

SOMMAIRE

1 Actualités	3
1.1 Calendrier des événements de l'espace	3
1.2 Les Amis de la Cité de l'espace lancent leur concours de dessin 2021 : Terre, espace et astronomie	5
1.3 Samedis « Visites découvertes »	6
1.4 La soirée des adhérents du 15 juin 2021	7
1.5 Actualités spatiales	8
1.5.1 Nouvelles de la mission Alpha de Thomas Pesquet à bord de l'ISS	8
1.5.2 Brèves de Mars	9
1.6 Ressources recommandées par nos adhérents sur le WEB	11
1.7 Des nouvelles de nos outils numériques	12
2 Articles thématiques	13
2.1 La saga SpaceX	13
2.2 La grosse fusée chinoise Long March 5B est redescendue de son orbite	20
3 Pour se distraire (et plus si affinités)	24
3.1 Le nouveau quiz image : une « pléiades » de pixels	24
3.2 La réponse du quiz de mai 2021 : on dirait le sud	25
3.3 A lire, à voir... Des suggestions de nos adhérents	26
3.3.1 Gagarine : un film qui donne envie de retourner au cinéma	26
3.3.2 Vidéo Chemcam	26

1 Actualités

1.1 Calendrier des événements de l'espace

Note importante : vous pouvez désormais retrouver notre calendrier annuel mis à jour sur le blog des Amis de la Cité de l'espace à l'adresse suivante : <https://amis-cite-espace-leblog.com/2021/06/activites-2021-programme-previsionnel.html>

Dates		Événements	Intervenants
JUN	Mardi 15 à 17h	Spécial AACE en présentiel : soirée dédiée aux adhérents avec la remise du Grand Prix et Prix des Jeunes 2020 et la conférence de Jean-Jacques Favier	AACE Jean-Jacques Favier
	Samedi 19	Samedi Découverte AACE : Les passagers de l'imaginaire de l'antiquité à nos jours ou labo Mars : vulgarisation de l'environnement martien	Xavier Penot
JUILLET	Samedi 3	Samedi Découverte AACE : Les premiers résultats du Rover Persévérance sur Mars	Jérémie Lasue , AACE Astrophysicien IRAP
	Mardi 20 <i>A confirmer</i>	Liaison en direct avec Thomas Pesquet : A bord de la station spatiale ISS dans le cadre de la Mission Alpha	Cité de l'espace
AOUT	Vendredi 6 de 19h à 24h	Nuit des étoiles : Une soirée sous les étoiles pour découvrir le ciel	Association Française d'Astronomie, Planète Sciences Occitanie et autres acteurs régionaux
SEPTEMBRE	Samedi 25	Samedi -Découverte AACE : Projet IGEMINI la biologie synthétique au service de la nutrition dans l'espace	Eliot Goguet Etudiants chercheurs Dpt Génie Biologique INSA
SEPTEMBRE/ OCTOBRE	Date à confirmer	Conférence AACE : "Le Commandement de l'Espace : la France et les nouveaux enjeux de protection et de défense en orbite" RDV Espace, AACE	Général Michel Friedling
OCTOBRE	21 ou 22	Conférence AACE : « Les missions Copernicus » RDV Espace, AACE	Olivier Arino (ESA)
	Du 21 au 24	Événement Copernicus : en attente du programme	Cité de l'espace
	Mercredi 20	Conférence : L'univers de plus en plus près ! Le James Web Space Telescope, l'aboutissement d'un projet pharaonique. En lien avec le lancement du JWST le 31 octobre par Ariane 5 depuis Kourou. RDV Espace, 3AF, CNES	CNES, CEA, labos français

	Date AD	Visite de la Cité par les enfants des Centres Aérés et de Loisirs des quartiers défavorisés de Toulouse	AACE + Marie Toulouse
	Samedi 30	Samedi Découverte AACE : La Nouvelle Symphonie des étoiles : l'Humanité face au Cosmos	Sylvie Vauclair , astrophysicienne IRAP, Pr émérite UPS Toulouse
NOVEMBRE	Mardi 2 et Mercredi 3	<ul style="list-style-type: none"> • Conférence sur « espace et éthique » avec Robin Walter, auteur des bandes dessinées « KZ Dora » et « Von Braun ». • Présentation et cérémonie de remise du dictionnaire des déportés de Dora. Table ronde et conférence de L. Thiery et R. Walter. 	AFMD, La Coupole, Musée de la résistance, AACE, ISAE
	Mercredi 10 <i>A confirmer</i>	Table Ronde Persévérance : premier bilan d'exploitation Persévérance avec des scientifiques, responsables instruments, responsables opération, ...	AACE
	Date AD	Événement : retour Thomas Pesquet	Cité de l'espace
	Mercredi 24	Conférence : L'innovation technologique au service du domaine aérospatial : l'exemple de la fabrication additive. RDV Espace, 3AF, CNES et IRT Saint Exupéry	Cassiopée Galy , ingénieure de recherche à l'IRT Saint Exupéry
	Samedi 27	Samedi Découverte AACE : Expériences embarquées pour ISS	Philippe Garnier Maitre conférence IUT3 Toulouse, IRAP
	DECEMBRE	Lundi 6	AACE : Soirée Grand Prix
	Samedi 11 ou 18	Samedi Découverte AACE : Philosophie face au ciel étoilé	Patrick Doutey Pr philosophie Université temps libre à Tarbes

1.2 Les Amis de la Cité de l'espace lancent leur concours de dessin 2021 : Terre, espace et astronomie



Terre, espace et astronomie : le concours de dessin 2021 de l'Association des Amis de la Cité de l'espace. A partir d'un dessin original de Serge Gracieux

L'association des Amis de la Cité de l'espace, en partenariat avec la Cité de l'espace, organise **un grand concours de dessins « Terre, espace et astronomie »**.

Trois catégories sont proposées :

- 1) **Terre** : atmosphère, climat, la Terre vue de l'espace, etc.
- 2) **Espace** : fusées, satellites, vaisseaux spatiaux, rover, habitats, vols habités et astronautes (à bord d'une station spatiale, sur la Lune, sur Mars ou ailleurs), etc.
- 3) **Astronomie** : planètes, étoiles, galaxies, astéroïdes, etc.

Dans chaque catégorie, chaque participant peut laisser libre cours à son imagination. Il peut soumettre un maximum de trois dessins dans les catégories de son choix.

La technique et le style de dessin sont libres, incluant crayon, stylo, encre, feutres, crayons de couleur, aquarelle, fusain, pastels et outils numériques. Les dessins peuvent également être des pages de bandes dessinées ou de mangas.

Le dessin original pourra être sur papier ou un format numérique ou une combinaison des deux. Les candidats devront envoyer une version scannée de leurs œuvres.

Le concours est ouvert à tous les dessinateurs amateurs : jeune ou moins jeune, il n'y a pas de limite d'âge. Tous nos adhérents sont invités à participer. Si vous n'êtes pas dessinateur, parlez-en à votre famille et à vos amis... Nous comptons sur votre aide pour avoir beaucoup de participants !

La participation est gratuite. Pour participer, il faut s'inscrire avant le 30 septembre 2021 à l'adresse suivante : <https://www.eventbrite.fr/e/billets-concours-de-dessin-terre-espace-et-astronomie-162555145817>

Le jury sera composé de membres des Amis de la Cité de l'espace, de la Cité de l'espace et de personnes indépendantes sélectionnées pour leurs compétences. Après délibération, le Jury désignera les lauréats des prix parmi les œuvres reçues et conformes au règlement. **Un prix de l'AACE sera également décerné après vote des adhérents.**

L'annonce des résultats et la remise des prix auront lieu pendant la soirée annuelle de Remise des Prix de l'AACE à la Cité de l'espace à Toulouse en décembre 2021.

Le règlement complet est accessible à l'adresse suivante : <https://www.amis-cite-espace.org/articles/77824-terre-espace-et-astronomie-lancement-du-concours-de-dessin-2021>

1.3 Samedis « Visites découvertes »

Par Michelle Bousquet

- Samedi "Visites découvertes" du **17 avril 2021** en **visio-conférence sur l'outil JITSY à 10h**. 15 personnes présentes.

Thème : « **Le retour vers la Lune** » avec **Olivier SANGUY**, notre intervenant, rédacteur en chef de l'actualité spatiale à la Cité de l'Espace.

Le programme Artemis de la NASA avec l'ESA en partenaire principal ambitionne un retour durable autour de la Lune (station Gateway) et à sa surface.

La Chine et la Russie s'associent pour un projet similaire et d'autres nations visent aussi notre satellite naturel.

Notre voisine céleste pourrait bien être un enjeu majeur de l'exploration robotique et habitée de la décennie 2020 et au-delà. Les raisons nous ont été exposées.

- Samedi "Visites découvertes" du **29 mai 2021**, notre première reprise en présentiel à 10h à la Cité, **17 personnes présentes** : Thème : « **Magnétisme de Mars et son impact sur l'histoire de son environnement** » avec **Lionel D'USTON de la VILLEREGLAN** notre intervenant, **Astrophysicien à l'IRAP**.

Qu'est-ce que les caractéristiques magnétiques actuelles de Mars nous apprennent sur son évolution ?

Aujourd'hui, à la différence de la Terre, on n'observe pas de champ magnétique global à la surface de Mars. Dans le cas de la Terre, ce champ magnétique résulte de l'effet dynamo produit par les mouvements d'un noyau liquide au cœur de la planète ; cela nous indique que le noyau de la planète ne connaît pas de mouvement suffisant ou pas de mouvement du tout dans son noyau.

Cependant, un champ magnétique rémanent, fossile, a été observé dans certaines régions géologiquement anciennes de l'hémisphère sud. L'interprétation courante est que la planète Mars disposait à sa création d'un champ magnétique créé par un noyau liquide mais que le champ avait cessé d'exister il y a environ 4 milliards d'années.

Le champ magnétique est un facteur important à prendre en considération pour comprendre l'histoire d'une planète. En effet, comme on l'observe avec la Terre par exemple, le champ magnétique global de la planète maintient à distance le flux du vent solaire en délimitant une magnétosphère. A la disparition de ce champ global, le flot de particules d'origine solaire arrive directement sur la planète et, en impactant, la couche atmosphérique en arrache des molécules et les entraîne dans l'espace : c'est le phénomène d'échappement atmosphérique. De là, l'appauvrissement de l'atmosphère, l'impossibilité actuelle de l'eau liquide à la surface.

Ces éléments de connaissance actuels sur ce sujet, résultants de nombreuses missions spatiales, nous ont été présentés.

Une visite commentée du système solaire au 2ème étage de la Cité a clôturé cette matinée. Quelques-uns sont restés pour déjeuner et ont prolongé la visite.

1.4 La soirée des adhérents du 15 juin 2021

Par Geneviève Gargir

La « Soirée des adhérents AACE » du 15 juin fut un bel événement avec d'excellents retours. Elle s'est déroulée de manière conviviale et harmonieuse. L'objectif principal était de réaliser enfin « La Soirée du Grand Prix 2020 » qui aurait dû se tenir comme traditionnellement début décembre mais n'a pu avoir lieu, la Cité de l'Espace étant fermée suite aux contraintes liées à la crise sanitaire.

Nous pouvons remercier toute l'équipe des volontaires (une quinzaine de personnes du CA et d'adhérents) qui a largement contribué à son succès.

L'opportunité de visiter librement la nouvelle exposition « Alpha », relative à la mission de Thomas Pesquet, ainsi que l'exposition permanente « Lune » dans le bâtiment principal, a attiré une centaine de personnes ; ensuite rendez-vous vers Mars avec le rover Persévérance et le rover chinois Zhurong exposés dans le hall de l'Australia.

Compte-tenu des contraintes nous avons dû reconvertir notre traditionnel cocktail en soirée en un « verre d'accueil » servi à 18h à l'extérieur devant l'Australia ; ce qui s'est avéré une bonne initiative (très beau temps heureusement), conviviale et permettant de pouvoir se retrouver et bavarder avant la soirée.

La soirée proprement dite (replay disponible [ici](#) sur notre chaîne YouTube), qui débuta vers 18h45 en salle IMAX, fut particulièrement intéressante, grâce à la prestation et l'enthousiasme de l'équipe Tetr'ISS (40 étudiants et professeurs) et à la conférence inédite de Jean-Jacques Favier.

Les étudiants avaient désigné quatre d'entre eux (2 garçons et 2 filles, parité respectée !) pour présenter les 4 expériences réalisées afin d'être mises en œuvre sur l'ISS (Démon de Maxwell, Cafédomanie, Diffusion de gouttes, et Figures de Chladni). C'est cette dernière qui sera embarquée sur l'ISS en septembre 2021.

Ensuite Jean-Jacques Favier nous a fait vivre un moment amusant et particulièrement intéressant à partir des aventures de Tintin sur la Lune, nous montrant le côté fort visionnaire d'Hergé, puis dévoilant sa propre vision des futures missions Lunaires et de toutes les attentes que l'on peut en espérer.

Rappelons que le Grand Prix 2020 fut attribué à Jean-Jacques Favier, physicien et astronaute, pour l'ensemble de sa carrière dans la recherche, le spatial, l'enseignement. Il a beaucoup contribué à animer des événements à la Cité de l'Espace permettant de partager son expérience d'astronaute tant auprès du grand public que des jeunes.

Notre président Gil Denis avait préparé un portrait (disponible [ici](#)) de Jean-Jacques Favier mettant l'accent sur les raisons justifiant l'attribution du prix. C'est Philippe Droneau qui a remis le prix.

Le Prix des Jeunes a été remis au projet Tetr'ISS, porté par des étudiants et encadrants de l'IUT Toulouse 3 - Paul Sabatier. Le projet Tetr'ISS est l'un des deux projets lauréats du concours "Génération ISS" lancé en 2019 par le CNES, le Ministère de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche et de l'Innovation, et l'astronaute Thomas Pesquet. Le projet consiste en la conception et fabrication d'une plateforme automatisée regroupant 4 expériences scientifiques et pédagogiques, qui a été embarquée dans la station spatiale internationale (ISS) et qui est mise en œuvre par Thomas Pesquet. Jérémie Lasue a présenté le projet avant de passer la parole aux étudiants.



Démarrage de la conférence de Jean-Jacques Favier
Crédit image : AACE / Gil Denis



L'équipe du projet TETR'ISS. Crédit image : AACE / Gil Denis

Enfin, concernant le bilan de la participation à la soirée, nous avons compté 127 présents (sur 165 inscrits), soit 52 adhérents, 35 invités et 40 du projet Tetr'ISS.

Ce fut une très belle soirée. Nous sommes très heureux d'avoir pu organiser ce premier grand rendez-vous « en vrai », même si seulement 52 adhérents ont pu participer à la soirée qui leur était dédiée. Espérons qu'ils seront plus nombreux à notre prochain rendez-vous.

Un album photo est accessible en ligne [ici](#).

1.5 Actualités spatiales

1.5.1 Nouvelles de la mission Alpha de Thomas Pesquet à bord de l'ISS

Par Philippe Marchal

Le 24 juin dernier, Thomas Pesquet fêtait le 2^{ème} mois de son 2^{ème} séjour à bord de l'ISS, et devenait le Français ayant passé le plus de temps dans l'espace, c'est-à-dire plus de 250 jours si l'on compte les 196 jours de son premier séjour dans l'ISS en 2016/2017, qui constituait déjà le record de temps passé en orbite pour un astronaute français.

[Thomas Pesquet a été "lancé" le 23 avril](#) à bord de la capsule réutilisable Crew Dragon2 de Space X, qui effectuait son 2^{ème} vol opérationnel. En compagnie de 3 autres astronautes, il a rejoint le lendemain l'ISS où séjournait déjà 7 astronautes. L'ISS n'avait jamais accueilli autant de passagers à la fois, depuis l'époque où les navettes spatiales étaient encore en service.

Pour mémoire, le record d'occupation de l'ISS a été atteint en juillet 2009 et a été réédité 3 fois, avec 13 personnes à bord, le temps d'une courte cohabitation. Il faut en effet considérer ces périodes de forte affluence comme des périodes de transition avant que des retours sur Terre ne s'opèrent.

Les 4 membres de l'équipage du Crew Dragon 1 ont ainsi fait leur retour sur Terre le 2 mai, laissant à 7 le nombre de passagers actuels à bord de l'ISS, sous le commandement du Japonais Akihiko Hoshide. Celui-ci passera ensuite la main à Thomas Pesquet dans la dernière partie de sa mission, pour une durée d'environ 1 mois, et ce sera la 1^{ère} fois qu'un Français est commandant de bord de l'ISS.

Au quotidien, les occupations de l'équipage de l'ISS sont nombreuses, entre le programme expérimental (qui va de la science en impesanteur à la médecine), les opérations de maintenance ou de réparation des différents ma-

tériels et équipements de l'ISS, les [séances de sport quotidiennes](#), et les diverses opérations médiatiques ou pédagogiques pour les jeunes.

Du côté du programme expérimental, Thomas Pesquet a été très vite occupé par deux expériences en neurosciences, l'une appelée Grip qui étudie le temps qu'il faut au système nerveux pour s'adapter à l'absence de gravité, et l'autre Grasp, cousine de la précédente, consistant à mieux évaluer les effets de l'apesanteur sur la coordination main-œil, grâce à des exercices réalisés avec un casque de réalité virtuelle. Thomas Pesquet a aussi servi de cobaye à l'expérience Myotones (Muscle Tone in Space), qui étudie l'évolution du tonus musculaire, grâce à une petite sonde reliée à un échographe téléguidé qui photographie différents points du corps.

Du côté des opérations de maintenance de l'ISS, Thomas Pesquet a effectué 2 sorties dans l'espace dites extravéhiculaires (EVA), en compagnie de l'astronaute américain Shane Kimbrough pour installer 2 des 6 nouveaux panneaux solaires de la technologie iROSA (ISS Roll-Out Solar Array), destinés à augmenter la capacité de production d'énergie de la Station. Enfin, du côté des opérations médiatiques, Thomas Pesquet partage quotidiennement sur les réseaux sociaux de magnifiques [clichés de la Terre](#) et participe régulièrement à des [liaisons radioamateur avec des établissements scolaires](#).

*Thomas
Pesquet
plein
travail à*



en

l'intérieur du module Tranquility de l'ISS - Crédit photo: NASA/JSC

1.5.2 Brèves de Mars

Par Philippe Marchal

Il y a maintenant 4 mois que le rover Persévérance s'est posé sur Mars dans le cratère Jezero. Après avoir envoyé vers la Terre près de 20 000 images capturées par ses nombreuses caméras (toutes accessibles au grand public dans une vaste [base de données](#) mise en ligne par la Nasa), après avoir accompli ses 1ers déplacements sur le sol martien, après avoir fait voler le drone hélicoptère Ingenuity dans l'air martien (une grande première mondiale !), après avoir transformé du dioxyde de carbone issu de l'atmosphère martienne en oxygène grâce à l'instrument Moxie (Mars Oxygen In-Situ Resource Utilization Experiment) (une autre grande première mondiale !), Persévérance commence véritablement sa mission scientifique d'analyse du sol de la planète rouge et de collecte d'échantillons de roches qui seront rapportées sur Terre par une mission ultérieure, afin d'y chercher des traces de potentielle vie ancienne.

Pendant ce temps, Curiosity, l'autre rover de la NASA qui s'est posé sur Mars en août 2012 poursuit son chemin dans les pentes du cratère Gale. Et il nous a livré ces exceptionnelles images de nuages brillants dans le ciel de Mars.



Nuages dans le ciel de Mars, vus par Curiosity le 19 mars 2021

Crédit photo : NASA/JPL-Caltech/MSSS

Pendant ce temps aussi, le rover chinois Zhurong qui s'est posé sur Mars le 14 mai dernier et dont les aventures sont bien plus discrètes que celles des rovers américains, a envoyé sur Terre ses 1ers clichés et a fait ses 1ers tours de roues sur le sol martien ...



Image du rover Zhurong sur le sol martien, après sa descente de la plateforme d'atterrissage

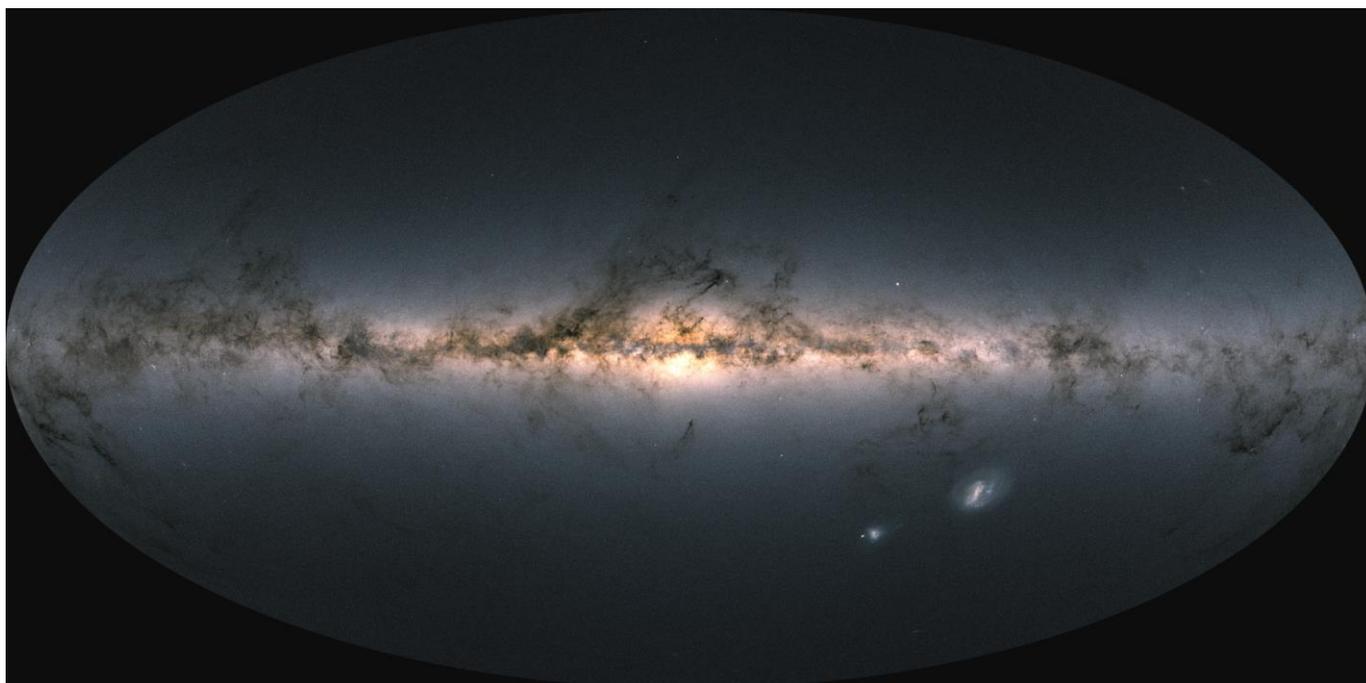
Crédit photo : CNSA

1.6 Ressources recommandées par nos adhérents sur le WEB

Marie-Ange Albouy nous recommande les 2 liens suivants :

- **A la découverte du voisinage du soleil**

En cliquant sur ce lien <https://www.insu.cnrs.fr/fr/cnrsinfo/le-voisinage-du-soleil>, vous découvrirez le nouveau catalogue qui recense pas moins de 540 étoiles, naines brunes, naines blanches, et exo planètes dans 339 systèmes. Très proche de notre système solaire elles permettront une étude approfondie et une meilleure compréhension de la physique stellaire.



La version 3 du catalogue d'étoiles observées par la sonde Gaia utilisé pour le travail de l'IRAP et de l'UTINAM.

Crédit image : ESA/Gaia/DPAC; CC BY-SA 3.0 IGO. Remerciements : A. Moitinho.

- **Succès de l'atterrissage de Persévérance sur Mars**

Après 7 mois de voyage, le 18 février 2021 à 21h30 précises, à 200 millions de kilomètres de notre planète, le rover Persévérance, équipé de l'instrument français SuperCam, construit sous la responsabilité scientifique de l'IRAP (Institut de Recherche en Astronomie et planétologie) a enfin foulé le sol martien dans le cratère Jezero. Cet atterrissage marque le début d'une mission de plusieurs années. L'université Toulouse III participe une seconde fois à l'exploration de la planète rouge après la mission Curiosity en 2012.

Pour en savoir un peu plus sur cette aventure technologique, scientifique et surtout humaine très importante n'hésitez pas à cliquer sur le lien <https://www.univ-tlse3.fr/suivez-l-atterrissage-de-perseverance-sur-mars-en-direct> vous y découvrirez une superbe vidéo au cours de laquelle sera retracé le voyage et l'atterrissage de Persévérance et où Michel Viso, Sylvestre Maurice, Olivier Gasnault vous détailleront le travail de 300 scientifiques qui ont contribué à ce succès.

1.7 Des nouvelles de nos outils numériques

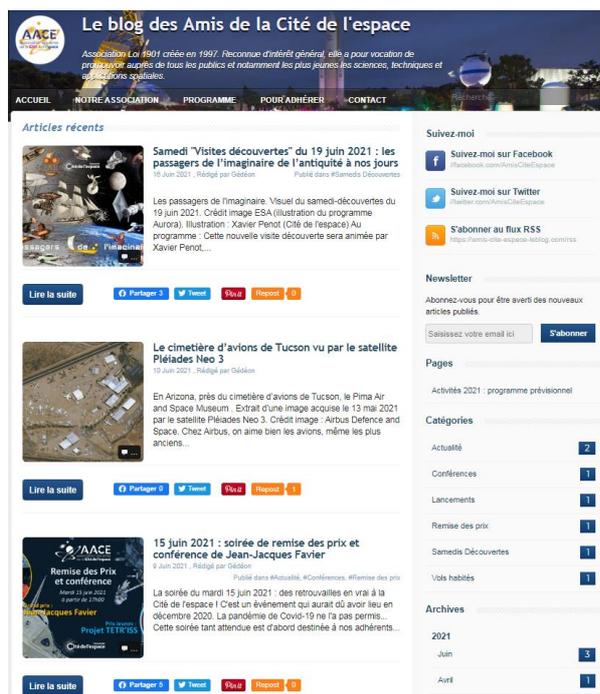
Contribution de Gil Denis

L'Association des Amis de la Cité de l'espace dispose de son [site web](#) depuis 2007 mais le développement des usages du numérique est une des priorités de la feuille de route 2021, pour nos adhérents et pour toucher un plus large public. Il s'agit en fait de transformer en opportunité ce que la crise sanitaire nous a obligé à mettre en place quand il n'était pas possible de se retrouver « en vrai » à la Cité de l'espace. Des outils de vidéoconférence comme Jitsi nous ont permis de maintenir le rythme de nos réunions de bureau et de conseil d'administration et de fonctionner presque normalement.

Cela nous a aussi donné l'idée d'organiser les premiers samedis découvertes et mini-conférences en ligne. La remise des prix du concours de photographie et de vidéo, également à distance, a permis une large participation, dans toute la France et même au Brésil et sur l'île de La Réunion...

Pour tirer profit et capitaliser ces succès, nous avons lancé une action pour définir notre utilisation des différents supports, proposer aux administrateurs et adhérents volontaires de se former puis d'être actifs sur les réseaux sociaux, développer l'utilisation de notre site Internet et le coupler à un blog pour publications plus régulières et plus collectives. Améliorer notre visibilité sur Internet devrait permettre de toucher un public plus large, au-delà de Toulouse, et de recruter de nouveaux adhérents.

Les dernières initiatives sont la création d'une chaîne youtube (sur laquelle vous pouvez revoir [notre assemblée générale](#) et [la soirée adhérents du 15 juin](#)) et d'[un blog qui fait ses premiers pas](#).



Voici la liste des outils numériques dont nous disposons :

	Site Internet	Facebook	Twitter	Linkedin	Youtube	Blog
Adresse	www.amis-cite-espace.org	Facebook.com/AmisCiteEspace @AmisCiteEspace	@AmisCiteEspace	https://www.linkedin.com/company/amis-cite-espace	Association des Amis de la Cité de l'espace	https://amis-cite-espace-leblog.com/
Création	2007	Mars 2014	Mai 2018	Juin 2018	4 mars 2021	20 avril 2021

Nous vous invitons à les découvrir, à les utiliser, à vous abonner aux réseaux sociaux (en particulier Twitter et Facebook) qui vous conviennent et à les faire connaître à vos amis. Evidemment, vous êtes bienvenus si vous souhaitez proposer des textes et d'autres contenus qui pourraient être publiés sur ces supports. Des formations seront proposées à ceux qui veulent se lancer...

Vous avez également pu constater que cette lettre d'information contenait de plus en plus de liens vers des ressources sur Internet, impossible à intégrer dans un document papier (vidéo par exemple). A terme, le développement de notre blog devrait permettre d'aller encore plus loin (interactivité, commentaires).

Pour découvrir notre blog : <https://amis-cite-espace-leblog.com>

(contactez-nous pour bénéficier d'une formation en ligne et vous lancer dans l'écriture d'articles)

Notre chaîne youtube : <https://www.youtube.com/channel/UCeEwXGmHNRu9hbsFnuznZA/featured>

2 Articles thématiques

2.1 La saga SpaceX

Par Eric Tronche

Présentation de SpaceX

Nul besoin de présenter SpaceX en détail, la société privée de transport spatial créée par Elon Musk ! Certains diront « le milliardaire excentrique Elon Musk », personnellement, je déteste cette appellation, très réductrice. Pour ceux qui ont lu la biographie d'Elon Musk, on peut la résumer ainsi : « Si vous lisez ce livre pour savoir comment Elon Musk va changer le monde, vous êtes en retard, il l'a déjà bouleversé ».



© SpaceX

SpaceX a donc été créée en 2002, sur fonds propres, et il faut dire que les débuts ont été très difficiles, un peu comme si les ingénieurs travaillaient dans un garage, et enchaînaient les échecs. La société a bien failli disparaître, mais finalement, à force de ténacité, la maintenant mythique Falcon 9 est le fleuron de cette nouvelle « agence spatiale ».

La desserte de l'ISS

SpaceX fait partie des diverses entreprises qui alimentent la Station Spatiale Internationale en ravitaillement, dans le cadre d'un contrat avec la NASA, le COTS pour Commercial Orbital Transportation Services ou service de transport commercial orbital. Ce cargo Dragon est régulièrement lancé par une fusée de l'entreprise. Il peut placer en orbite jusqu'à 6 tonnes de fret qui peuvent être répartis entre la partie pressurisée et un compartiment non pressurisé. Il est conçu pour revenir sur Terre en ramenant dans la version cargo jusqu'à 3 tonnes de fret. L'amarrage à la station est réalisé par l'opérateur situé dans la station qui utilise le bras robotique canadien Canadarm. A partir de la version 2, le Dragon peut s'amarrer à la station de manière autonome, mais toujours avec une surveillance humaine.



Cargo Dragon en approche de l'ISS

© NASA

Les vols habités

Au niveau des vols habités, SpaceX a quelque part sauvé la NASA, et l'Amérique. En effet, depuis l'arrêt des vols de navettes en 2011, la NASA n'était plus autonome pour envoyer ses astronautes vers l'ISS, le passage obligé était l'achat d'une prestation à la Russie.



Vues intérieures d'un Crew Dragon - © SpaceX

Au terme de sélections drastiques, Boeing et SpaceX ont été sélectionnées pour développer un vaisseau de transport habité vers l'ISS, dont le terme générique est USCV pour United States Crew Vehicule. Boeing et son Starliner avait un peu d'avance, mais lors d'un vol de qualification, la NASA a pointé un manque de culture sûreté, par plusieurs défauts profonds, qui ont été préjudiciables au premier vol habité. Le vaisseau de SpaceX, le Dragon habité



La Tesla modèle X « Recycle » de Thomas
© SpaceX

de la Falcon 9 Block 5 est une version modifiée du système de transport de fret. Celui-ci pourrait être qualifié de smart Dragon (smart pour intelligent), car il ne dispose pas d'un simple système d'éjection en cas d'avarie. En effet, lors de la première phase de vol, la fusée suit une trajectoire qui lui fait longer les côtes américaines, françaises (St Pierre et Miquelon) et canadiennes, où plusieurs bateaux sont présents. Mais en cas d'avarie au-delà, il n'y a aucun bateau avant l'approche des côtes irlandaises. Cette zone vide de bateaux de récupération est nommée DAEZ pour Downstream Abort Exclusion Zone.

En cas d'avarie, et après la séparation de la capsule, cette dernière a la capacité de rejoindre les bateaux grâce à ses propres moteurs et au déport latéral possible, soit en faisant demi-tour, soit en traversant l'Atlantique.

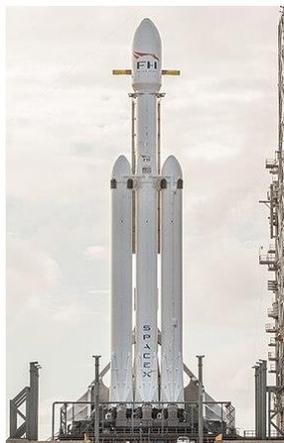
Bien sûr, comme dans le cas du transport de fret, la capsule de transport habitée est réutilisable. A noter que SpaceX s'occupe aussi du transport des astronautes jusqu'à la zone de lancement, non pas avec un bus du genre astrovan comme pour le programme Apollo, mais grâce à des Tesla électriques Modèle X de l'entreprise. Soulignons le souci du détail avec les Teslas estampillées du logo en mode worm de la NASA, et les plaques d'immatriculation libellées « Recycle, Reduce et Re-use » rappelant la doctrine de l'entreprise pour le recyclage, la réduction des coûts et la ré-utilisation.

Une petite anecdote lors du départ de Thomas Pesquet : Quand nous l'avons vu discuter et plaisanter avec Elon Musk, chacun s'est dit : « Ça y est, la France est sur la Lune ! ».

Ce vaisseau Crew Dragon semble issu d'un film de science-fiction, noir et blanc, où aucun bouton, voyant ou câble ne dépasse. Il peut transporter 6 tonnes de matériel vers l'ISS, et 3 tonnes au retour sur Terre. Au départ prévu pour 7 astronautes selon la configuration SpaceX, la NASA a préféré une configuration à 4 sièges, en conservant l'espace restant pour du chargement. Les sièges électriques permettent aux astronautes d'attendre le lancement en position assise, avant de basculer en position couchée lors du décollage. Il y a beaucoup de similitudes de design avec le vaisseau Discovery du film 2001, l'odyssée de l'Espace de Stanley Kubrick, mais Elon Musk étant fan de science-fiction, saluons l'audace de transposition !

Un lanceur super lourd

SpaceX dispose aussi d'un lanceur super lourd, la Falcon Heavy, dont le vol inaugural a eu lieu en 2018, et n'a laissé personne indifférent. En effet, cette fusée est constituée d'une Falcon 9, à laquelle sont accolés 2 premiers étages supplémentaires. Le premier vol de test n'emportait pas de charge utile, simplement un lest, qui n'était rien de moins que le roadster Tesla du patron de l'entreprise. Tant qu'à envoyer un lest, autant se faire de la publicité.



Falcon Heavy © SpaceX

Nul n'a oublié le retour synchronisé des 2 boosters, qui se sont posés sur leur site d'atterrissage, dans une atmosphère de science-fiction. 2 autres vols ont eu lieu par la suite, mais finalement, l'énorme capacité de ce lanceur est préjudiciable à des lancements fréquents, faute de client. Néanmoins, quelques lancements de gros satellites militaires et civils sont inscrits au calendrier, mais c'est pour l'assemblage de la future station lunaire que ce lanceur démontrera toute son utilité. SpaceX a en effet été sélectionnée pour le transport des premiers éléments de la LOP-G, la Lunar Orbital Platform Gateway, la future station orbitale lunaire.

Le projet Starlink

Starlink est un vaste projet développé sur fonds propres pour l'internet par satellites. Ceux-ci sont lancés par grappe de 60 unités, avec de temps en temps quelques passagers payants, non pas en mode co-voiturage, mais en mode « co-fuséage » !

Starlink commence déjà à être opérationnel dans certaines régions françaises, le but étant que chaque personne sur la planète puisse avoir accès à Internet à haut débit. Pour ceux qui parlent des risques de débris multipliés, les satellites disposent d'un système de désorbitation en fin de vie, et un accord a été signé entre la NASA et SpaceX pour partager les coordonnées des satellites. Pour les astronomes, les satellites sont équipés de pare soleil, pour minimiser les perturbations.



Grappe Starlink de 60 satellites

Source Twitter/Elon Musk

Certes, cela fera beaucoup de satellites en place, mais on ne peut pas demander internet à haut débit sans contrepartie. Le lancement L 28 du 26 mai 2021 marque l'achèvement de la 1^{ère} couche Starlink, la shell 1, la 1^{ère} sur 5 prévues. Cette shell 1 est désormais complète avec 1584 satellites opérationnels, sur une orbite inclinée de 53 degrés par rapport à l'équateur. La couche numéro 2, ou shell 2, sera ensuite constituée de 1584 autres satellites, sur une orbite légèrement inférieure, à 540 km, avec une inclinaison de 53.2 degrés par rapport à l'équateur.

Ces 2 couches relativement proches permettront d'augmenter la bande passante, donc la largeur de la bande de fréquence allouée. La shell 3 sera constituée de 720 satellites, sur une orbite à 570 km avec une inclinaison de 70 degrés, et la shell 4 comportera 348 satellites à 560 km sur une orbite quasi polaire, de 97.6 degrés. La dernière couche, la shell 5, comportera enfin 172 satellites, sur une orbite à 560 km inclinée elle aussi à 97.6 degrés. Il y aura alors 4408 satellites Starlink en orbite. Mais même si la couche 5 correspondant à la fin de la phase 1 ne sera terminée qu'en 2024, la couverture Internet sera tout de même de 80 % fin 2021. D'autres phases sont déjà prévues, la phase 2 avec 7518 satellites sur 3 couches, entre 335 et 345 km d'altitude, qui portera la flotte à 11926 satellites (à voir sur youtube, [une vidéo illustrant les orbites des satellites Starlink](#), animation produite par Mark Handley, University College of London).

La base de tout : La Falcon 9, une fusée recyclable



Falcon 9 recyclée

Source Instagram / Thomas Pesquet

Cette fusée mise au point par SpaceX mesure 70 mètres de hauteur pour 3.60 mètres de diamètre et pèse près de 550 tonnes. Le 1^{er} étage est propulsé par 9 moteurs Merlin 1D, le second par un seul moteur Merlin 1D. Le carburant est un mélange de RP-1 et de LOx. Le RP-1 (*Rocket Propellant 1* ou *Refined Petroleum 1*) est une forme de kérosène spécialement raffiné en vue d'une utilisation comme carburant liquide pour les lanceurs spatiaux. Il est légèrement pressurisé à l'Hélium mais il n'est pas cryogénique. Il est néanmoins légèrement refroidi pour un gain de place. Le LOx est de l'Oxygène liquide cryogénique. L'allumage des moteurs est assuré par le contact de 2 produits : Du triéthylaluminium et du triéthylborane hypergoliques. On qualifie d'[hypergolique](#) un couple d'[ergols](#) (des produits chimiques propulsifs) qui, lorsqu'ils sont mis en contact l'un avec l'autre, [autocatalysent](#) leur propre oxydoréduction. La [combustion](#) s'initie donc spontanément dès qu'ils sont mis en contact, c'est la flamme verte que l'on peut voir juste avant le décollage. Ces 2 produits étaient aussi utilisés pour l'allumage des moteurs F-1 de la Saturn V. Chimiquement, lorsque 2 produits sont mis en contact, il est nécessaire, afin d'obtenir une réaction, d'y intégrer un autre produit, le catalyseur.

Dans notre cas, le catalyseur est l'un des 2 produits utilisés, on parle donc d'autocatalyse.

Le socle de réussite de ce projet Falcon 9 est le recyclage. Même si certains essaient d'analyser le bienfondé financier du recyclage, il faut, je pense, aller au-delà d'un problème d'argent, et plutôt se positionner sur l'aspect de non-gaspillage de matériels. Le premier étage de la fusée est donc recyclable, c'était le cas lors du [vol de Thomas Pesquet le 23 avril 2021](#), la suie présente sur le booster en témoigne !

En effet, n'ayant pas à traverser les hautes couches de l'atmosphère à haute vitesse, le premier étage n'a pas besoin de bouclier thermique.

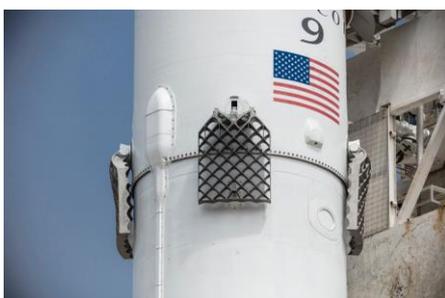
A la fin de sa propulsion, lorsque le deuxième étage prend le relais, il revient se poser très précisément sur la zone d'atterrissage prévue, selon la chronologie décrite ci-après. Dans le cas de lancements multiples, comme avec la Falcon Heavy, les 2 étages latéraux reviennent sur Terre, et le troisième se pose sur un bateau drone, une barge spécialement équipée. Au départ, les boosters étaient prévus pour 10 lancements, mais certains étant déjà arrivés à ce stade, Elon Musk a annoncé que les lancements se poursuivraient bien au-delà, jusqu'à ce qu'un problème majeur survienne, ou que le coût de remise en état soit prohibitif.



Arrivée du 1^{er} étage sur OCISLY, allumage moteur, et déploiement des pieds - © SpaceX

Les coiffes de protection de la charge utile sont aussi recyclables. Les premières étaient récupérées par des bateaux équipés de larges filets, mais devant les difficultés et le coût de l'opération, SpaceX a récemment décidé de les récupérer en mer. Les cargos sont eux aussi récupérables, qu'ils soient véhicules de desserte de l'ISS ou habités. Après reconditionnement et de nombreuses vérifications, ils peuvent reprendre du service.

Suivons pour exemple le vol Starlink L 26 du 16 mai 2021. Même si les lancements réussis de SpaceX sont habituels, tout le staff et les internautes connectés sont suspendus au compte à rebours. A T - 1 mn, la fusée passe en auto contrôle, ce sont désormais les ordinateurs embarqués qui gèrent le compte à rebours. La mise à feu est nominale et la fusée s'élève majestueusement, avec son bruit caractéristique, d'une fluidité parfaite. A T + 1 mn 15 s, 13 km d'altitude et 1000 Km/h, la fusée atteint max Q, le point de vol où les contraintes aérodynamiques sur la structure sont maximales. A T + 2 mn 37 s, nous avons le MECO à 65 Km d'altitude et 8000 Km/h. MECO, c'est le Main Engine Cut Off, la coupure des moteurs du 1^{er} étage. Puis les 2 étages se séparent, le 1^{er} continue en mode balistique jusqu'à une altitude de 116 Km, sa vitesse tombant à 7000 Km/h. Le moteur du 2^{ème} étage est mis à feu, pour l'insertion en orbite. Avant même l'arrivée à son apogée, les moteurs RCS réorientent le 1^{er} étage qui déploie ses ailerons de freinage. Ces moteurs RCS (Reaction Control System) placent l'étage face à l'atmosphère, en direction de la barge de récupération. En parallèle, à T + 3 mn 25 s, les 2 demies coiffes de protection de la charge utile sont larguées, elles seront récupérées en mer. Le 1^{er} étage est maintenant en mode de freinage, avec ses ailettes en grille déployées, dont l'orientation permet de piloter la descente. A T+6 mn 30 s, les moteurs sont mis à feu afin créer un écran de plasma pour protéger l'étage de la rentrée atmosphérique, c'est l'Entry Burn. Les moteurs sont maintenus en service une vingtaine de secondes, la vitesse diminue de 8000 à 5500 Km/h. L'étage est maintenant dans l'atmosphère, les ailerons (appelés Grid Fins) et les moteurs RCS continuent leur travail de freinage et d'orientation.



Grid Fins du 1^{er} étage - © SpaceX

On parle de RCS par abus de langage, car littéralement, les moteurs RCS ne sont utilisés que dans l'espace. Pour le contrôle d'attitude en mode atmosphérique, on parle plutôt de thrusters, qui sont des propulseurs à gaz froid. Les Grid Fins sont des surfaces de contrôle aérodynamique, repliées le long de la fusée lors de l'ascension, et dépliées lors du retour du 1^{er} étage. Ces Grid Fins sont utilisées à partir du mode hypersonique, supérieur à Mach 5, et créent une portance suffisante pour orienter l'étage. Elles mesurent 1.2 m par 1.5 m. Ce système a été développé dans l'URSS des années 50, et était utilisé pour guider les missiles militaires !

A 1 mn de l'atterrissage, l'étage est encore à 9 Km d'altitude et 1900 Km/h. La vitesse décroît très rapidement, on voit clairement la barge alors que l'étage est encore à 500 mètres d'altitude et 400 Km/h.

Un moteur est alors rallumé pour l'approche finale, la vidéo n'est pas coupée cette fois-ci, c'est extraordinaire, on a l'impression d'être au sommet de l'étage, qui a vu sa vitesse s'écrouler jusqu'à 90 Km/h seulement. Quelques secondes avant l'atterrissage, les pieds se déploient, et l'étage se pose avec succès, après 8 mn 35 s de vol !

Le second étage a lui aussi continué son voyage, et à T + 8 mn 52 s, on obtient le SECO, pour Second Engine Cut Off, l'extinction de son moteur, à 27500 Km/h et 167 Km d'altitude. A T + 50 mn, les moteurs de corrections induisent un mouvement de rotation, afin de faciliter la libération des satellites. A T + 54 mn 50 s, le moteur est rallumé pendant environ 5 secondes. Les satellites clients sont alors largués sur leurs orbites dédiées, puis à T + 1 h 38 mn 35 s, c'est le tour des satellites Starlink.

Ces derniers déploient alors leurs panneaux solaires, et volent en formation linéaire pendant quelques révolutions, le temps de vérifier tous leurs paramètres. Puis ils rejoignent leurs destinations finales en utilisant leurs moteurs ioniques. En paramétrant le site Heavens Above, il est facile de trouver les coordonnées de passage, et si la météo et leur positionnement est favorable, il ne faut pas manquer ce spectacle ! Une soixantaine de satellites à la queue-leu-leu, comme un chapelet de perles céleste, est un spectacle inoubliable.



Image retravaillée de la trace des Starlink L28 - © Eric Tronche

Les barges de récupération



Barge de récupération - © SpaceX

SpaceX dispose de 2 barges de récupération, avec l'acronyme générique ASDS pour Autonomous Spaceport Drone Ship. Ce sont des navires de haute mer équipés de moteurs de maintien en position et d'une grande plateforme d'atterrissage.

La 1^{ère} barge se nomme OCISLY pour Of Course I Still Love You, la 2^{ème} barge est JRTI pour Just Read The Instructions, et une 3^{ème}, A Short fall of Gravitass (ASoG), est en cours de construction.

Une vision interplanétaire

Mais SpaceX ne s'arrête pas là. A l'instant où les agences spatiales rêvent de Lune, Elon Musk rêve de Mars, toujours une longueur d'avance, voire deux !

En effet, SpaceX développe actuellement un vaisseau interplanétaire multi usages, le Starship, capable de desservir, la Lune bien évidemment, puisqu'il faut s'y poser avant la Chine, mais aussi Mars, et tant qu'à faire, toutes les grandes villes de la planète. Ce vaisseau est composé de 2 parties distinctes, un booster, le Super Heavy, et un vaisseau à proprement parler, le Starship, et bien sûr, les 2 éléments sont entièrement recyclables, comme les premiers étages de la Falcon 9 dont certains ont fait une dizaine de vols. Le vaisseau Starship me-



© SpaceX

sure 50 mètres de hauteur pour 9 mètres de diamètre, pour une masse à vide de 120 tonnes. Le Booster Super Heavy mesure 72 mètres de hauteur pour 9 mètres de diamètres. La propulsion est assurée par des moteurs Raptor, alimentés en LOx (Oxygène liquide) et Méthane (CH₄). Pourquoi ce mélange ? Et bien tout simplement car ils sont fabricables sur Mars, en automatique, par des usines autonomes. D'ailleurs, actuellement, l'expérience Moxie (Mars oxygen in-situ resource utilization experiment) est en cours sur Mars, dans un package d'expériences de Persévérance. Elle consiste à tester la fabrication d'Oxygène à partir du Dioxyde de Carbone (CO₂) de l'atmosphère, et c'est un succès, à petite échelle néanmoins. Concernant le Méthane, il est chimiquement possible d'en synthétiser par méthanisation du CO₂.

La configuration de vol est la suivante : Le vaisseau décolle à la verticale, monte à une dizaine de kilomètres d'altitude en arrêtant ses moteurs un à un, puis passe à l'horizontale pour la descente, c'est le Belly Flop. Après quelques minutes de descente contrôlée grâce aux ailerons, il repasse à la verticale en rallumant 2 de ses moteurs pour un atterrissage en mode « suicide burn », c'est-à-dire sans vol stationnaire final, il suit une trajectoire continue jusqu'au posé.

SpaceX est en mode de développement dynamique, avec retour d'expérience en temps réel, le correctif étant presque appliqué aux prototypes suivants, avant même l'atterrissage ! Jusqu'ici, le SN 8 (Serial Number ou Numéro de Série) s'est écrasé à l'atterrissage par manque de puissance. Le SN 9 n'a pas réussi son passage final à la verticale, le SN 10 a explosé quelques minutes après son posé trop rapide, et le SN 11 a explosé lors de sa phase de descente. Le SN 15 comportait une centaine de modifications par rapport à ses prédécesseurs et a décollé le 5 Mai 2021. Malgré un début d'incendie, le vol a été un succès.

Bien que le programme Artémis soit actuellement gelé (voir plus bas), SpaceX continue les tests de ses prototypes de Starships, avec un prochain vol prévu vers l'été 2021, en configuration globale, c'est-à-dire avec le SN 20 positionné sur son booster BN 3, pour un départ de Boca Chica. Après une mise en orbite et 3 quarts de révolution, le SN 20 se posera dans l'océan au large d'Hawaï en réalisant ses manœuvres habituelles. Le booster BN 3 finira aussi sa course dans l'océan, car les plateformes de récupération ne sont pas encore prêtes. Il s'agira de récupérer le maximum de données en préservant les structures au sol pour ce vol inaugural.

Le port spatial de Boca Chica

Le site de Boca Chica au Texas a été choisi par SpaceX comme futur port spatial et les prototypes sont construits en toute transparence vis-à-vis des quelques passants, et sont stockés à l'extérieur. La devise est « Pour fonctionner dans l'Espace, le vaisseau doit pouvoir supporter les contraintes climatiques terrestres ! ». Tout le site de Boca Chica est en évolution, il y aura à terme 2 pas de tirs orbitaux, en plus des 2 suborbitaux que l'on connaît, avec de nouvelles zones d'intégration, des nouveaux sites d'atterrissage, des restos, des parkings, des gradins, et même une ville, « Star Base », en récupérant l'intégralité de la zone pour en faire un spatioport desservant la Lune, Mars, mais aussi toutes les villes du globe. En parallèle, SpaceX a fait l'acquisition de plateformes pétrolières qui sont en cours de modifications, afin de concevoir des sites de décollage en mer. Elles ont déjà des noms : Phobos et Deimos, les noms des satellites de Mars. L'avantage est de pouvoir déplacer la plateforme jusque vers l'équateur, et de profiter de la rotation de la Terre pour économiser du carburant (effet fronde). Et quand on demande à Elon Musk comment les Starship iront sur les plateformes, il répond : Les Starship, ils volent, donc ils iront de Boca Chica aux plateformes en volant ! On imagine les ballets de vaisseaux interplanétaires entre la zone d'intégration et la zone de lancement, cela semble de la science-fiction, mais c'est le futur proche pour SpaceX !

Le projet Artémis

La NASA veut revenir sur la Lune, et développe pour cela le programme Artémis comprenant un lanceur super lourd, le SLS pour Space Launch System, une station lunaire et un atterrisseur lunaire. Le lanceur de la NASA contient un vaisseau spatial, Orion, comprenant 3 parties : Le module d'équipage pour jusqu'à 4 astronautes, le module de service (fourni par l'Europe !) qui contient les systèmes de survie, un moteur et ses propres réserves de carburant ainsi qu'une tour de sauvetage. Cette fusée de 2700 tonnes doit permettre de placer Orion sur une orbite lunaire, puis le vaisseau habité se connecte à la station lunaire.

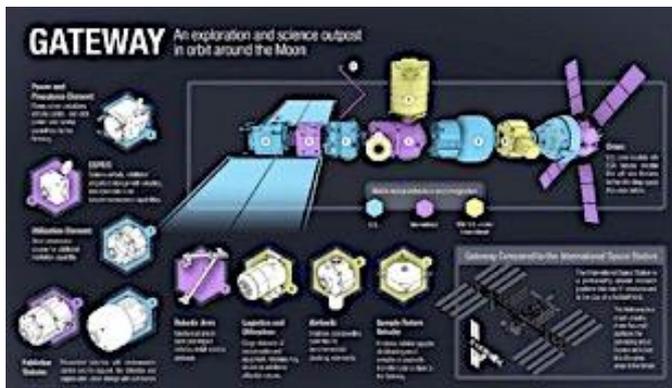


Illustration de la future station spatiale lunaire, Gateway - Source Nasa

Pour l'atterrisseur lunaire, la NASA a lancé un appel d'offre vers plusieurs entreprises, puis a fait son choix, et c'est SpaceX qui a remporté le marché le 16 avril 2021.

Nous pensions à un choix de 2 entreprises, et bien non ! Blue Origin (l'entreprise de Jeff Bezos, patron d'Amazon, dont les vols touristiques avec le New Shepard vont bientôt commencer) avait fédéré une National Team composée de Northrop Grumman, Lockheed Martin et Draper. Dynetics rassemblait un consortium d'entreprises composé de Sierra Nevada (fabricant de la petite navette DreamChaser), Astrobotics, et Thales Alenia Space. C'est donc uniquement SpaceX qui développera le Human Landing System (HLS), et qui va recevoir près

de 3 milliards de dollars. Pourquoi le choix s'est-il uniquement porté sur SpaceX ? L'analyse des projets indique les points suivants : Dynetics accuse un retard de conception et le prix est élevé, il y a des doutes sur le ravitaillement, et il n'y a pas de lanceur pour le renvoyer en orbite lunaire. Blue Origin demandait un paiement initial avant de lancer le projet (rédhibitoire pour la NASA !), et il y avait des problèmes de droits de propriété, avec de plus une complexité des 3 étages, et pas de proposition de lanceur.

Le Starship lunaire de SpaceX dispose d'un espace cargo appréciable, d'une redondance des moteurs et de suffisamment de carburant pour une bonne marge de manœuvre. Il y a aussi 2 sas de sortie, le support vie du vaisseau peut suppléer à un problème sur la station lunaire en secourant les astronautes présents. Le lancement de ce Starship lunaire ne dépend pas d'un autre lanceur, le prix est intéressant et SpaceX y participe. Enfin, l'entreprise démontre au quotidien ses capacités de développement en mode dynamique et rapide. Mais le 26 avril 2021, Blue Origin porte plainte suite à la décision de la NASA de ne choisir que SpaceX pour l'atterrisseur lunaire ! Pourtant, il faut reconnaître que les tests du vaisseau de Jeff Bezos n'ont quasiment pas commencé, alors que les prototypes de Starship qui utilisent la même technologie que le futur atterrisseur lunaire volent déjà. Puis Dynetics a aussi porté plainte, ce sont donc les 2 concurrents de SpaceX qui estiment avoir été lésés sur l'appel d'offre et qui dénoncent un monopole de SpaceX. La NASA a donc gelé le programme, jusqu'au compte rendu de la commission d'enquête. En étant objectif, il faut reconnaître que le projet de SpaceX semble bien plus sérieux que la concurrence, mais il faut reconnaître aussi la mainmise de SpaceX sur beaucoup de dossiers : Les vols habités et la desserte de l'ISS, l'atterrisseur lunaire, la constellation Starlink pour internet par satellite. Mais peut-on pénaliser une entreprise plus avant-gardiste que les autres ?

Une nouvelle histoire de l'aéronautique est en route, et nous avons la chance de pouvoir en profiter. A suivre, donc ...

2.2 La grosse fusée chinoise Long March 5B est redescendue de son orbite

Par Philippe Marchal

Au début du mois de mai dernier, le lanceur chinois Long March 5B a fait la une des médias. En effet, après avoir mis en orbite Tianhe, le module central de la future station spatiale chinoise, il commençait un retour sur Terre non guidé, devenant en près de 30 ans l'objet le plus massif accomplissant une rentrée incontrôlée, donc aléatoire, de sa trajectoire.

Le Long March 5B est un lanceur lourd mono-étage spécialement conçu pour placer directement en orbite basse terrestre, les modules de la future station spatiale chinoise, dont la construction est prévue d'être achevée en fin 2022.



Lancement de Tianhe, le module central de la nouvelle station spatiale chinoise, par Long March 5B, le 28 avril 2021

Crédit image: CASC

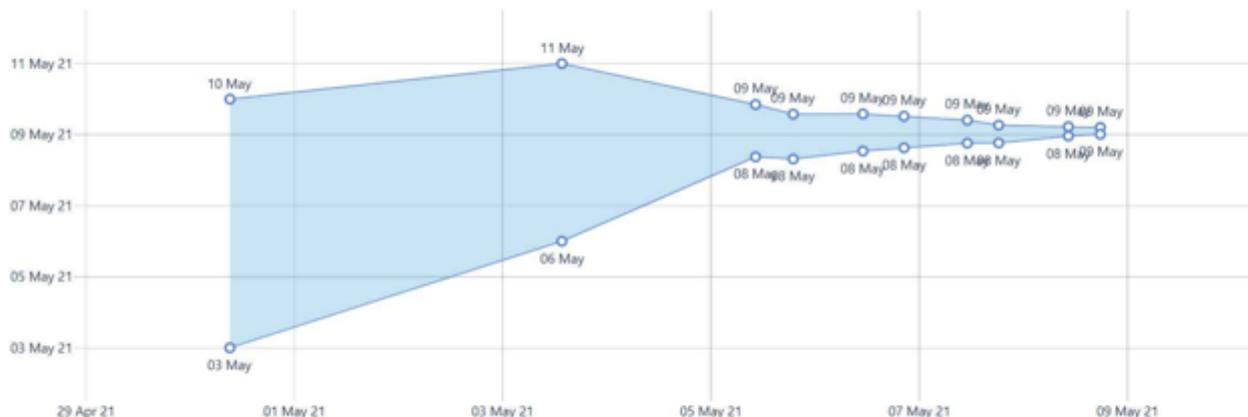
Sans moteurs ré-allumables, l'étage central du lanceur, de 30 m de long sur 5 m de diamètre pour environ 20 tonnes de masse sèche, avait été "abandonné" à près de 28 000 km/h, sur une orbite de 375 x 170 kilomètres, rendant quasiment impossible toute estimation fiable sur son point d'entrée dans l'atmosphère et donc sur le point de chute de ses débris sur Terre.

En effet, les rentrées incontrôlées sont difficiles à prévoir, en raison de la dynamique complexe de la haute atmosphère et de l'incertitude sur l'évolution de l'objet rentrant.

Les fenêtres de prédiction de rentrée s'étaient ainsi sur plusieurs jours après le lancement, et se rétrécissaient dans une fenêtre de 2 heures, 4 heures avant la rentrée prévue.

Or, 2 heures d'incertitude dans la prévision de l'instant de rentrée, c'est environ 60 000 kilomètres d'imprécision dans la localisation géographique du point d'impact final des débris potentiels !

Object CZ-5B R/B - Re-entry window evolution

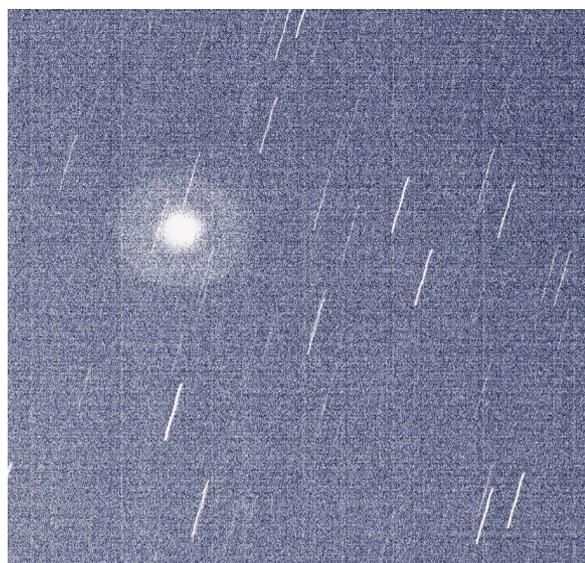


Evolution des estimations de la rentrée atmosphérique de la Long March 5B par l'EU-SST

Compte tenu de son inclinaison orbitale (entre 41,1 degrés de latitude nord et sud), le lanceur aurait pu tomber à peu près n'importe où, dans une région limitée au nord par New-York, Madrid et Pékin et au sud, par la pointe du Chili et Wellington (Nouvelle-Zélande).

Au final, les restes* de l'étage de la Long March 5B après sa désintégration dans l'atmosphère, ont été précipités dans l'Océan Indien au large des Maldives, sans causer de dommage ...

* il est en effet probable que certains de ses composants résistant aux hautes températures, tels que les réservoirs et les moteurs en acier inoxydable ou en titane, aient survécu à leur plongée dans l'atmosphère terrestre.



*Image de la chute de l'étage central de la Long March 5B publiée par l'agence spatiale russe Roscosmos, le 7 mai 2021
Crédit image : Roscosmos*



Carte représentant la trajectoire finale approximative et les deux points de chute indiqués respectivement par la Chine et par le CSpOC - crédit photo : Marco Langbroek

Le retour sur Terre de satellites en fin de vie et d'anciens étages de lanceurs est beaucoup plus fréquent qu'on ne le pense, mais les objets rentrant avec des masses de plusieurs tonnes sont rares. Le dernier en date était la station soviétique Salyut 7 (d'une masse d'environ 37 tonnes) désorbitée de façon non contrôlée en 1991, et dont les restes se disloquèrent au-dessus de l'Argentine, heureusement sans faire de victimes

L'engin le plus massif qui soit rentré dans l'atmosphère depuis l'orbite, fut la station russe Mir (pesant environ 130 tonnes), qui, il y a 20 ans, achevait sa mission dans un véritable feu d'artifice à haut risque au-dessus de l'océan Pacifique Sud, après une désorbitation parfaitement guidée. Cette rentrée contrôlée fut la 1^{ère} de l'histoire.

La plupart des débris spatiaux qui reviennent sur Terre brûlent dans l'atmosphère.

Ensuite, tout ce qui reste intact (en théorie, environ 10 à 30 % de la masse des objets) tombe généralement dans une masse d'eau, car l'eau couvre plus des deux tiers de la surface de notre globe et l'humanité est répartie sur environ 26 % des terres habitables (les terres émergées occupent 29,3 % du globe).

Le risque que la chute d'un débris spatial occasionne des dégâts matériels, voire des pertes humaines, s'il n'est pas nul, reste tout de même faible.

L'événement interroge néanmoins sur la sécurité des rentrées non contrôlées, en particulier de gros objets spatiaux (> 10 tonnes), d'autant plus qu'il existe un vide juridique.

A ce jour, il n'y a pas de droit ou de règle internationale contraignante, qui impose de protocole de retour d'orbite.

Le seul cadre juridique international existant est fondé sur une Convention conclue en 1972 (ratifiée par la Chine) selon laquelle un Etat peut exiger la réparation financière d'un dommage causé par la chute d'un engin spatial lancé par un autre Etat.

En outre, des directives adoptées par l'Assemblée Générale des Nations Unies recommandent " les meilleures pratiques " pour la prévention et la limitation des risques des débris spatiaux, mais leur non-respect n'a aucune valeur juridique contraignante.

Et on a vu ces dernières années, beaucoup d'États transposer ces directives dans leur réglementation nationale, c'est notamment le cas en France où une loi relative aux opérations spatiales (LOS) a été promulguée en 2008. La mise en œuvre de ces réglementations au niveau mondial reste néanmoins très progressive, avec une diligence propre à chaque pays, et surtout, il n'y a pas de conséquences juridiques en cas de non-conformité, car l'ONU n'a pas le pouvoir d'imposer des sanctions en la matière.

Les observateurs internationaux s'émeuvent donc de constater que la Chine ne change pas d'attitude en continuant à accepter sciemment les risques de rentrées atmosphériques naturelles, et donc aléatoires. Une situation inenvisageable aux Etats-Unis ou en Europe, où aucun gouvernement n'accepterait un risque aussi grave.

En effet, la Chine semble ne pas prévoir de modification de son lanceur pour contrôler son retour sur Terre, alors que d'autres lancements sont programmés pour finaliser la construction de la station chinoise et assurer son maintien en conditions opérationnelles.

Pourtant l'événement chinois a un air de déjà-vu, car à la suite de son vol inaugural en mai 2020, les débris de la Long March 5B étaient retombés en grande partie dans l'Océan Atlantique, mais certains avaient atterri dans des villages habités en Côte d'Ivoire, n'occasionnant heureusement que des dégâts matériels.

Mais en l'absence de cadre juridique contraignant, il est compliqué pour la communauté spatiale internationale de contraindre la Chine, dont la transparence est toute relative, à respecter les règles de bonnes pratiques édictées par les organisations autorisées.

On n'a donc pas fini de parler des lanceurs chinois ...

3 Pour se distraire (et plus si affinités)

3.1 Le nouveau quiz image : une « pléiades » de pixels

Proposé par Gil Denis

Dans la lettre d'information du mois de mai, une brève annonçait le [lancement du premier satellite Pléiades Neo](#) et l'acquisition des premières images.

Voici notre nouveau quiz avec deux images mystères prises par le satellite Pléiades Neo pendant les opérations de recette en vol précédant sa mise en service opérationnelle.

Savez-vous identifier les deux bâtiments visibles sur ces images. Les fans de James Bond devraient facilement identifier cette ville. Merci d'envoyer votre réponse à l'adresse suivante : communication@amis-cite-espace.org.



Le quiz du mois : extraits de deux des premières images acquises par le satellite Pléiades Neo.

Crédit image : Airbus DS 2021

Le premier satellite Pléiades Neo inaugure une toute nouvelle génération de satellites d'observation optiques permettant de voir un niveau de détail inédit pour des satellites commerciaux européens : 30 cm de résolution au sol. Avec un tel niveau de détail, la frontière entre les satellites civils et les satellites militaires devient de plus en plus floue...

Plusieurs défis techniques ont été relevés par les ingénieurs d'Airbus Defence and Space pour atteindre cette résolution sans renoncer à d'autres caractéristiques comme la fauchée (la largeur de la bande de terrain balayée au cours d'un passage) ou l'agilité du satellite (la capacité à pointer rapidement une zone à gauche ou à droite de la verticale de l'orbite).

Le premier satellite a été baptisé Pléiades Neo 3 pour montrer la continuité de mission (avec des performances améliorées) avec la précédente génération de satellites Pléiades (Pléiades-1A et Pléiades-1B). Le lancement du deuxième, Pléiades Neo 4 (vous suivez toujours ?) est prévu en août 2021.

Deux articles du blog Un autre regard sur la Terre présentent d'autres images de Pléiades Neo avec des explications plus complètes : [la première série d'images publiée en mai](#) et [une image très spectaculaire du cimetière d'avions de Tucson en Arizona](#).

3.2 La réponse du quiz de mai 2021 : on dirait le sud...

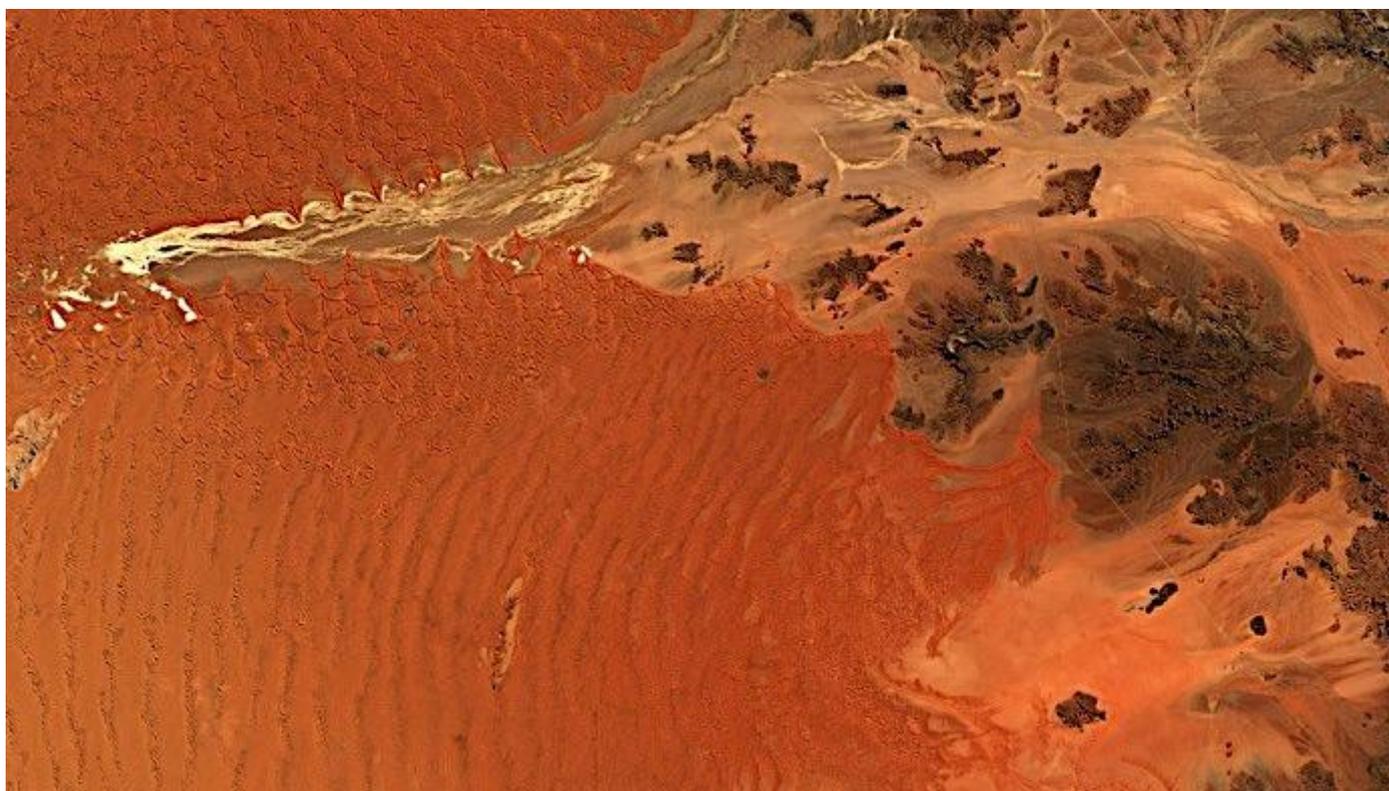
L'image mystère du mois de mai était connue : l'île de Sainte-Hélène. La question était de trouver sa position sur une carte...

Sainte-Hélène est dans l'hémisphère sud, dans l'océan atlantique, à près de 1900 km au large de l'extrémité nord-ouest de la Namibie, à la frontière avec l'Angola. L'île de 122 km² est à l'ouest du méridien de Greenwich (5°42'O) Sa latitude est d'environ 16°S.

Si vous êtes fan de Napoléon Bonaparte, vous pouvez envisager un voyage sur place mais le trajet n'est pas simple, que ce soit en bateau ou en avion.

Si vous voulez voyager dans cette région, je vous recommande de pousser un peu plus vers le sud, pratiquement à la latitude du tropique du Cancer, et de viser plutôt la Namibie et ses paysages grandioses : l'image suivante acquise le 25 juin par le satellite Sentinel-2 pourrait par exemple vous donner envie d'aller faire un tour vers Sossuvlei, le site touristique le plus visité de Namibie : un désert de sel et d'argile dans le désert du Namib.

Alimenté par la rivière Tsauchab, l'endroit est connu pour ses hautes dunes de sable rouge formant une mer de sable.



En Namibie, Sossuvlei et la rivière Tsauchab. Image du satellite Sentinel-2 acquise le 25 juin 2021.

Crédit image : ESA / Copernicus / Commission européenne

3.3 A lire, à voir... Des suggestions de nos adhérents

3.3.1 Gagarine : un film qui donne envie de retourner au cinéma

Recommandé par Gil Denis

Ce n'est pas un film sur [Youri Gagarine, le premier homme à aller dans l'espace](#) et à boucler une orbite autour de la Terre.

Dans ce film sélectionné pour le festival de Cannes 2020, les deux personnes principaux sont Gagarine, un immense immeuble d'Ivry-sur-Seine condamné à la démolition et Youri, un jeune de 16 ans, passionné d'espace, habitant la Cité Gagarine et qui va tout faire pour empêcher sa destruction.

Ses talents de « bricolage » et son rêve de devenir cosmonaute vont l'amener à transformer la Cité Gagarine en vaisseau spatial, avec la complicité de Diana, Houssam et des habitants du quartier.

[Gagarine est le premier long métrage de Fanny Liatard et Jérémy Trouilh](#), réalisé après un court-métrage déjà consacré en 2015 à la Cité Gagarine.

Les deux auteurs portent un regard singulier, bienveillant et parfois fantastique sur la banlieue et ses habitants, très loin de celui de Ladj Ly dans « Les misérables » que je recommande également vivement.

La conquête spatiale et le rêve de s'évader dans l'espace servent de fil conducteur à ce film qui combine réalisme et onirisme. Les acteurs sont tous excellents, avec une mention spéciale à Alséni Bathily pour sa première apparition au cinéma et à Lyna Khoudri, jeunes actrices déjà expérimentées, dont l'interprétation est éblouissante.



Gagarine : un film de Fanny Liatard et Jérémy Trouilh. Haut et Court Distribution

3.3.2 Vidéo Chemcam

Proposée par Michelle Bousquet

Vous pouvez accompagner vos enfants et petits enfants en leur faisant "la lecture" de cette vidéo.

https://youtu.be/ASbBGO_2M1Q



Lettre d'information des Amis de la Cité de l'espace

Directeur de la Publication : Gil Denis
Responsable d'édition : Anne-Marie Laborde
Responsable Comité de lecture : Michel Bouffard
Responsable Communication : Édith Cassart

Contact : communication@amis-cite-espace.org
<https://www.amis-cite-espace.org>

Ont participé à ce numéro :

Marie-Ange Albouy, Michelle Bousquet, Gil Denis, Geneviève Gargir, Philippe Marchal, Eric Tronche,
Serge Gracieux (illustration du concours de dessin)

Crédits photos :

ESA/Copernicus/Commission européenne, Airbus DS, Marco Langbroek, CASC, NASA, ESA, SpaceX, Eric Tronche,
Thomas Pesquet, Elon Musk, CNSA, NASA/JPL-Caltech/MSSS, NASA/JSC, Roscosmos, Gil Denis



Les Amis de la Cité de l'espace est une association à but non lucratif créée en 1997.

Reconnue d'intérêt général, elle a pour vocation de promouvoir auprès de tous les publics, et notamment les plus jeunes, les sciences, techniques et applications spatiales.

Elle utilise les installations de la Cité de l'espace à Toulouse pour son action de diffusion de la culture scientifique, technique et industrielle.

Pour adhérer, c'est [ici](#)

Pour vous désinscrire, c'est [ici](#)