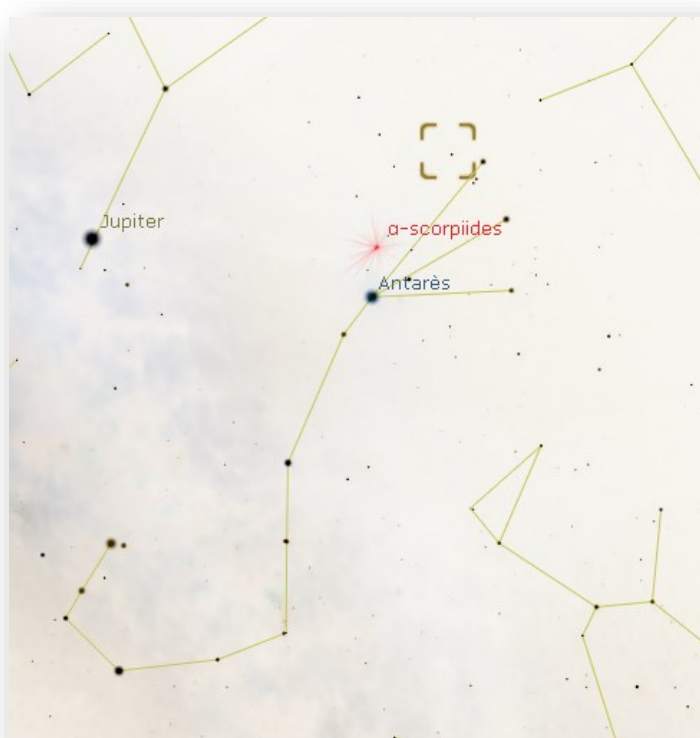


IC4592, la tête de cheval bleue

Fabien

Constellation : le Scorpion
Instrument : Lunette 71 mm
Date : avril 2019
Distance à la Terre : 400 al

C'est une grande nébuleuse par réflexion. Les poussières, qui habituellement obscurcissent le ciel, peuvent parfois réfléchir la lumière d'étoiles proches. C'est le cas ici, où l'étoile ν Sco (nu Scorpii, l'oeil du cheval) éclaire les poussières qui rayonnent alors dans le bleu. C'est aussi ce phénomène qui fait que les deux autres étoiles sur la droite éclairent les poussières qui réfléchissent également dans le bleu pour créer une autre nébuleuse connue sous le nom de IC4601.





M8 et M20

Fabien

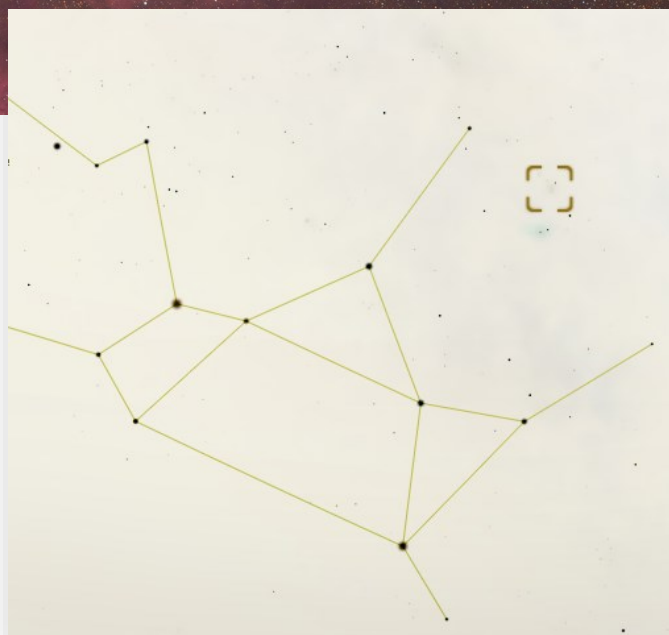
Constellation : Sagittaire

Instrument : lunette 71

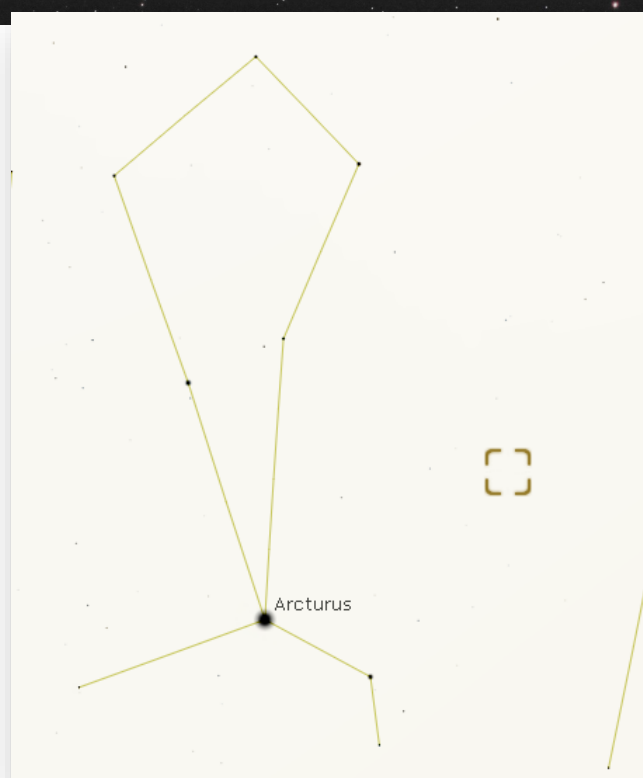
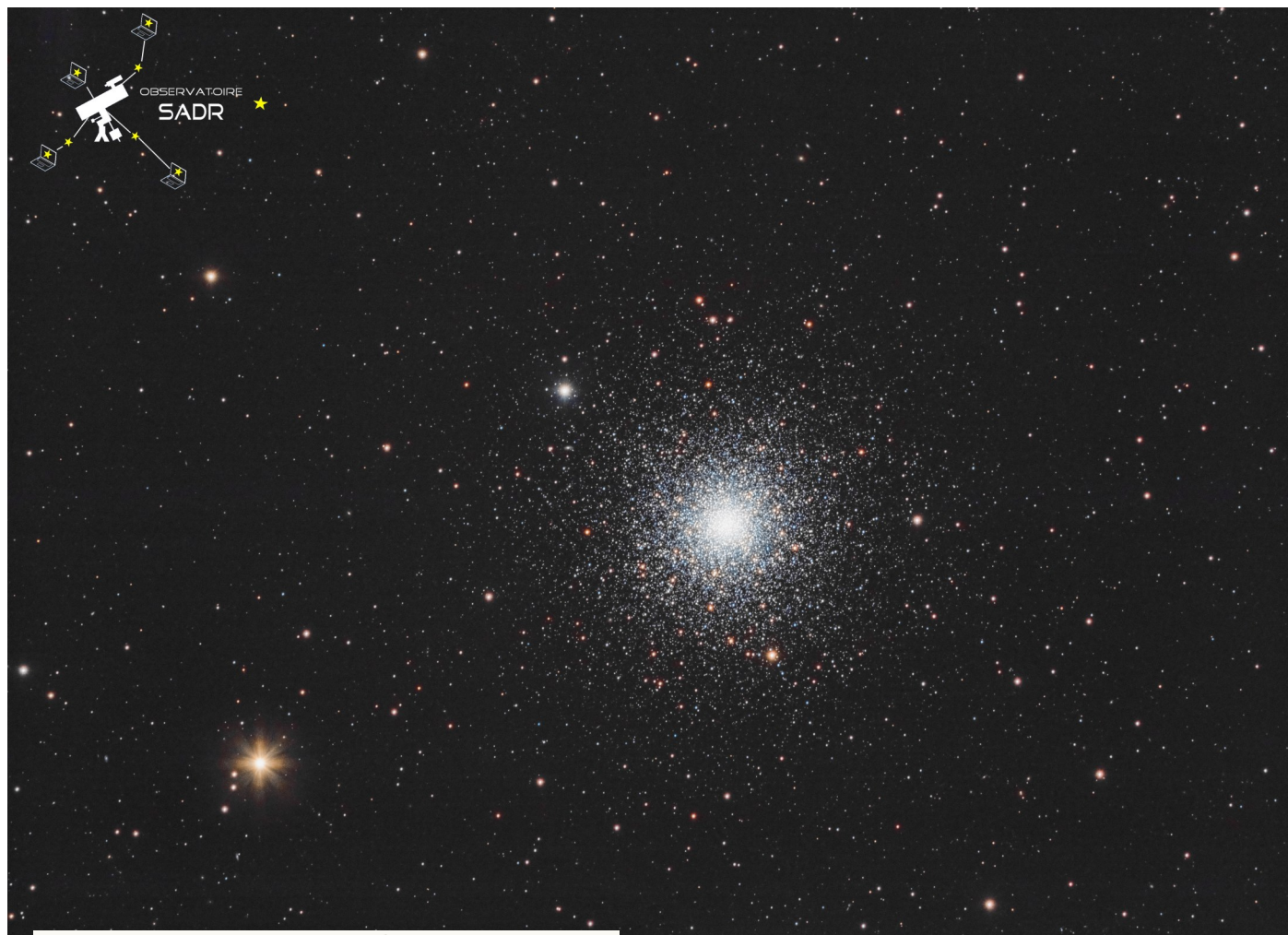
Date : avril 2019

Image : HaLRVB

M8, c'est la nébuleuse de la Lagune en bas à droite. C'est un immense nuage d'hydrogène éclairé par une étoile supergéante bleue. C'est une nébuleuse de 110 al située à 5000 al ce qui lui confère un diamètre apparent 3 fois plus grand que celui de la pleine lune. Elle abrite un amas d'étoiles jeunes, massives de type O et B de seulement 2 millions d'années. M20, c'est la nébuleuse Trifide, en haut à gauche. On estime sa distance à 5200 al, soit à peine plus loin que M8. C'est une né-



buleuse en émission dans sa partie rouge, elle abrite une partie en réflexion, sur la gauche, révélée par la présence d'une belle étoile bleue. La partie centrale est occupée par un système triple d'étoiles, à la manière du Trapèze d'Orion.



M3

Jean-Paul

Constellation : Chiens de chasse

Instrument : Lunette 120

Date : mai 2019

Image : RVB

Cet amas globulaire est un des plus importants par le nombre d'étoiles : il en a près d'un demi-million. Il se trouve à 34 000 al dans la constellation des Chiens de chasse. On estime sa taille à 160 al. C'est l'amas qui contient le plus d'étoiles variables : pas moins de 274, dont 170 de type RR Lyrae, les autres sont des Céphéides qui ont permis de mesurer sa distance. M3 a été découvert par Messier en 1764, il a été résolu en étoiles par William Herschel en 1784. La première étoile variable y a été découverte en 1889 par Pickering et, en 1953, Allan Sandage a découvert des étoiles bleues qui apparaissent anormalement plus jeunes et plus lumineuses que les autres étoiles de l'amas.

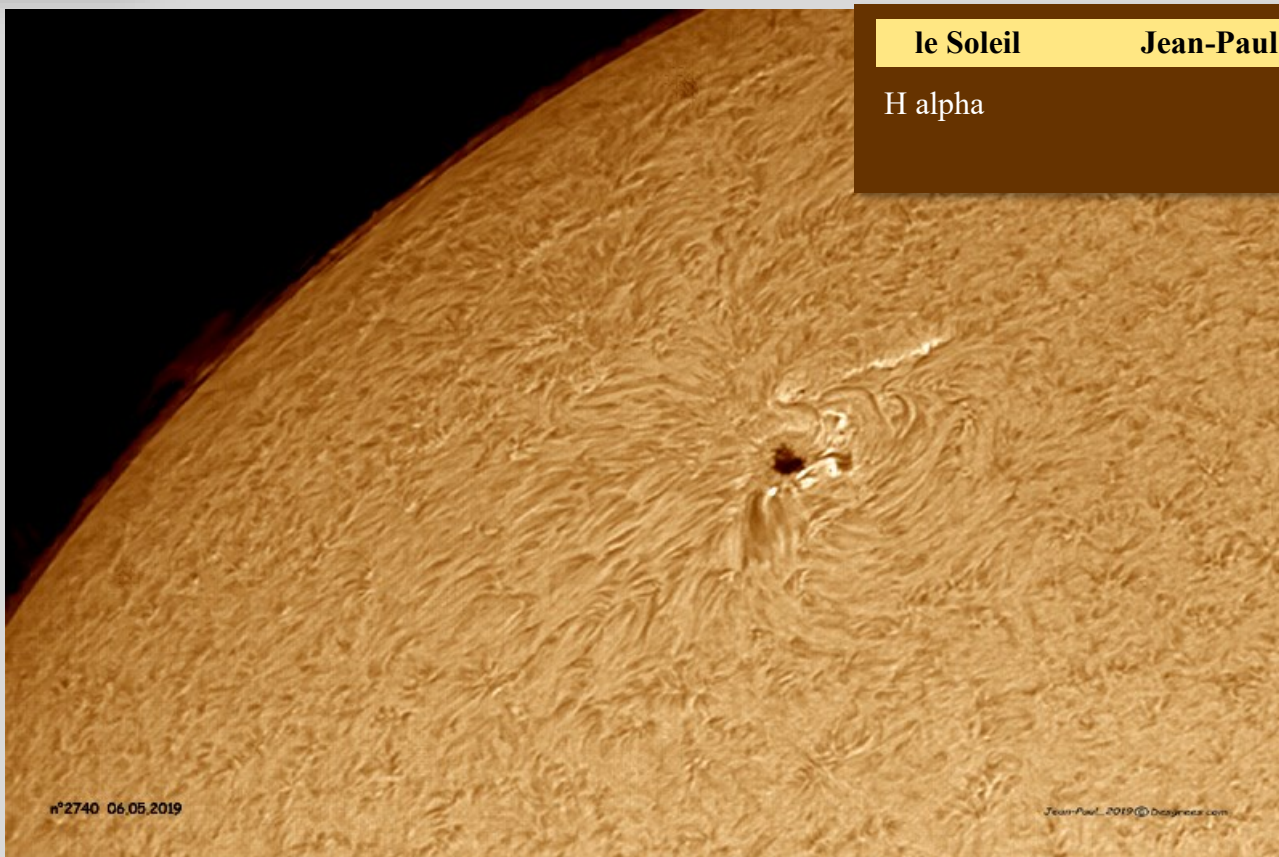


Galerie

le Soleil

Jean-Paul

H alpha



n°2740 06.05.2019

Jean-Paul_2019@Orange.fr



12.05.2019 N°2740

Jean-Paul_2019@Orange.fr

Triplet du Lion Jean-Louis

M65, M66, NGC3628



Albireo78
saison 2018-2019



1st - LOCAL WINNER



ASTROPHOTOGRAPHY AWARDS
(Le prix du public, France)

albireo78.com

2 réunions par mois

Des présentations

Des actus astro
Des exposés

Des ateliers astro

Niveau 1 pour utiliser et maîtriser son instrument
Niveau 2 pour se lancer en astrophotographie
Niveau 3 pour faire de la « science »
Niveau Astrophysique

Débutants ou plus confirmés pour 35€ / an



64 membres

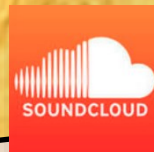


Observations

Gratuites et
pour tous à
Poigny-la-Forêt

Newsletter

153 abonnés



« En route vers les étoiles »

Notre émission radio
14 saisons, 146 émissions,
389 chroniques scientifiques

Soundcloud

183 abonnés



SADR

Notre observatoire en remote
www.sadr.fr

DSO

Deep Sky Objects
Browser

6th Place



ASTROPHOTOGRAPHY AWARDS
(Audience Awards, All Europe)

albireo78.com



L'Albireoscope

39 abonnés