

Décembre 2021 – NUMERO 12

Éditorial

Voici la quatrième et dernière lettre d'information de l'année 2021. C'est l'occasion de faire un premier bilan des activités de l'Association des Amis de la Cité de l'espace depuis juin, avec un dernier trimestre particulièrement riche.

Bien que la crise sanitaire soit encore la préoccupation principale, nous avons réussi à proposer un programme riche et varié pour nos adhérents et le grand public.

Le concours de dessin, lancé en juillet 2021, a connu un succès inattendu. 120 candidats ont proposé près de 190 dessins. Cette lettre donne quelques détails sur la participation. Les lauréats ont été annoncés pendant notre soirée de remise des prix et, comme pour le concours de photographie, notre prochaine lettre d'information sera un numéro spécial présentant les meilleurs dessins.



Le dessin d'Ymélie Brosse, une des lauréates du concours Terre, espace et astronomie dans la catégorie Terre

Nous avons également eu 4 samedis découvertes depuis début juillet, avec notamment la participation de 46 personnes fin novembre pour la session sur les expériences du projet TETR'ISS.

C'est le mois de novembre qui a été notre feu d'artifice de l'année avec trois conférences pendant la première quinzaine de novembre. Je mentionnerai en particulier la conférence organisée « hors les murs » de la Cité de l'espace avec l'ISAE-SUPAERO sur le thème « De Wernher von Braun à Elon Musk : les enjeux éthiques du spatial » qui a vu une participation record (450 participants). Cette conférence, avec Jacques Arnould, Laurent Thiery et Robin Walter, précédait la journée de remise du dictionnaire sur les déportés de Dora organisée par l'AFMD avec notre support.

Le bouquet final, c'était le 14 décembre, avec une dernière conférence, celle de Christine Joblin, lauréate du Grand Prix 2021 et la présentation de l'opération « Un Ballon pour l'école », organisée par le CNES et Planète Sciences, choisie pour recevoir le premier Prix des amis.

Dans cette lettre, à côté des comptes rendus des événements récents, vous pourrez découvrir de nouveaux articles sur la saga de la Station Spatiale Internationale, une chronique de la mission de Thomas Pesquet et l'histoire de trois grands acteurs du spatial à Toulouse : le CNES, Thales Alenia Space et Airbus Defence and Space. Une nouvelle rubrique, « libres opinions » fait son apparition : nos adhérents peuvent y exprimer leur point de vue. Vous retrouvez aussi le quiz image, des suggestions de lecture (dont les bandes dessinées de Robin Walter sur Dora et Wernher von Braun) et même des jeux de société sur l'espace. Des idées de cadeaux pour Noël ?

Vous découvrirez également un aperçu des grands rendez-vous proposés pour 2022. C'est évidemment encore préliminaire mais j'espère que cela vous donnera envie d'y participer.

A propos de participation, c'est désormais le moment de renouveler votre adhésion (le bulletin d'adhésion est [ici](#)) et inciter amis et connaissances à nous rejoindre. Nous travaillons à développer les activités réservées à nos adhérents, comme cette lettre d'information ou les samedis-découvertes. Nous voulons aussi transformer notre Assemblée Générale et notre soirée de remise des prix en deux grands rendez-vous avec une partie spécialement destinée aux adhérents.

Sachez enfin que 2022 marque un nouveau cycle avec le renouvellement intégral du conseil d'administration et du bureau. C'est une raison supplémentaire pour adhérer et pouvoir ainsi exprimer votre choix. Pour ceux qui souhaitent s'impliquer bénévolement davantage dans la vie de notre association, c'est peut-être l'occasion de se porter candidat à un poste d'administrateur ou d'inciter une de vos connaissances à le devenir. Je profite de cette occasion pour saluer la mémoire d'André Richard qui nous a quittés récemment. Il fut secrétaire-général adjoint puis secrétaire de l'Association des Amis de la Cité de l'espace. Gentillesse et bienveillance sont les deux mots qui résument, à mon avis, le mieux sa personnalité.

Je vous souhaite de très bonnes fêtes de fin d'année, en famille ou avec vos amis. Portez-vous bien.

Gil Denis,

Président de l'AACE



La soirée de remise des prix du 14 décembre 2021 : à gauche, présentation de l'opération Un ballon pour l'école (Prix des Amis 2021). A droite, conférence de Christine Joblin-Toublanc (Grand Prix 2021).

Crédit : Gil denis (AACE)

SOMMAIRE

1	Actualités.....	4
1.1	Calendrier des évènements AACE 2022	4
1.2	Évènements 4 ^{ème} trimestre 2021	5
1.2.1	Conférence « les Enjeux éthiques du spatial » à l'ISAE – Supaero et conférence « Opérations spatiales militaires, enjeux et perspectives »	5
1.2.2	Journée DORA	7
1.2.3	Table ronde sur « l'exploration spatiale de Mars : présent et futur ».....	8
1.2.4	Grande soirée de remise des prix – concours de dessin- conférence de Christine Joblin-Troublanc.....	8
1.2.5	Terre, espace et astronomie : un premier bilan du concours de dessin 2021 ..	9
1.3	Ressources recommandées par nos adhérents sur le WEB.....	10
2	Articles thématiques	11
2.1	Le fabuleux destin de... la Station Spatiale Internationale, l'ISS	11
2.2	Dans les bagages de Thomas Pesquet.....	18
2.3	Histoires toulousaines	28
2.3.1	Thomson Espace, Alcatel Espace, Thales Alenia Space.....	28
2.3.2	Branche espace de MATRA	30
2.3.3	Le CNES : Centre spatial de Toulouse.....	31
3	Libres opinions.....	34
3.1	Ariane VS SpaceX.....	34
3.2	Regard sur le tourisme dans l'espace	35
4	Pour se distraire (et plus si affinités)	36
4.1	Le quiz : réponse du quiz de juillet 2021 et quiz du mois de décembre.....	36
4.2	Partez vers la Lune en jeu de société.....	37
4.3	A lire, à voir... Des suggestions de nos adhérents	38
4.3.1	Collection « Dr. Albert présente » aux éditions Nathan	38
4.3.2	Bandes dessinées de Robin Walter KZ DORA et Von Braun	39

1 Actualités

1.1 Calendrier des évènements AAACE 2022

Voici une première version de notre programme 2022. Les dates sont prévisionnelles et sont mises à jour sur [le blog des Amis de la Cité de l'espace](#).

Date	Évènement	Intervenant
Mercredi 23 février	Copernicus et les missions Sentinel : la contribution de l'Agence Spatiale Européenne <i>Conférence / RDV Espace : Organisé par l'AAACE</i>	Olivier Arino (ESA)
Mercredi 9 mars	Géopolitique spatiale : les initiatives privées changent-elles la donne ? <i>Conférence / RDV Espace : Organisé par l'AAACE</i>	Xavier Pasco Directeur de la Fondation pour la Recherche Stratégique
Lundi 7 mars	Assemblée Générale AAACE	AAACE
Mercredi 23 mars	New Space, quoi de neuf en France et en Europe ? - Economie spatiale et start-ups françaises et européennes <i>Conférence / RDV Espace : Organisé par l'AAACE en partenariat avec l'association 3AF et CNES</i>	
Mercredi 13 avril	La Politique spatiale Européenne et ses enjeux <i>Conférence / RDV Espace : Organisé par l'AAACE</i>	Christophe Venet, Directeur de l'Europe et de l'International au CNES
Mercredi 18 mai	Kinéis – HEMERIA : un projet ambitieux de constellation européenne <i>Conférence / RDV Espace : Organisé par l'association 3AF et le CNES</i>	Rémi Ferrier (Kinéis) et Arnaud Varinois (HEMERIA)
Mercredi 1 ^{er} juin	Space X, décryptage d'une success story <i>Conférence / RDV Espace : Organisé par l'association 3AF et le CNES, en partenariat avec l'AAACE</i>	Christophe Bonnal , expert senior au CNES
Mardi 20 ou mercredi 21 septembre	Table ronde : Exploration spatiale de Mars : présent et futur (2^{ème} Partie) <i>Avec le LANCEMENT D'EXOMARS (Fenêtre de lancement du 20 sept. au 1^{er} oct. – 15h10 et 13h15 TU)</i> Organisée par l'AAACE	
Mercredi 19 octobre	« De SPOT à Pléiades Neo : les plus belles images des satellites d'observation nés à Toulouse » , Plus qu'une conférence, un voyage en images autour du monde sur grand écran pour découvrir les satellites d'observation et leurs applications. Organisé par AAACE en partenariat avec AIRBUS	Fabienne Grazzini et Gil Denis (Airbus Defence and Space).

Mercredi 9 ou 16 novembre	Le James Web Space Telescope, bilan de mise à poste, recette en vol et premières observations <i>Conférence / RDV Espace</i> : Organisé par la 3AF en partenariat avec l'AACE, CNES, CEA, IAS	
Mercredi 7 ou 14 décembre	Mega-constellation, un bras de fer entre régulateurs et GAFA <i>Conférence / RDV Espace</i> : Organisé par l'association 3AF et le CNES, FCC, ONEWEB, UE.	

Concernant les samedis « visites découvertes », les dates retenues, à raison d'une fois par mois, seront les derniers samedis de chaque mois. Toutefois les programmes et thèmes choisis ne sont pas encore définis car dépendants en partie des astreintes fixées par la Cité de l'Espace pour les intervenants. Un programme prévisionnel vous sera communiqué lors de l'AG à venir.

1.2 Évènements 4^{ème} trimestre 2021

Article rédigé par Geneviève Gargir, Paul Andrieu, Lionel D'Uston et Gil Denis

Plusieurs événements ont marqué cette fin d'année 2021, notamment quatre conférences en novembre et notre soirée annuelle de remise des prix :

- Le 2 novembre : Conférence « les Enjeux éthiques du spatial » à l'ISAE – Supaero
- Le 3 novembre : Conférence et événement autour de la sortie et signature « Le livre des 9000 déportés de France à Mittelbau-Dora », avec la conférence « De l'Enfer de Dora à la Lune »
- Le 4 novembre : Conférence « Opérations spatiales militaires, enjeux et perspectives »
- Le 10 novembre : Table ronde sur « l'exploration spatiale de Mars : présent et futur ».

Bien que regroupées toutes début novembre, ces conférences ont remporté un très grand succès, auprès d'un très large public.

- Le 14 décembre : Remise des prix des Amis 2021, du Grand prix 2021 et annonce des lauréats du concours de dessin, conférence de Christine Joblin-Toublanc : « voyage dans le nanocosmos »

1.2.1 Conférence « les Enjeux éthiques du spatial » à l'ISAE – Supaero et conférence « Opérations spatiales militaires, enjeux et perspectives »

- **Conférence « De Wernher von Braun à Elon Musk : les enjeux éthiques du spatial »**

Pour la première fois, l'Association des Amis de la Cité de l'espace organisait une conférence « hors les murs » en partenariat avec l'ISAE-SUPAERO : le 2 novembre, Jacques Arnould (CNES), Gil Denis, Laurent Thiery (La Coupole) et Robin Walter (Auteur des BD KZ Dora et Von Braun) ont abordé les enjeux éthiques des activités spatiales devant un public très nombreux : près de 400 personnes, avec une majorité d'étudiants de l'ISAE-SUPAERO et une centaine de participants extérieurs, dont des lycéens et des collégiens, y ont assisté. Le bureau de l'AFMD (Amis de la Fondation pour la Mémoire des Déportés) était également présent au complet.

En 1945, Wernher Von Braun, qui a conçu les missiles V2 pour l'Allemagne nazie est recruté par les Américains. Il jouera un rôle clé dans l'aventure spatiale américaine, avec la mise en orbite de leur premier satellite puis l'envoi des premiers hommes sur la Lune. En 2021, Elon Musk travaille à la

colonisation de l'espace et a envoyé en septembre 4 touristes en orbite autour de la Terre. Tourisme spatial, colonisation de la Lune et de Mars, militarisation de l'espace, débris... Avec le développement du « New Space », la question de l'éthique des activités spatiales prend une importance accrue.

Après une introduction sur Wernher Von Braun et les nouveaux entrepreneurs du spatiale, les intervenants ont abordé successivement la face sombre des débuts de la conquête spatiale, l'importance de sensibiliser les jeunes aux questions d'éthique, par exemple à travers la bande dessinée. Jacques Arnould, conseiller éthique du CNES, a présenté un panorama plus large des questions d'éthique soulevées par les activités spatiales au XXIème siècle. Les exposés ont été suivis d'un échange très riche avec la salle. La conférence sera mise en ligne sur la chaîne YouTube de l'AACE.



*Un des trois amphithéâtres de l'ISAE-SUPAERO utilisés pendant la conférence du 2 novembre.
Crédit photo : Gil Denis*

- **Conférence « le Commandement de l'Espace et les opérations spatiales militaires »**

Initialement programmée en novembre 2021 mais reportée plusieurs fois à cause de la situation sanitaire, la conférence du Commandement de l'espace a finalement eu lieu le 4 novembre 2021 en salle IMAX.

Elle a été assurée par le Colonel Guillaume Bourdeloux. Pilote de chasse, colonel de l'Armée de l'air et de l'espace, Guillaume Bourdeloux commande la brigade aérienne des opérations spatiales du Commandement de l'Espace depuis septembre 2021.

Face à un contexte géostratégique qui se durcit, selon une logique compétition – contestation – affrontement, le colonel Bourdeloux a présenté la façon dont le commandement de l'espace conduit les opérations spatiales militaires et se prépare aux enjeux de demain. Après avoir présenté les principales menaces, il a décrit les moyens techniques que la France utilisait. Il a également abordé les défis calendaires de l'installation à Toulouse du Commandement de l'espace, de la formation et du recrutement de nouveaux experts.

170 personnes, dont une trentaine d'adhérents, ont assisté à la conférence. Pour la première fois, les Amis de la Cité de l'espace, grâce à Hervé Schindler, ont mis en place un dispositif de « scribing » (facilitation graphique).



Le Colonel Bourdeloux et ses adjoints présentent le résultat du « scribing » d'Hervé Schindler à la fin de la conférence du 4 novembre. Crédit photo : Gil Denis

1.2.2 Journée DORA

La journée du 3 novembre 2021 a été organisée à la Cité de l'Espace à Toulouse pour la remise de la Bibliographie des 9000 Déportés de France à DORA MITTELBAU

L'incroyable livre qui redonne vie aux 9000 déportés de France à Dora- Mittelbau est terminé. Malgré les reports créés par la covid, il peut être enfin remis aux Familles de Déportés de ce camp de concentration et d'extermination par le travail, un exemple de toutes les horreurs qu'ont pu commettre les nazis.

Fruit de près de 2 décennies de recherche de recoupement de milliers d'archives, de mobilisation d'historiens, de professeurs, d'archivistes et de bénévoles, ce livre rend justice à l'engagement et au combat mené par les Déportés contre le nazisme.

L'ouvrage dirigé par Laurent THIERY Historien à la Coupole résulte d'une promesse faite par les éditions du Cherche-midi et du centre d'histoire de la Coupole en 1998 auprès des survivants du camp réunis au sein de l'Amicale Dora-Elrich.

Le mardi 3 novembre 2021, après trois reports depuis 2019, la manifestation officielle pour la remise du livre aux Familles de Déportés de la métropole de Toulouse et ses environs a enfin pu avoir lieu, organisée par la Cité de l'espace, les Amis de la Fondation pour la Mémoire de la Déportation, le Musée Départemental de la Résistance et de la Déportation et la Coupole et, Novembre 2021 en partenariat avec l' Association Nationale des Anciens Combattants, L'Association des Amis de la Cité de l'espace, le Cherche midi (éditeur), le Département de la Haute-Garonne et la Région Midi-Pyrénées.

En matinée, de 10 heures à midi le musée de la Résistance et de la Déportation a reçu pour des visites guidées un groupe de jeunes de l'EPIDE (Établissement pour l'insertion dans l'emploi), plusieurs Familles de Déportés inscrites à la Journée et les deux conférenciers intervenant à la soirée, Laurent THIERY et Robin WALTER auteur de BD sur Dora et Von Braun.

A partir de 14h30 dans les locaux de la Cité de l'espace, bâtiment ASTRALIA, furent accueillis les Autorités ou les Représentants des 50 Familles inscrites pour la remise du Livre.

La cérémonie qui débuta par les discours officiels et un temps de commémoration à la mémoire des Déportés, fut suivie par la présentation du dictionnaire faite par Laurent THIERY, son auteur suivie de la remise d'un exemplaire à chacune des Famille de Déportés de la Région.

1.2.3 Table ronde sur « l'exploration spatiale de Mars : présent et futur »

Cette table ronde, animée par Philippe Droneau de la Cité de l'Espace, a permis de faire intervenir plusieurs spécialistes des missions martiennes : **Sylvestre Maurice** (IRAP), spécialiste de l'exploration de Mars, PI de ChemCam et SuperCam, **Jérémy Lasue** (IRAP), spécialiste de l'exploration de Mars et des petits corps, **Pierre Bousquet** (Chef de projet Instrumentation au CNES), et **Georges-Emmanuel Gleizes** (Historien des sciences spatiales).

Les discussions ont permis de présenter les résultats des missions martiennes actuelles, notamment les rovers Curiosity, Perseverance et l'atterrisseur Insight ; ainsi que la préparation du retour des échantillons martiens de Perseverance à l'horizon 2030. Le contexte géopolitique de l'exploration a été évoqué notamment les collaborations et les concurrences entre les principales nations spatiales que sont les Etats-Unis, l'Europe, la Russie, la Chine, l'Inde, le Japon et les Emirats Arabes Unis. Environ 140 personnes ont pu assister à cette soirée ; soit un public assez varié et notamment de nombreux jeunes. Le débat qui a suivi a permis de soulever beaucoup de questions, en particulier concernant le futur des missions martiennes et de l'exploration planétaire. Aussi il a été acté qu'une seconde partie serait programmée en 2022 afin d'ouvrir toutes ces questions et les perspectives associées.

1.2.4 Grande soirée de remise des prix – concours de dessin- conférence de Christine Joblin-Troublanc

Après des traditionnels mots de bienvenue prononcés par la Cité de l'Espace et par le Président de l'AACE, la soirée a commencé par l'annonce des lauréats du concours de dessin 2021 (voir l'article présentant le premier bilan du concours de dessin).

Prix des amis

La soirée a également vu la remise du **Prix des amis** à l'opération « **Un ballon pour l'école** » qui depuis 1992 permet aux élèves (écoliers, collégiens ou lycéens) de concevoir et réaliser des nacelles expérimentales embarquées sous des ballons stratosphériques. Ce prix collectif a été remis à Nicolas Verdier, Michel Maignan et Eric Couffin en tant que représentants de l'opération « **Un ballon pour l'école** » organisée conjointement par le CNES (Centre National d'Etudes Spatiales) et l'association Planète Sciences. Ils ont présenté les objectifs et le déroulement de cette opération à l'assemblée des participants à la soirée.

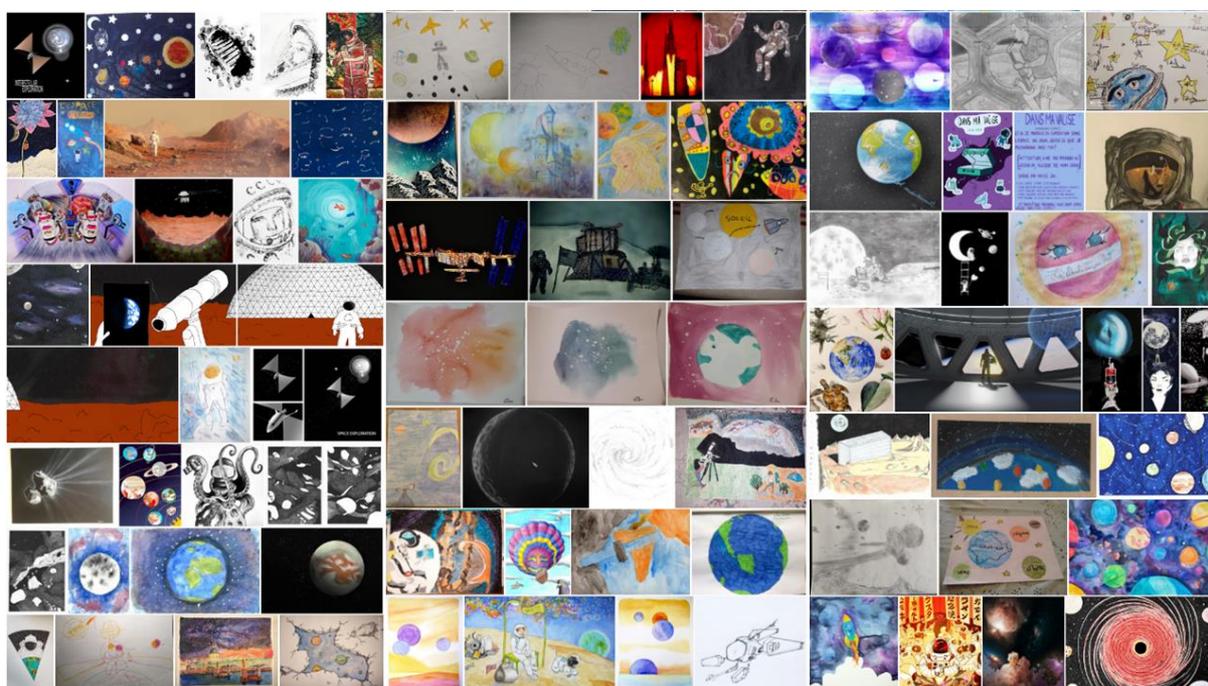
Grand Prix

Le Grand Prix 2021 a été attribué à **Christine Joblin-Toublanc**, astrophysicienne, directrice de recherche au CNRS / IRAP Toulouse (Institut de Recherche en Astrophysique et Planétologie) pour l'ensemble de sa carrière. Elle a ensuite présenté une conférence intitulée : « Voyage dans le nanocosmos : de l'astronomie infrarouge à la physique de laboratoire »

Christine Joblin-Toublanc est directrice de recherche au CNRS et travaille à l'Institut de Recherche en Astrophysique et Planétologie. C'est une experte des grandes molécules carbonées dans les milieux astrophysiques, telles les hydrocarbures aromatiques polycycliques et les fullerènes. Elle met à profit

une approche d'astrophysique de laboratoire impliquant des dispositifs expérimentaux dédiés, afin d'étudier l'évolution physico-chimique de ces molécules dans les conditions du milieu interstellaire. Son activité s'est récemment étendue à la question de la formation des poussières d'étoiles, grâce à la synergie créée dans le cadre du projet Nanocosmos financé par le Conseil Européen de la Recherche.

1.2.5 Terre, espace et astronomie : un premier bilan du concours de dessin 2021



Un aperçu de quelques dessins présentés au concours Terre, Espace et Astronomie

Lancé en juillet 2021, notre premier concours de dessin a connu un succès inattendu : 180 candidats se sont inscrits et 120 d'entre eux ont envoyé un total de 186 dessins.

Trois catégories étaient proposées : Terre, Espace et Astronomie. Toutes les techniques de dessin, y compris les outils numériques, étaient autorisées et nous avons eu une très grande diversité de créations. La grande diversité également dans l'âge des candidats, entre 4 et 64 ans, nous a amenés à créer trois tranches d'âge.

Je remercie vivement Joëlle Guinle et Anne Serfass-Denis qui ont assuré la gestion des inscriptions et la préparation des délibérations du jury avec la création de 9 albums de dessin et d'une présentation de tous les candidats.

C'est un travail colossal effectué bénévolement.

	Terre	Espace	Astronomie
Moins de 13 ans	7	29	22
Moins de 25 ans	8	29	27
25 ans et plus	11	32	21
Total	26	90	70

Le jury était composé de membres de l'association (Michelle Bousquet, Edith Cassart, Gil Denis, Jean-Claude Lestriez et Joëlle Guinle en tant qu'observatrice), de représentants de la Cité de l'espace (Christophe Chaffardon et Sandra Henry-Baudot) et de personnes indépendantes : Fabienne Grazzini

(Airbus DS), Sophie Guiraudon (Directrice de Planète Sciences), Isabelle Desenclos, Isabelle Filippini, Anne Gru et Alice Thomas (blogueuses et space geeks), Sylvie Vauclair (Astrophysicienne), Robin Walter (Auteur de BD).

En parallèle 18 adhérents volontaires ont décerné les mentions prix des adhérents. La qualité des dessins proposés a rendu le choix difficile. Néanmoins, dans chaque catégorie et chaque tranche d'âge, le podium d'arrivée est assez net, avec une bonne convergence entre le choix du jury et celui des adhérents. Au-delà de la compétition, ce concours a surtout été l'occasion de faire un beau voyage autour de la Terre et dans l'espace. Il fera l'objet d'une lettre d'information spéciale en janvier 2022.

1.3 Ressources recommandées par nos adhérents sur le WEB

Proposé par Marie-Ange Albouy

L'exploration scientifique de Mars bat son plein, avec aujourd'hui 12 engins en activité sur et autour de la planète rouge.

D'autres missions sont en préparation, en particulier la mission européenne ExoMars et son rover R.Franklin, et la mission japonaise MMX (Martian Moons Exploration) de retour d'échantillons des lunes de Mars.

Dans toutes ces activités, Toulouse tient une place de choix grâce à l'excellence de son tissu d'ingénieurs et de scientifiques spatiaux.

L'article (cf. lien ci-dessous) extrait du site Exploreur de l'Université Fédérale Toulouse Midi-Pyrénées nous en propose une belle démonstration.

<https://exploreur.univ-toulouse.fr/lexploration-de-mars-selabore-et-se-pilote-depuis-toulouse>

2 Articles thématiques

2.1 Le fabuleux destin de... la Station Spatiale Internationale, l'ISS

Article rédigé par Philippe Marchal

Thomas Pesquet est de retour sur Terre après 6 mois dans l'espace pour sa 2^{ème} mission à bord de l'**ISS** ou **Station Spatiale Internationale**. C'est l'occasion de revenir sur la fabuleuse histoire de ce complexe orbital.

Plus gros objet artificiel en orbite terrestre, avec 110 mètres de longueur et une masse de 420 tonnes, déployant plus de 2500 m² de panneaux solaires, composé de 16 modules pressurisés, l'**ISS** s'est construite petit à petit. Son histoire est celle d'une grande épopée spatiale, mais aussi d'une longue et exemplaire collaboration internationale.

Dans les années 70, la compétition spatiale fait rage entre les Américains et les Soviétiques...les 2 puissances se rendent coup pour coup pour l'exploitation habitée de l'orbite basse terrestre, qui est devenu le nouvel enjeu après la course à la Lune.

Lorsque **Salyout 1**, la toute 1^{ère} station spatiale au monde, est mis en orbite en 1971, les États-Unis répliquent en 1973, par le projet **Skylab** utilisant le 3^{ème} étage du lanceur lunaire Saturn V.

Ces premières stations sont composées d'un unique bloc structurel, placé directement en orbite par son lanceur.

Mais c'est l'Union Soviétique avec la station **Mir**, qui lance en 1986 le développement de la 1^{ère} station spatiale modulaire, c'est-à-dire constituée de modules construits séparément sur Terre pour être ensuite assemblés dans l'espace, à la façon d'un lego. La station **Mir** avec ses 7 modules sera la plus grosse construction humaine réalisée dans l'espace jusqu'à sa mise à la retraite et sa désorbitation au-dessus du Pacifique, en 2001.



La station Mir en janvier 1997 ©NASA
(Photo prise de la navette spatiale américaine)

Les Américains ne lâchent pas prise et le 25 janvier 1984, c'est-à-dire 10 après la fin de l'exploitation de Skylab, le président **Ronald Reagan** annonce, lors de son discours sur l'état de l'Union, l'intention

de l'Amérique de construire une station spatiale habitée en permanence, pour la recherche scientifique.

La **NASA** s'attèle donc au projet et met en place le programme **Freedom**. La structure orbitale prévoit d'intégrer à son bord un laboratoire, des quartiers de vie et une infirmerie entièrement équipée.

Le projet n'ira pas aussi loin que le Président américain l'avait envisagé, la catastrophe de la navette Challenger le 28 janvier 1986 retardant considérablement le programme dont le coût à achèvement explose, le programme **Freedom** est abandonné.

Dans le même temps, l'URSS s'effondre et l'industrie spatiale russe manque cruellement d'argent. Les États-Unis saisissent alors l'opportunité de récupérer l'extraordinaire expertise russe en matière de longs séjours spatiaux habités. Et de là naît l'idée d'une collaboration russo-américaine : le programme **Shuttle-Mir**, qui marque la fin de la guerre froide.

Cette collaboration restera à jamais symbolisée par le 1^{er} amarrage d'une navette spatiale américaine (**Atlantis**) à la station russe **Mir**, le 29 juin 1995.

Les deux pays jadis adversaires se mettent alors à rêver d'un gigantesque projet commun. Et grâce à la collaboration d'autres nations, dont onze Etats européens, le **Canada**, le **Japon** et le **Brésil**, ce projet voit le jour, par la signature d'un accord de coopération internationale, le 29 janvier 1998.

Il prévoit la construction d'une station spatiale internationale, initialement baptisée **Alpha**. Mais ce nom est vite abandonné car il ne plait pas aux Russes, ceux-ci considérant qu'ils sont à l'origine de la véritable première station habitée en orbite.

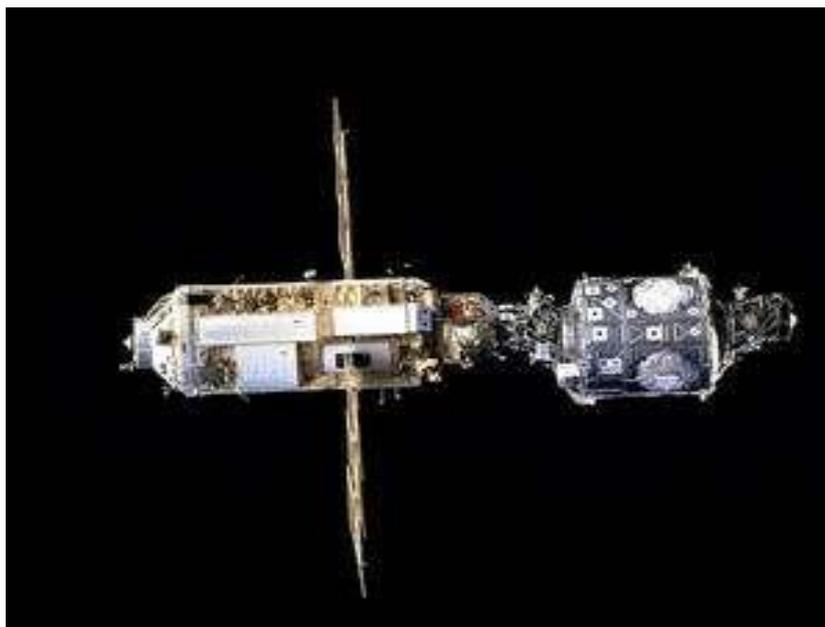
La station s'appellera donc **International Space Station, soit ISS**, pour Station Spatiale Internationale, tout simplement.

L'accord signé prévoit notamment que le droit d'utilisation et de séjour à bord de l'ISS est conditionné au prorata des investissements des différentes agences spatiales. L'agence spatiale européenne (**ESA**) dispose de 8,3 % de l'utilisation de la station et du "temps d'équipage".



Le 29/01/1998, 15 pays signent des accords de coopération avec les Etats-Unis pour la construction de l'ISS ©NASA

Le 20 novembre 1998, le lancement du module russe **Zarya** inaugure l'assemblage de l'ISS. Ce module autonome prend en charge l'alimentation électrique, la régulation thermique, ainsi que la navigation, la propulsion et les télécommunications de la Station. Un mois plus tard, la navette **Endeavour** et son équipage (STS-88) amarrent à **Zarya** le nœud de jonction numéro 1 (**Unity**), qui est le premier élément américain de la station. Le projet est amorcé.



Zarya et Unity (à droite), les deux premiers modules de l'ISS, lancés en 1998 ©NASA

2 ans plus tard, le 31 octobre 2000, le premier équipage permanent décolle dans un vaisseau **Soyouz** à destination de l'ISS. Le projet commence désormais à prendre vie. Mais il se heurte assez vite à plusieurs difficultés conséquentes. En effet, des ingénieurs du monde entier doivent collaborer, dépasser leurs différences culturelles, mais surtout linguistiques ou encore logistiques. Un exemple flagrant de ces difficultés est celui des unités de mesure utilisées par chacun. Car si les Russes et les Européens se servent du système métrique, les Américains se réfèrent au vieux système impérial britannique, basé sur des mesures en pieds, en miles, en livres ou encore en Fahrenheit. Le projet de l'ISS a donc dû mettre en place un espace numérique collaboratif, symbole de l'extraordinaire engagement des partenaires.

En 2007, l'installation du nœud de jonction numéro 2 (**Harmony**) ouvre la voie à une nouvelle étape de la construction de la Station, permettant à la Nasa d'y amarrer en 2008 les laboratoires scientifiques du Japon (**Kibo**) et de l'Europe (**Columbus**).

Columbus est un des trois éléments majeurs de la contribution de l'Europe au projet. Les deux autres sont le véhicule de transfert automatique (**ATV, Automated Transport Vehicle**) et le bras robotisé **ERA European Robotic Arm**, qui après 15 ans d'attente a pu rejoindre la Station en juillet dernier, adossé au nouveau module scientifique russe **Nauka**, venu remplacer le module **Pirs**.



Dix ans après les premiers modules russes et américains, l'Europe et le Japon ont également lancé leur laboratoire scientifique (en bas de l'image) ©NASA

En 2009, le dernier segment de la grande poutre est installé, neuf ans après le lancement des premiers segments. Cette structure est la pièce maîtresse de l'ISS autour de laquelle tout est installé. Elle supporte les modules, les ports d'amarrages, le système d'entretien mobile, les panneaux solaires et quelques plateformes externes. Initialement elle devait comporter treize segments.

En 2010, la Nasa achève la construction du segment américain de la Station avec l'intégration d'un troisième nœud de jonction (**Tranquility**) et de la coupole, un poste d'observation unique. Les "nodes 2 et 3" ainsi que la coupole font également partie de la contribution de l'**ESA** à l'ISS.



L'ISS en vol ©NASA

En 2011 ont lieu les deux derniers vols des navettes **Discovery** et **Atlantis**. Ils sont pour la Nasa l'occasion d'acheminer du matériel et des pièces de rechange volumineuses car s'ouvre une période de transition pendant laquelle seuls les véhicules automatiques de l'Europe (**ATV**), du Japon (**HTV**) et de la Russie (**Progress**) seront en mesure de desservir l'ISS.



Le dernier équipage américain envoyé dans l'espace à bord d'une navette (Atlantis, STS-135) ©NASA

2014 est l'année de la cinquième et dernière mission d'un **ATV**. Depuis sa première mission en mars 2008, ce véhicule cargo automatique, réalisé sous la maîtrise d'œuvre d'Airbus Defence and Space, aura joué un rôle essentiel dans la logistique de l'ISS. Sa capacité d'emport de 7 tonnes de fret dépassait celle de tous les autres engins de ravitaillement.



L'ATV-5 Georges Lemaître photographié quelques heures avant son amarrage à la Station par le **cosmonaute russe Oleg Artemyev**. Crédit image: **Oleg Artemyev**

En 2015, la Nasa annonce que la durée de vie de la Station sera prolongée jusqu'en 2024 avec une possibilité de l'étendre jusqu'en 2028. Les dix prochaines années de la vie de l'ISS seront mises à profit pour préparer les voyages humains à destination de Mars.

Afin de ne plus dépendre des capacités russes d'accès à l'espace pour la desserte de l'ISS, la NASA décide d'ouvrir ce service au secteur privé, tant pour le transport de ses astronautes que pour l'acheminement du fret.

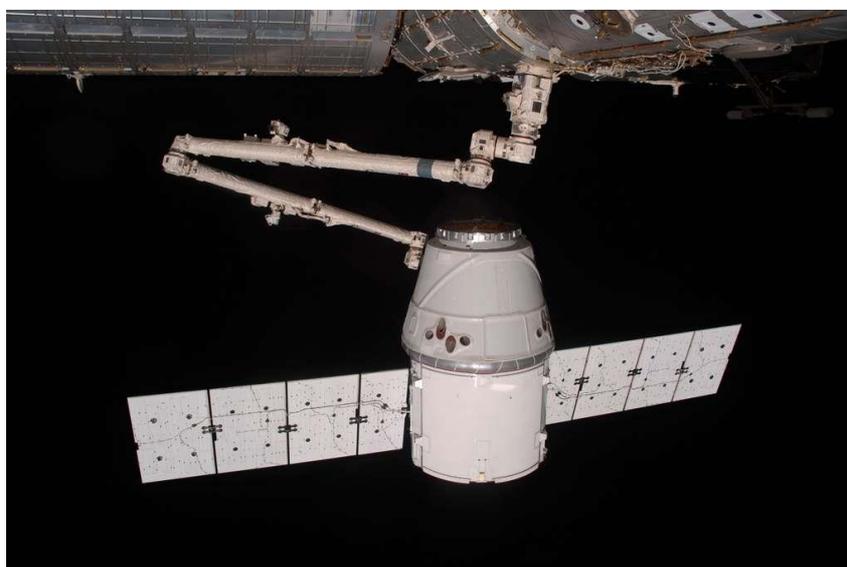
En octobre 2012, avec son vaisseau cargo **Dragon**, **SpaceX** réalise avec succès sa 1^{ère} des 12 missions de ravitaillement de l'ISS pour le compte de la NASA. Ce 1^{er} vol commercial privé inaugure la nouvelle approche du vol spatial américain, confiant au secteur privé la desserte de l'orbite basse terrestre.

En 2015, l'ISS est reconfigurée pour accueillir les véhicules de transport habités de SpaceX et de Boeing qui s'amarreront au module Harmony du secteur américain, là où les navettes avaient pour habitude d'arriver.

Et en 2020, **SpaceX** est à nouveau le 1^{er} à faire décoller un équipage dans sa capsule **Crew Dragon** pour rejoindre l'ISS, laissant son concurrent Boeing s'empêtrer dans les déconvenues techniques de sa capsule **Starliner**.

Enfin en 2021, SpaceX réussit la 1^{ère} mission opérationnelle privée de relève d'équipage avec le **Crew Dragon**, embarquant à son bord Thomas Pesquet pour son 2^{ème} séjour dans l'ISS.

Thomas avait fait un 1^{er} séjour de 6 mois dans l'ISS en 2016, il y avait alors été acheminé par un vaisseau russe **Soyouz**, devenant le quatrième astronaute français à séjourner à bord du complexe orbital, après Claudie Haigneré, Philippe Perrin et Léopold Eyharts.



Amarrage de la capsule SpaceX Dragon à l'ISS
à l'aide du bras robotique Canadarm 2 ©NASA



Thomas Pesquet à bord de l'ISS en 2016 ©ESA, NASA

Après plus de 20 ans d'occupation habitée permanente, l'ISS apparait comme une vraie "success story", revêtant une dimension politique, autant que technique et scientifique. Car depuis sa mise en service, la station a accueilli des astronautes et observateurs du monde entier et a permis à des douzaines de nations de mener plusieurs milliers d'expériences, la plupart dédiées à comprendre l'impact de la microgravité sur le corps humain et sur le comportement de la matière.

Le projet, lui, est le résultat de cinquante ans d'avancées technologiques, de négociations diplomatiques et d'une collaboration scientifique et économique inédites. Sur ce dernier point, la construction de l'ISS a atteint des sommes record, de l'ordre de 150 milliards de dollars, ce qui en fait l'objet le plus cher jamais construit par l'Homme.

Les hypothèses actuelles prévoient l'exploitation de l'ISS jusqu'en 2024 au moins, les partenaires discutant d'une éventuelle prolongation jusqu'en 2028. Pour la suite, tout dépendra du financement pour maintenir la Station en conditions opérationnelles.

Avec l'avènement de partenaires privés, tels que SpaceX, la NASA pourra progressivement se désengager et réorienter son budget vers le projet de construction d'une [station \(Gateway\) sur une orbite cislunaire](#), c'est-à-dire autour du couple Terre-Lune, qui remplacerait l'ISS et permettrait d'entretenir une présence humaine permanente dans l'espace. La Nasa gardera toutefois la responsabilité du démantèlement de l'ISS, consistant à contrôler la rentrée atmosphérique de ses éléments afin que les débris atteignent le sol sans risque de dommages.

2.2 Dans les bagages de Thomas Pesquet...

Article rédigé par Eric Tronche

Le 23 avril 2021, Thomas Pesquet part vers l'ISS pour sa deuxième mission, nommée Alpha, dans une Crew Dragon (Crew 2), de la société SpaceX. Sa Falcon 9 s'envole du célèbre pas de tir LC-39A, avec un booster déjà utilisé, et une capsule d'équipage elle aussi réutilisée (Il s'agit de la capsule Endeavour de Demo 2). Jusqu'ici, la NASA exigeait du matériel neuf pour les lancements habités, mais après 88 décollages d'affilée réussis, l'agence autorise SpaceX à continuer sa politique de réutilisation pour les vols avec équipage. SpaceX Crew 2 est la 2^{ème} mission opérationnelle de rotation en équipage d'un vaisseau spatial Crew Dragon vers l'ISS.

Après un report de 24 heures pour un problème de météo, un après-midi à la plage, et un copieux diner (maxi plateau de fromages pour Thomas !), les opérations de lancement se passent de manière nominale. Le premier étage revient se poser sur la barge OCISLY (Of Course I Still Love You), et Crew 2 s'amarre à l'ISS en mode automatique, après 23 heures de course poursuite. 11 astronautes sont alors présents à bord de l'ISS, jusqu'au départ de Crew 1 le 28 avril.

Thomas Pesquet œuvre en tant que spécialiste de mission pour l'ESA, faisant équipe avec Shane Kimbrough de la NASA comme commandant, Megan McArthur, elle aussi de la NASA (l'épouse de Robert Behnken de Demo 2) comme pilote du vaisseau, et Akihiko Hoshida de la JAXA (L'agence japonaise) comme spécialiste de mission.

Mais impossible de faire loger toutes les expériences (plus de 200 !) prévues pour cette mission de 6 mois dans une seule capsule ! Nous allons donc parcourir les différents vols cargos suivants, et les l'actualités de l'ISS pendant la mission Alpha de Thomas.



Ecusson de la mission Alpha © ESA

I - Cargo SpaceX CRS 22 du 3 juin 2021

« ... et 2 calamars pour la 9, et un tardigrade à suivre pour la 12 ... ». On savait déjà que les grands cuisiniers préparaient de bons petits plats pour les astronautes de l'ISS, mais là ... bon, je plaisante, il ne s'agit pas du tout de calamars à la romaine, mais d'une expérience faisant partie du package CRS 22 (Cargo Resupply Services), nous y reviendrons ...

CRS 22 est la 22^{ème} mission opérationnelle de ravitaillement en fret de SpaceX vers l'ISS à l'aide d'un vaisseau spatial Dragon.

Une spécificité de ce vol est d'avoir une fusée entièrement neuve. SpaceX possède d'ailleurs à cette date 11 premiers étages dont 4 sont neufs. Pour ce lancement, il n'y a pas eu de mise à feu statique pour tester les systèmes, ce saut de procédure a déjà été réalisé une douzaine de fois. Le cargo est un Dragon 2, avec amarrage automatique, il peut rester dans l'espace 30 jours, cela passera à 60 jours à partir de CRS 23. L'amarrage sur le module Harmony (port zénithal orienté vers l'espace) a lieu le 5 juin. C'est le 120^{ème} lancement d'une Falcon 9, la 129^{ème} mission SpaceX, la 86^{ème} récupération du 1^{er} étage, le 17^{ème} lancement SpaceX de l'année 2021 !

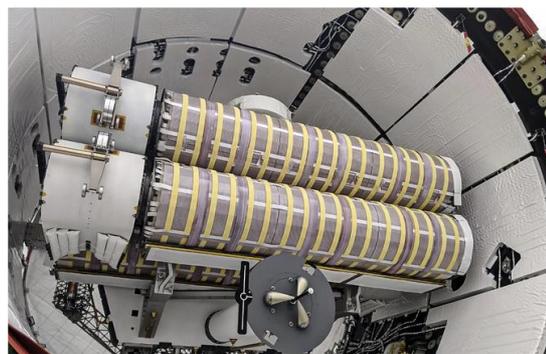


Les astronautes américains Megan McArthur et Shane Kimbrough surveillant l'approche du Cargo Dragon CRS-22. © ESA, Nasa, T. Pesquet

Le chargement de ce cargo est multiple avec 3328 kg de charge utile (1948 Kg dans la partie pressurisée) dont 920 kg de recherche scientifique, 345 kg de matériel divers, 341 kg de fourniture d'équipage, 52 kg d'équipements de sortie extravéhiculaire, 58 kg de ressources informatiques, 1380 kg de panneaux solaires, et bien sûr des fruits et légumes frais.

I – 1 – Des panneaux solaires

Les nouveaux panneaux solaires sont à déployer lors de 2 sorties extravéhiculaires en charge notamment de Thomas Pesquet. Ils seront complétés par d'autres lots lors des vols CRS 25 et 26 en avril et septembre 2022. Le package IROSA pour Iss Roll-out Solar Array est composé de panneaux compacts qui se déroulent comme un immense tapis, sur les anciens, en les masquant partiellement. La méthode de déploiement s'apparente au principe de la mémoire de forme : Des flèches composites en fibre de carbone sont enroulées en force contre leur forme naturelle. C'est cette énergie de déformation emmagasinée qui permet ensuite un déploiement



Les deux premiers des six nouveaux panneaux solaires de la Station Spatiale Internationale, chargés dans le coffre (trunk) du cargo Dragon CRS-22 – crédit SpaceX

« automatique ». Les perches déployées servent ensuite de structures rigides aux panneaux. Ceux-ci sont moins massifs mais plus efficaces de 20 à 30 % par rapport aux actuels. A noter que ce système sera aussi utilisé dans la future station lunaire, la Gateway. Pour info, le système actuel fournit 160 KW d'énergie, il y aura ensuite une disponibilité de 215 KW avec les nouveaux panneaux. Ils sont fournis par le maître d'œuvre de l'ISS, Boeing, et leur filiale Spectrolab et ils coûtent 100 millions de dollars.

A noter que 2 EVA avec Thomas et Shane étaient prévues au planning, mais lors de l'une des sorties extra véhiculaire, l'afficheur des paramètres de la combinaison de Shane s'éteint, et ce dernier doit revenir vers la station afin de réinitialiser le système de surveillance. Cette perte de temps empêche la mise en place du panneau solaire, et nécessite une nouvelle EVA. 3 sorties extra véhiculaires sont donc nécessaires au lieu de 2 pour finaliser l'installation des nouveaux panneaux.

I – 2 - Un échographe

Le cargo transporte aussi un échographe portable (Butterfly IQ), qui pourra être utilisé facilement par les astronautes, en disposant d'une visualisation rapide sur smartphone. Cet appareil miniaturisé pourra fournir aux astronautes une capacité médicale accrue, avec bien sûr une utilisation possible sur Terre, dans des zones dépourvues de structures médicales importantes.

I – 3 – Une commande intelligente

Une autre expérience, PILOTE, gérée par l'ESA, consiste à étudier la manipulation à distance des bras robotiques, en réalité virtuelle, avec une nouvelle interface basée sur l'haptique, qui est un signal reçu par retour de force, bien connu des adeptes de jeux vidéo, permettant de ressentir les conséquences des actions demandées.

I – 4 – Du coton

Parmi la liste non exhaustive des autres expériences, on peut noter TICTOC. Rien à voir avec le réseau social ! Cette expérience vise à comprendre pourquoi la culture du coton nécessite d'aussi grandes quantités d'eau et de produits chimiques. Il s'agit ici d'aider à définir quels facteurs environnementaux et quels gènes contrôlent le développement des systèmes racinaires en micro gravité, afin de développer des variétés de coton nécessitant moins d'eau et de pesticides.

<https://phys.org/news/2021-05-spacex-crs-mission-space-station.html>

I – 5 - Des tardigrades

Il y a aussi à bord des tardigrades, qui sont des extrémophiles, ou oursins d'eau, de 0.1 à 1 mm.



Un tartigrade vu au microscope (crédit NASA/AMES RESEARCH CENTER)

Ils peuvent survivre dans des environnements extrêmes, à – 273 degrés pendant 20 heures, à – 200 degrés pendant 20 mois, à + 150 degrés, à une pression de 6000 bars, en milieu anhydre (sans eau), sous rayonnement UV ou X, ou même dans un environnement spatial à 270 km d'altitude ! Des tardigrades récoltés dans les calottes glaciaires sont revenus à la vie après 2000 ans de congélation ! En milieu hostile, le tardigrade passe en mode cryptobiose, un état de vie ralentie, avec un métabolisme non mesurable. Sans destruction mécanique avec une force suffisante, l'organisme peut revenir à son état normal dès l'apparition de conditions de vie adéquates. Le but de l'envoi de ces organismes dans l'espace est d'examiner leur processus d'adaptation afin de pouvoir par exemple adapter le régime alimentaire des astronautes (ou procéder à des ajouts chimiques), dont le métabolisme est mis à mal par les conditions en orbite. Cette expérience, appelée Cell Science-04, vise donc à identifier les gènes impliqués dans l'adaptation de la vie à un environnement à haut stress. Mais il ne faut pas non plus perdre de vue qu'un projet de ralentissement métabolique humain existe, afin de préparer de futurs vols de très longue durée.

I – 6 - Des calmars

Le cargo CRS 22 transporte aussi des calmars, comme indiqué en introduction, dans le cadre du programme Umami. Cette étude utilise des calmars bobtail nouvellement éclos et des bactéries pour examiner les effets des vols spatiaux sur l'interaction entre les microbes bénéfiques et leurs hôtes, appelée symbiose. Il s'agit de mieux comprendre cette interaction en micro gravité, afin de mieux préserver la santé des astronautes. Mais pourquoi des calmars ? Ceux-ci ont la particularité de

disposer d'un organe qui peut être colonisé par des bactéries luminescentes, ce qui facilitera le suivi de la symbiose entre les bactéries et leurs hôtes. De plus, le système immunitaire des calmars est très similaire à celui des êtres humains.

I – 7 – Mais encore

Parmi les autres expériences embarquées, on note :

- Un réacteur catalytique pour le système de survie de la station, ainsi qu'un système d'alimentation en air d'urgence pour les véhicules d'équipage, qui peut prendre en charge jusqu'à cinq astronautes pendant une heure maximum en cas d'incident.
- Une nouvelle télécommande Kours utilisée pour amarrer les véhicules cargo russes Progress.
- Un filtre de distribution d'eau potable (PWD) utilisé pour purifier l'eau de la station.
- Des réservoirs d'air jetables utilisés pour les activités de pressurisation de routine de la cabine.
- Un système de stockage à froid « Iceberg » pour les charges utiles sensibles à la température.
- 10 CubeSats du programme ELaNa (Educational Launch of Nanosatellites) de la NASA, issus de la collaboration entre plusieurs universités américaines. Ce programme permet aux étudiants de participer de manière transverse à toutes les phases de la mission, conception, lancement et surveillance. Cubesat désigne un format de nanosatellites, dont une unité Cubesat (1U) est un cube de 10 cm de côté.

I – 8 – Un film en avant-première

Pour terminer sur une note d'humour, Thomas Pesquet, fan du film Kaamelott, peut remercier une poignée d'irréductibles qui ont lancé [une pétition en ligne](#) pour "faire de Kaamelott le premier film avec une exclusivité spatiale". Près de 12.000 personnes avaient au préalable signé le texte qui est parvenu jusqu'aux



La patience est un plat qui finit toujours par payer : Kaamelott premier volet a fait le trajet jusqu'à l'ISS ! Maintenant il ne me reste plus qu'à prendre quelques photos du royaume de Logres 📷🏰🐶

8:39 PM · Jul 22, 2021



principaux intéressés. Début mai, l'astronaute assurait avoir "parlé au Roi" qui lui "préparait quelque chose". "Ça m'aidera dans les moments où j'en aurai gros pendant cette quête spatiale", avait-il expliqué. "C'est un honneur, Commandant", lui avait alors répondu Alexandre Astier (créateur, réalisateur et interprète principal) sur Twitter.

II - Cargo Roscosmos Progress MS 17 du 29 juin 2021

C'est ici la 4^{ème} mission de ravitaillement de l'ISS de l'année, le 17^{ème} lancement d'un Progress, et la 54^{ème} mission de la fusée Soyouz 2.1a. Le cargo de ravitaillement, le 169^{ème} exemplaire depuis Saliout 6 en 1978, a une masse de 7 tonnes pour une longueur de 7.90 mètres.

Il a une capacité d'emport de 2.5 tonnes, et s'amarré à l'ISS de manière automatique grâce à son système Kours. Ce type de vaisseau Progress MS est équipé d'un nouveau système de télémétrie, pouvant recevoir les signaux terrestres de pilotage via un réseau de satellites. Ceci permet de maintenir une communication quelle que soit la position du vaisseau, au-dessus ou non du territoire de la Russie. Le système d'amarrage et de rendez-vous est lui aussi modifié, grâce à des méthodes de traitement numérique. Et n'oublions pas la capacité de rehausse de la station, car les frottements sont suffisants pour lui faire perdre irrémédiablement de l'altitude.

Le vaisseau Progress MS 17 s'amarré au module Poisk de l'ISS le 2 juillet.

Pour ce ravitaillement, le cargo contient 470 Kg de carburant, 420 litres d'eau potable, 40 Kg d'Oxygène, et 1509 Kg d'équipements et matériaux divers. Et bien sûr comme à chaque ravitaillement, les astronautes reçoivent des fruits et légumes frais, des fournitures sanitaires et hygiéniques, des vêtements, et du matériel d'entretien. Mais ce cargo contient lui aussi son lot d'expériences :

II – 1 – Un package d'expériences

Neurolab est un pack médical contenant plusieurs expériences :

- « Pilot-T » permet d'étudier l'influence des vols spatiaux longs sur la qualité des activités des astronautes.
- « Correction » permet de travailler sur des moyens de prévention des modifications des tissus osseux en micro gravité.
- « Biorisk » et « Constant-2 » permettent d'étudier l'influence des vols spatiaux sur l'état des composés protéiques complexes et la survie des micro-organismes.
- « Probiovit » permet de développer une technologie de fabrication de produits pharmacologiques aux propriétés immuno- modératrices en microgravité.
- L'équipement « UV atmosphère » fournira une cartographie détaillée de la lueur nocturne de l'atmosphère terrestre afin d'étudier les processus météorologiques.

II – 2 Une fonction de taxi

Mais ce cargo MS-17 a une autre mission, dans le cadre de la future livraison de nouveaux modules. En effet, après le lancement de Nauka (cf paragraphe suivant), c'est MS-17 qui est chargé de finaliser son installation, afin de préparer la mise en place d'un autre nouveau module, appelé Prichal.

III – Nauka le 21 juillet 2021

C'est une fusée russe Proton M (premier vol en avril 2021, 60 m de hauteur, 7,4 m de diamètre, 3 étages consommables) qui est chargée de lancer ce module, à partir du cosmodrome de Baïkonour au Kazakhstan. Le lanceur est aux limites de ses capacités, car Nauka pèse 20 350 Kg. C'est aussi une étape importante pour Roscosmos, qui devait initialement lancer le module en 2007 ! A part le module gonflable BEAM, cela fait 10 ans qu'il n'y a pas eu de nouveau module sur la Station !

Pour la petite histoire, les ergols de ce lanceur sont hypergoliques, c'est à dire qu'ils n'ont pas besoin de système d'allumage, ils s'enflamment spontanément au contact l'un de l'autre. Il s'agit de peroxyde d'azote, ou tétraoxyde de diazote, et d'hydrazine sous forme UDMH (diméthylhydrazine asymétrique). Ces produits sont extrêmement toxiques, attention à ne pas se retrouver dans la zone de retombée du premier étage, car les réservoirs ne sont pas largués à haute altitude, ils sont solidaires de leur étage ! Une autre particularité de ce lanceur, le treillis entre le premier et le second étage n'est pas fermé, car le deuxième étage démarre avant la séparation, ce treillis ouvert permet donc d'évacuer les gaz de combustion.

L'amarrage de Nauka à l'ISS s'effectue quelques jours plus tard, le 29 juillet, après le désamarrage de Piers par MS-16 le 23 juillet. Piers, lancé en 2001, et MS-16 finissent alors leur course en brûlant dans la haute atmosphère. Nauka remplace donc Piers, et Prichal se connectera sur Nauka. Mais la mise en place de Nauka ne se passe pas de manière optimale. Après son amarrage à l'ISS, ses propulseurs s'allument subitement, et la station perd son contrôle d'attitude, malgré l'action de ses gyroscopes de maintien en orientation. La station bascule et entre en rotation, les communications avec la Terre sont interrompues à deux reprises, pendant plusieurs minutes. Impossible de désarmer les propulseurs de Nauka, les propulseurs de Zvezda sont mis en service, mais ce n'est pas suffisant pour arrêter la rotation de l'ISS, les propulseurs d'un cargo Progress sont alors mis à feu, mais finalement, au bout de 15 minutes, ceux de Nauka s'arrêtent. L'agence spatiale russe parle d'un problème logiciel ayant

enclenché la commande d'allumage des propulseurs, mais ne donne aucune explication quant à l'arrêt des moteurs.

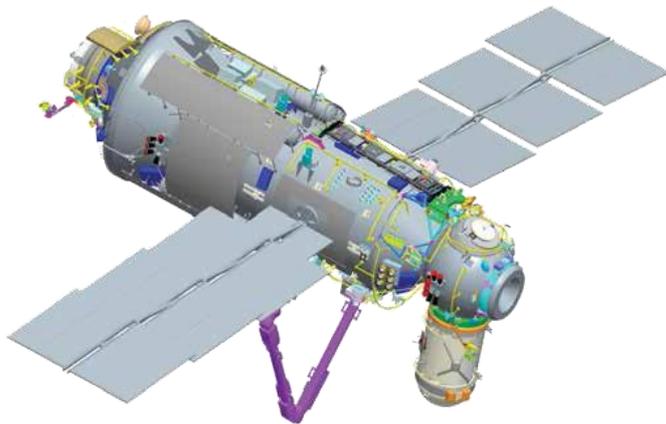
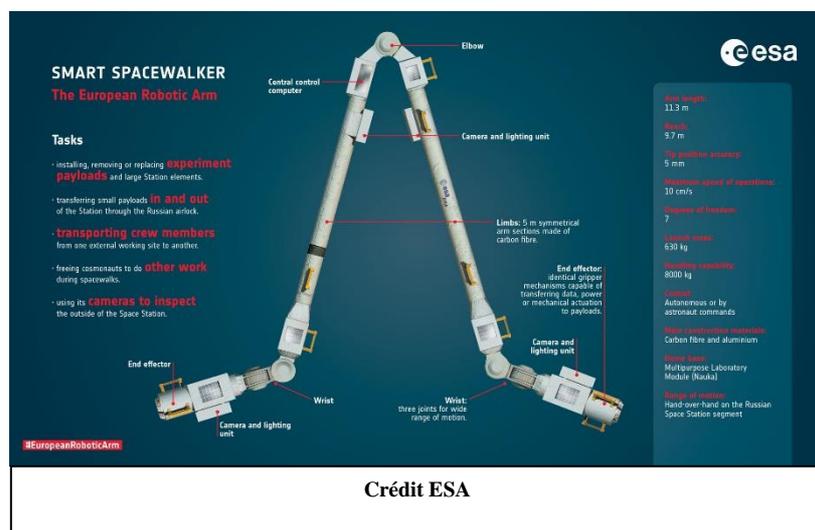


Image du module russe Nauka équipé du bras robotique européen Era **source : Wikimedia Commons**

Nauka, également connu sous le nom de module de laboratoire polyvalent (MLM), est financé par la Roscosmos State Corporation. Nauka doit être utilisé initialement pour les expériences, l'amarrage et le fret. Il servira également d'aire de travail et de repos pour l'équipage. Nauka est équipé d'un système de guidage autonome et d'un contrôle de navigation complets, notamment de moteurs et d'un système de contrôle d'attitude pouvant être utilisé en secours par l'ISS. Le segment russe peut donc être complètement autonome par rapport à l'ISS, c'est une mini station spatiale à lui tout seul ! Nauka devient le troisième plus grand module du segment russe, en ajoutant 70 m³ d'espace à l'ISS, un 3^{ème} emplacement de couchage, des toilettes supplémentaires, ainsi qu'un nouveau système de régénération d'eau et de production d'Oxygène. Ce n'est pas rien, car les systèmes originaux du module Zvezda datent de 22 ans !

Pour la petite histoire, Nauka est basé sur l'architecture d'un vaisseau spatial soviétique conçu par Vladimir Tchelomeï, à la fin des années 60, qui assurait la relève des équipages et le ravitaillement de la station spatiale militaire Almaz !

On note aussi la présence d'un bras télémanipulateur d'origine européenne de 11 mètres, ERA pour European Robotic Arm, ayant la capacité de changer lui-même ses points d'ancrage, il sera donc capable de marcher autour du module Nauka ! Ce bras était à l'origine prévu pour la navette européenne Hermès. Il peut transporter des pièces pesant jusqu'à 8 tonnes et les déposer avec une précision de 5 millimètres. Les 2 extrémités peuvent être utilisées comme « main » ou comme base. Il est télécommandable de l'extérieur ou de l'intérieur de la partie russe de la station.

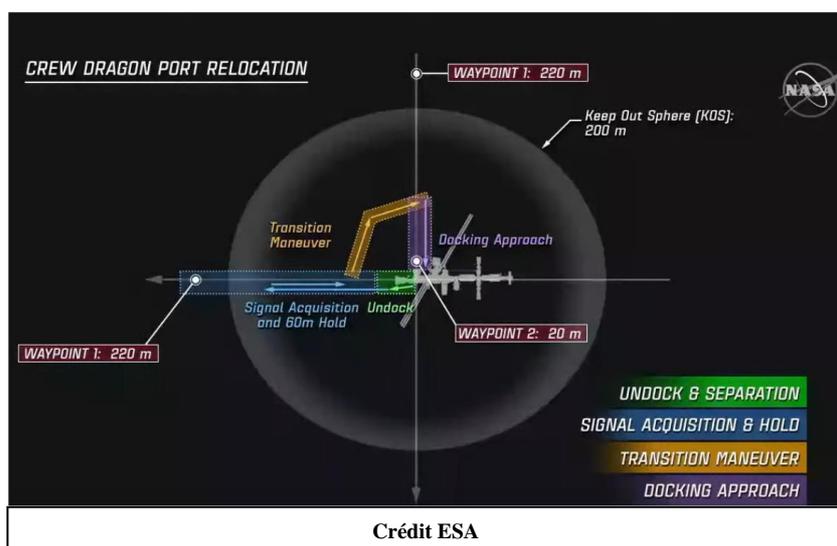


Le premier module qui sera connecté à Nauka est Prichal, dont le lancement est prévu en fin d'année 2021. Ce module UM (Uzlovoy Module) ou NM (Node Module) est un nœud de connexion pour la partie russe. Il servira à amarrer soit d'autres modules, soit d'autres cargos Progress.

https://www.esa.int/Science_Exploration/Human_and_Robotic_Exploration/International_Space_Station/European_Robotic_Arm

IV – Transfert Crew 2 le 21 juillet 2021

Le 21 juillet (le même jour que le lancement de Nauka), Crew 2 est transférée du port PMA 2 vers le port PMA 3 d'Harmony, pour préparer l'arrivée de la capsule Starliner de Boeing (2^{ème} test de connexion à l'ISS). En effet, il est plus facile de s'amarrer sur PMA 2 que sur PMA 3 qui est en opposition par rapport à la Terre. Pour cette opération, les astronautes de Crew 2 (avec notre Thomas national) prennent place dans la capsule pour revenir vers la Terre en cas d'urgence, si le ré-amarrage n'était pas possible. En effet, si la capsule à transférer était vide de ses occupants, et en cas de ré-amarrage impossible, il y aurait dans l'ISS plus d'astronautes que de places disponibles sur les vaisseaux de retour. Pour cette opération, les crochets de maintien de la capsule sont libérés, le sas entre l'ISS et Crew 2 est purgé de l'air résiduel afin que celui-ci ne pousse pas la capsule sans contrôle. Crew 2 se désamarre de l'ISS, en corrigeant sa position grâce aux multiples « thrusters » d'orientation. Elle laisse filer un peu l'ISS pour n'effectuer sa manœuvre qu'en dehors de la zone de sécurité, puis elle prend de l'altitude, pivote de 90 degrés et vient se positionner au-dessus du port PMA 3, situé au zénith. « Soft et hard capture » se passent de manière nominale, le sas entre la capsule et la station est à nouveau pressurisé, et après un temps de vérification nécessaire, les astronautes peuvent de nouveau accéder à la Station. SpaceX fait donc de la place pour l'amarrage de son concurrent Starliner de Boeing !



https://www.youtube.com/watch?v=kouNcNlfprQ&ab_channel=NASA

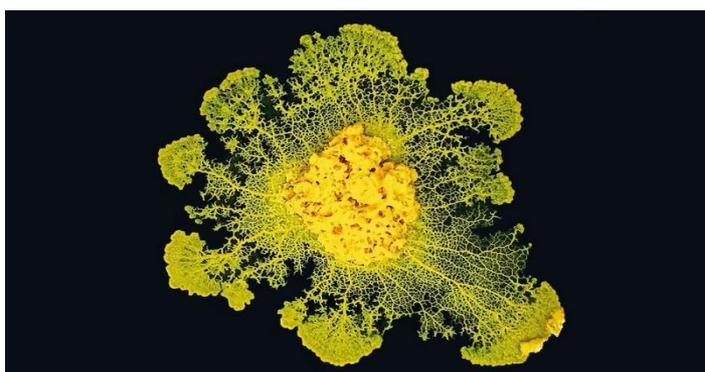
V – Cargo Northrop Cygnus CRS NG 16 le 10 août 2021

Lancé par une fusée Antares 230+, ce cargo Cygnus se compose de 2 parties, un module de service construit aux USA, et un module pressurisé fabriqué en France et en Italie par Thales Alenia. Sa cargaison est composée de 3723 Kg de fournitures dont 1396 Kg pour l'équipage, 1064 Kg pour des recherches scientifiques, 1037 Kg de matériel de maintenance, et divers équipements.

Ce cargo Cygnus est développé conjointement par Northrop et la NASA, il n'est pas autonome, et doit être saisi par le bras robotique Canadarm-2.

Mais il y a aussi un passager inquiétant, qui s'étend inexorablement, comme dans un film de science-fiction, le blob, mais qui est inoffensif, et même vital pour la nature ...

Mais qu'est-ce que le blob ? C'est en fait plus facile de dire ce que ce n'est pas ... Ce n'est pas un animal, ni un végétal, ni même un champignon, c'est un organisme unicellulaire, le *Physarum polycephalum*. Cet organisme se présente comme une immense cellule jaune (pour l'expérience, mais il en existe d'autres couleurs), sans limite de taille, qui s'étend inexorablement à la recherche de nourriture (champignons, bactéries, flocons d'avoine...).



Le blob, *Physarum polycephalum*, est étudié par le Centre de Recherches sur la Cognition Animale (CRCA). »
© Audrey DUSSUTOUR / CRCA / CNRS Photothèque

Cet organisme présent sur Terre depuis au moins 500 millions d'années est bien sûr dépourvu de cerveau, mais il est capable de se déplacer, de se nourrir, de s'organiser, et de transmettre ses apprentissages à un congénère. Son matériel génétique a la caractéristique de doubler toutes les 8 heures, et il peut s'étaler sur près de 10 m², surtout en forêt, où il est un recycleur de bactéries en nutriments pour les plantes.

C'est ici une des 12 expériences françaises préparées par le CADMOS (Centre d'Aide au Développement des activités en Micropesanteur et des Opérations Spatiales), structure opérationnelle du CNES. Il s'agit d'étudier le comportement de cet organisme, dans 4500 établissements scolaires, et dans l'ISS. Le but du projet est de sensibiliser les élèves à la science, et de voir quels sont les effets de la micropesanteur sur cette étonnante créature. Les blobs sont étudiés dans leur comportement à leur réveil, au contact de diverses nourritures, en résolution de problème sur des obstacles physiques à leur déplacement, et aussi en type de structure générée. Sans gravité, vont-ils construire en 3 dimensions ?

Les 4 blobs spatiaux sont enfermés dans une boîte étanche et opaque, qui dispose d'une entrée liquide pour la réhydratation, d'un port de carte SD pour les enregistrements, et d'une caméra. Leur enfermement était nécessaire pour qu'ils ne colonisent pas toute l'ISS sans contrôle ! Ils sont réveillés par Thomas le 2 septembre et réhydratés. Une photo est prise toutes les 10 minutes pendant 7 jours, et sur Terre, le même protocole est appliqué début octobre. L'expérience ISS se termine le 9 septembre, mais lors du transfert des fichiers vidéo vers la Terre, il s'avère que plus de la moitié sont corrompus ! Impossible d'annuler ce partenariat Espace-Ecoles, tout est donc mis en œuvre entre le CNES, l'ESA et la NASA pour trouver un nouveau créneau



Crédit CNES

dans le planning pourtant très chargé de Thomas. Finalement, l'expérience peut redémarrer quelques jours plus tard. Mais en fin d'expérience, le problème réapparaît ! A fin octobre, la cause n'est toujours pas trouvée ...

VI – Cargo SpaceX CRS 23 du 29 août 2021

Inutile de présenter à nouveau la Falcon 9 de SpaceX et sa Crew Dragon ! Mais cette fois ci, la barge de récupération est ASOG (A Shortfall of Gravitas), la nouvelle barge de SpaceX. Celle-ci couvre principalement le large de la Floride, à l'emplacement où se trouve OCISLY (Of Course I Still Love You). Les 2 navires de récupération des premiers étages de Falcon 9 peuvent donc être utilisés simultanément. C'est Elon Musk en personne qui a officialisé la mise en service de ce nouveau drone. Espérons que ce drone flottant soit équipé d'un drone volant pour une meilleure couverture vidéo des retours sur barge !



La barge de SpaceX. Crédit photo : SpaceX

La mission CRS 23 utilise le cargo Dragon C208-2 qui a été le premier cargo Dragon 2 à s'amarrer à l'ISS pour la mission CRS 21 en

2020. La version 2 du cargo Dragon dispose d'un système d'amarrage automatique à la station. C209-2 est en cours de maintenance après la mission CRS 22 de juin, et un troisième cargo est en cours de construction. Le booster de la Falcon 9 en est à son quatrième vol, dont Crew 1 et Crew 2. Seulement 44 jours ont été nécessaires à son reconditionnement entre les missions Crew 2 et SXM 8 (satellite de haute puissance pour diffusion de programmes radio aux USA).

Ce cargo transporte 2200 Kg de fret, avec bien sûr de la nourriture fraîche pour les astronautes, et divers équipements, mais aussi :

- 3 Cubesats du programme ELaNa, comme vu avec le cargo CRS 22.
- Un appareil d'imagerie rétinienne non invasive et sans contact, DLR-EAC, permettant d'étudier les troubles progressifs de la vision des astronautes, appelé syndrome neuro-oculaire.
- Un projet appelé Maleth, pour travailler sur les ulcères liés au diabète de type 2. L'objectif est de cibler les biomarqueurs de la maladie dans l'espoir d'un traitement. Cette expérience est développée par le ministère des affaires étrangères et européennes de Malte, en collaboration avec Dan Space Applications Services. 12.2 % de la population maltaise est touchée par le diabète de type 2 !
- Des capteurs optiques à base de matériaux carbonés pour mesurer le champ magnétique de l'orbite basse terrestre. Le but est de créer une carte haute résolution du champ magnétique de la Terre. L'équipe OSCAR-QUBE en charge de ce projet est composée de 15 étudiants de l'université de Hasselt en Belgique.
- APEX-08 est une étude pour essayer de concevoir et de cultiver des plantes qui pousseront et fleuriront mieux en microgravité qu'actuellement, où elles montrent des signes de stress.
- MISSE-15-NASA est une expérience de test de divers matériaux qui seront utilisés pour de nouvelles constructions spatiales : Béton, fibre de verre, matériaux polymères.
- Un bras robotique Nanoracks-GITAI, conçu pour faire fonctionner divers outils, commutateurs et expériences de manière autonome ou via une télécommande. Ce bras pourrait être utilisable sur Terre par les secours en cas de catastrophe.
- Une expérience FARADAY qui est une installation capable d'administrer à distance des quantités exactes de médicaments, via un implant.

- READI FP est une étude sur la perte osseuse en microgravité, mais problématique aussi sur Terre dans le cadre de l'ostéoporose. Cette étude vise à analyser la protection du bio-collagène mélangé à des extraits de déchets œnologiques ...

Comme d'habitude, la Falcon 9 s'envole de manière nominale, passe le Max Q à T+1mn15s et arrive au MECO (Main Engine Cut Off) à T+2mn30s. S'en suit la séparation des étages, la poursuite du vol du second, et le retour du premier vers la Terre. A T+6mn, le premier étage se rallume brièvement afin de créer un freinage initial. A T+7mn14s, l'allumage définitif du premier étage a lieu, à 2.5 Km d'altitude et plus de 800 Km/h. C'est la première fois que la barge ASOG reçoit un booster, le posé est nominal (à part la vidéo !), c'est la 90^{ème} récupération d'un premier étage ! A T+8mn40s, c'est le SECO (Second Engine Cut Off), le deuxième étage et son cargo sont à presque 27000 Km/h à une altitude de 197 Km. Il ne reste qu'à procéder à la séparation entre le second étage et le cargo, qui ouvrira son cône de connexion, afin de se docker à l'ISS quelques heures plus tard.

VII – Inspiration 4 le 16 septembre 2021

Cette mission historique fera l'objet d'un article ultérieur.

VIII – Cargo Soyouz 2.1a MS 19 le 5 octobre 2021

Le lancement de cette mission est classiquement réalisé par une fusée Soyouz depuis Baïkonour au Kazakhstan. La particularité est plutôt du côté de l'équipage : 1 astronaute et 2 « touristes » ! Le cosmonaute et commandant de cette mission doit rester 6 mois dans la station, mais les 2 « touristes » n'y passeront que 12 jours, le temps de réaliser quelques prises d'une quarantaine de minutes pour un film, The Challenge. L'intrigue du film n'est pas clairement communiquée par les médias russes, il pourrait s'agir d'une intervention chirurgicale cardiaque nécessaire sur l'un des astronautes. La formation de ces acteurs a été très rapide, moins de 5 mois, et Roscosmos profite de cette expérience pour vérifier que l'agence est apte à assurer une formation rapide et efficace. Mais ce tournage fait polémique, vis-à-vis du remplacement de cosmonautes expérimentés prévus sur MS-19 par des acteurs peu formés, de l'illégalité d'utiliser l'ISS, avant-poste scientifique, de cette manière, et de dépenses d'argent public inappropriées. Le célèbre cosmonaute russe Sergueï Krikalev, directeur des programmes d'équipage de Roscosmos a estimé que l'argent aurait été mieux investi dans la recherche et l'innovation, il est limogé ! Heureusement, de par son importance et grâce aux protestations des cosmonautes, il est réintégré !

Néanmoins, l'amarrage à la station pose problème, le système Kours ne répond plus, un amarrage en manuel est nécessaire. Heureusement, il y a un cosmonaute apte à le faire, car avec 4 heures de simulateur Soyouz, cette opération était irréalisable par les cinéastes !

Le tournage terminé, les acteurs repartent le 17 octobre à bord du Soyouz MS-18 déjà amarré à la station.

IX – Cargo Soyouz 2.1a Progress MS 18 le 28 octobre 2021

Attention ! L'équipage arrivé en Soyouz MS 19 revient sur Terre dans un vaisseau Soyouz MS 18, et non dans ce cargo Progress, ce dernier étant destiné uniquement au transport de fret. Il s'agit ici d'un abus de langage, car la fusée Soyouz lance soit un vaisseau Soyouz, soit un cargo Progress.

X – Retour de Thomas le 9 novembre 2021

Il était prévu que Thomas Pesquet de Crew-2 puisse travailler quelques jours dans l'ISS avec Matthias Maurer de Crew 3, nous aurions eu 2 astronautes de l'ESA en même temps dans l'Espace. De plus, pour la continuité des expériences, il était logique qu'il y ait un recouvrement de missions. Malheureusement, des contraintes météo ont provoqué un retard au lancement de Crew 3, retard accentué par la maladie (bénigne) de l'un des membres d'équipage. La capsule Crew 2 ayant un temps d'exposition au vide spatial limité, Elle est rentrée sur Terre le 9 novembre, et Crew 3 s'est envolée vers l'ISS le 11 !

2.3 Histoires toulousaines

2.3.1 Thomson Espace, Alcatel Espace, Thales Alenia Space

Article rédigé par Raymond Pache

L'intérêt de la Compagnie Française Thomson-Houston (CFTH) pour le domaine spatial se matérialise, dès le début des années 1960, par la réalisation, dans le Département ESA de Bagneux, d'une antenne bande C. Plusieurs exemplaires de celle-ci sont fournis au CNES dont une équipera le satellite expérimental Astérix lancé en 1965. Les divers regroupements, au sein de la CFTH, de différents Départements des usines de Bagneux et de Gennevilliers, ainsi que la fusion de Thomson et de CSF conduisent à la création en 1970 du Département Espace-Satellites (DSP), installé en région parisienne, sur le plateau de Vélizy. Pendant cette période DSP participera notamment aux satellites : D1, Hélios, Intelsat IV, TDRSS et Symphonie.

Jusqu'en 1980 DSP, sous la direction de Jacques Chaumeron, situé alors à Meudon la Forêt, emploie de l'ordre de 400 personnes. Avec la croissance importante, dans le début des années 1980, liée aux nouveaux contrats que sont notamment Télécom1, TDF 1-TVSAT et Spot 1, la surface et les effectifs du site ne suffisent plus aux besoins de l'activité. La décentralisation devient indispensable et le choix de Toulouse s'impose assez rapidement. En 1981 une option est prise sur un terrain de plus de 20 ha, dans les vignes du Domaine de Candie, permettant ainsi le rapprochement avec le CNES et Matra.

La construction de l'usine de Candie débuta en 1982 par deux bâtiments dont celui de l'intégration. La CITEC, filiale informatique Toulousaine de Thomson-CSF, en baisse d'activité, accueille provisoirement dans son usine du Mirail une bonne partie des effectifs décentralisés et aida également à la croissance des effectifs de Thomson Espace qui passèrent d'environ 500 personnes début 1982 à plus de 1000 personnes au milieu de 1984. En 1987 le site de Candie regroupe l'ensemble des effectifs d'Alcatel Espace. De cette période « mouvementée », d'une entreprise en formation, éclatée sur plusieurs sites, avec un fort brassage d'hommes de cultures techniques différentes allait naître, sous la conduite de Gérard Coffinet, Alcatel-Espace, fabriquant principalement de charges utiles de télécommunication. L'ouverture des marchés à la concurrence internationale implique une nécessaire adaptation et une optimisation rapide des performances techniques et industrielles. La diversification des compétences et l'augmentation des domaines techniques induits par les différents types de satellites tant civils que militaires, accompagnent, sous l'impulsion de Jean-Claude Husson, la croissance d'Alcatel Espace qui rencontre de significatifs succès sur les marchés européen et internationaux.

En 1998, lorsque l'entreprise devient, avec l'usine de Cannes (ex-Aérospatiale), un constructeur de satellites et de systèmes satellitaires, le pôle industriel de Candie couvre 27 ha avec 80 000 m² de surfaces industrielles et 7000 m² de salles blanches.

La fusion des activités spatiales d'Alcatel (Alcatel Space) et de Finmeccanica (Alenia Spazio) en 2005 (AAS), puis la cession de ces actifs en 2007 à Thales (ex Thomson) permet la création de Thales Alenia Space (TAS) dont les compétences couvrent les télécommunications, la navigation, l'observation de la terre et la gestion de l'environnement, les sciences et les infrastructures orbitales.

En 2020 le site de Candie poursuit toujours sa croissance et sa diversification, et accueille maintenant, sur ses 100 000 m² de surfaces industrielles et 10 000 m² de salles blanches, 2800 personnes et plusieurs centaines de collaborateurs d'entreprises coopérantes.

Quelques photos du site prises entre 1984 et 2013 : crédit photo Thales Alenia Space



Candie en 1984. Bâtiments C et D



Site de Alcatel Space en 2003



Site de Thales Alenia Space en 2018

2.3.2 Branche espace de MATRA

Article rédigé par Michel Bouffard

Créée en 1961 au sein d'Engins Matra et localisée initialement à Boulogne, la branche Espace de Matra déménage en 1966 à Vélizy pour rejoindre les activités Défense. Cependant le développement rapide des activités, aussi bien Défense qu'Espace, fait que le site de Vélizy devient rapidement trop étroit, sans possibilité d'agrandissement. En particulier le gain en 1972 du programme de satellites de télécommunications OTS par l'équipe British Aerospace-Matra nécessite une salle blanche de grande taille impossible à implanter à Vélizy.

Le CNES ayant décentralisé son centre technique de Brétigny à Toulouse, JL Lagardère (originaire du Gers, ne l'oublions pas !) décide de créer le Département d'Intégration Spatiale de Toulouse (DIST) dans une ancienne usine du quartier de Montaudran réaménagée en salle blanche dernier cri. Et le 3 mars 1975, le DIST, fort de 30 personnes ouvre ses portes.

Dans la foulée, JL Lagardère décide la décentralisation de l'Espace et acquiert auprès de la mairie de Toulouse, toujours à Montaudran proche du CNES, un terrain de 5 ha, zone autrefois inondable et récemment assainie. Outre les 5 ha, la Mairie réserve 15 ha supplémentaires à disposition de Matra pour les besoins futurs. Notons que les plans de l'époque prévoient à terme 500 emplois sur le site

...

Le 1^{er} septembre 1980, le Centre Matra Toulouse (CMT) ouvre ses portes avec 80 personnes dans 3 bâtiments, dont la plus grande salle blanche d'Europe. Fin 1980, 300 personnes travaillent sur le centre, et ce rythme effréné va se poursuivre pendant 40 ans !

Au fil des décentralisations dans les années 1980 (instruments optiques, contrôle d'attitude etc ...), au fil des contrats gagnés et des fusions-acquisitions, la Branche Espace de Matra deviendra une filiale, Matra-Espace, dès 1981, puis Matra Marconi Space en 1990, puis Astrium en 2000 et enfin Airbus Space Systems en 2013. Les bâtiments sortent de terre comme des champignons, mais toujours en retard par rapport à l'accroissement des équipes, ce qui fait la fortune des loueurs de bâtiments de type Algéco

Au tournant du siècle le CMT, fort de 2800 employés Astrium, fait 20 ha mais n'a pas perdu son caractère de campus sans voitures voulu par C Goumy lors de la construction.

En 2020, le CMT comprend 4600 employés Airbus Defence and Space sur 3 sites et un total de 37 ha :

- le CMT « site historique » de Montaudran
- le site Astrolab (ex-Intespace) devenu le centre d'intégration de la société
- le site Geo Information Systems (ex-Spot-Image)

Ces deux dernières entreprises, situées sur la Zone Industrielle du Canal de Ramonville, ont, toutes les deux, été rachetées au CNES dans les années 2000 et sont totalement intégrées à Airbus Defence and Space.

En 40 ans, le CMT est devenu le plus grand centre industriel d'Europe entièrement dédié à l'Espace, de la construction des satellites aux services liés aux applications spatiales.



Site Matra Toulouse en 1985. Crédit photo Airbus

2.3.3 Le CNES : Centre spatial de Toulouse

Article rédigé par Jacques Simon

Le 19 décembre 1961, le Général de Gaulle signe la loi créant le Centre National d'Études Spatiales (CNES), établissement public, scientifique et technique, à caractère industriel et commercial (EPIC), doté de la personnalité civile et de l'autonomie financière, et placé sous l'autorité et le contrôle du Premier Ministre, Michel Debré. Nous étions à la grande époque de l'aménagement du territoire, piloté par Olivier Guichard et la « Ville rose » était alors particulièrement choyée par le pouvoir. Michel Debré avait décidé dès 1963 que le CNES irait s'installer à Toulouse, mais accepta que le CNES se dote provisoirement d'une annexe technique à Brétigny-sur-Orge, en raison de l'urgence à lancer un premier satellite avant l'élection présidentielle de décembre 1965.

Pierre Chiquet, directeur de la Division Équipements sol, entreprit avec l'assistance de Georges Jeambrun, l'étude du futur Centre Spatial de Toulouse (CST) dès 1966, sur un terrain qu'avait pu obtenir le général Aubinière sur le site de Lespinet. A l'époque, Toulouse n'avait pas atteint la taille critique en "matière grise", comme Paris ou même Grenoble, malgré l'existence de l'usine de l'Aérospatiale et la création du complexe universitaire de Rangueil. Sup'Aéro est venu par la suite s'installer sur le site de Lespinet, ainsi que certains laboratoires, la météorologie nationale ayant résisté pendant plusieurs années. L'importante migration qu'il fallait préparer concernait des cadres et techniciens de haut niveau qui avaient de grandes exigences, ce qui nécessita de longues négociations pour réduire l'hostilité initiale du personnel de Brétigny. Finalement, seule la Division des lanceurs réussit à se maintenir en région parisienne.

Pour occuper le terrain qui était réservé à Toulouse et faire patienter le gouvernement et les autorités régionales, la direction du CNES transférait à Toulouse en 1967 la division Ballons, dont le centre de lancement était à Aire-sur-l'Adour et l'usine de fabrication Zodiac à La Rochelle, avant de venir en banlieue Toulousaine.

Dès 1968, trois bâtiments et les infrastructures de base avaient été réalisés. L'année suivante, cinq autres bâtiments surgirent de terre pour accueillir en plus les fusées-sondes et trois laboratoires abritant le grand simulateur, la propulsion et les mesures électromagnétiques.

Les jeunes directeurs du CNES, dont certains avaient fait des stages à la NASA, avaient francisé les méthodes de développement de l'agence américaine et mis en place une politique fondée sur une implication très forte des services techniques du CST dans les projets, gourmandes en personnel. Le gouvernement lui, souhaitait limiter les effectifs en donnant des responsabilités accrues à l'industrie. Ce changement de politique technique fut très mal vécu par le personnel et l'année 1969 a vu les premières grèves du CNES, avec la démission de Pierre Chiquet, premier directeur du CST et Xavier Namy, directeur technique, en désaccord avec le directeur général sur le principe de la maîtrise d'œuvre industrielle du satellite d'astronomie D2B.

C'est Maurice Claverie qui succède à Pierre Chiquet et achève les opérations de décentralisation avec, en 1970-1971, les bâtiments pour l'administration, le restaurant, le centre de calcul, les laboratoires pour la division satellites, etc.

Le transfert des matériels, dont certains équipements fragiles, était un projet ambitieux. Pendant deux mois, cinq semi-remorques sont parties chaque jour de Brétigny vers Toulouse. Les responsables techniques du centre sont devenus de fidèles clients d'Air-Inter car les principaux constructeurs d'équipements spatiaux et même sous-traitants étaient encore implantés en région parisienne.

Dans le même temps, entre novembre 1970 et décembre 1971 les équipes, constituées d'agents dont une moitié devait déménager à Toulouse et l'autre moitié quitter le CNES à brève échéance, achevaient l'intégration des quatre satellites PÉOLE, ÉOLE, D2A et D2A polaire et les livraient sur les sites de lancement.

Dès 1973 les difficultés futures se dessinaient avec l'achèvement de l'avant-projet du satellite Météosat. Le CNES avait mené toutes les études mais le budget nécessaire était sans commune mesure avec celui des projets nationaux précédents. Le CNES entreprit donc de persuader l'ESRO, ancêtre de l'ESA, de s'approprier le projet et de confier au CST le maximum de tâches techniques. Finalement, le CNES a obtenu que l'équipe de projet ESA-CNES et la moitié de son support technique s'implantent au CST. Maurice Claverie, Directeur du CST à cette époque, rapporte qu'il a contribué à accélérer l'implantation à Toulouse de la société MATRA à ce moment.

A la suite du rapport Aigrain de mars 1970, un comité ministériel réuni le 10 octobre 1974 décidait de ralentir le programme national : arrêt de la fusée Diamant après D2B, arrêt des programmes de satellites correspondants et négociations avec l'ESRO/ELDO pour lui transférer différents moyens techniques du CNES. Résultat, une grève dure a été déclenchée au CST avec de nombreuses manifestations en ville, sans pour autant entamer la détermination du gouvernement.

Plusieurs projets arrivaient à leur terme : entre février et juin 1975, les satellites Starlette, D5 (A et B) et D2B sont lancés par des lanceurs de la famille Diamant qui, avec la version B-P4 conclut brillamment sa courte vie. L'ambiance reste tendue durant ce printemps 1975. Au CST, Jean-Claude Husson succède à Maurice Claverie. Une nouvelle crise éclate au CST à la fin du printemps 1976. Le Directeur général Michel Bignier démissionne et est remplacé par Yves Sillard, lequel propose le développement d'un programme national d'observation de la terre qui deviendra le programme SPOT (Satellite Probatoire d'Observation de la Terre) et qui sera pour de longues années, le projet fédérateur du CST et même du CNES, puisqu'il sera lancé par Ariane. Le CST était sauvé !

Le mandat de Jean-Claude Husson (1975-1986) est marqué par de nombreux succès : le lancement de Spot 1 (1986), la mise à poste de Télécom 1 A (1984) avec la mise en œuvre de la station de réception d'Issus-Aussaguel, la coopération avec l'URSS et le lancement de Signe 3 (1977), le lancement d'Argos (1978), la coopération franco-américaine sur Topex-Poséidon. C'est à cette époque qu'ont commencé les travaux de modernisation du site, et qu'a été créée une direction des opérations, assurant la mise à poste et le contrôle en orbite des satellites.

Les années qui suivent jusqu'en 1998 vont confirmer la capacité du CST en termes de « compétence et de créativité », sous les mandats respectifs de Jack Muller, Jean-Jacques Sussel, Bernard Estadiou, Michel Courtois et Yves Trempat, dans le cadre notamment de programmes qui ont marqué la vie du centre :

- Le programme Hermes (1984-1993) de navette spatiale européenne, avec la mise en place (1990) d'une équipe de projet intégrée ESA-CNES forte de 150 personnes. Les contraintes budgétaires conduiront finalement à l'abandon de ce projet emblématique.
- Le système Doris (1990) de radio-positionnement par satellite, réussite d'un défi technique ambitieux,
- La première mise à poste double de Télécom 2 et Inmarsat 2 (1991),
- Le lancement de Topex-Poséidon (1992), l'histoire d'une grande coopération franco-américaine dans le domaine de l'altimétrie océanique
- Le lancement de Spot 2 (1990),
- Lancement du satellite de reconnaissance militaire Hélios 1A (1995),
- Mise en place d'un partenariat avec Alcatel sur le programme Skybridge de constellation de satellites en orbite basse pour les communications multimédias

Cette période faste se conclut en 1998 par les festivités associées aux 30 ans du CST, fort de 1500 salariés.

Le CNES a réussi sa mission première : créer une base technologique pour l'espace français et permettre la naissance d'une industrie de haute technologie, dont une grande partie s'est implantée à Toulouse. Depuis, les ambitions du CNES et sa capacité à réussir ses projets ne se sont pas démenties, ce qui a permis à la région toulousaine de développer, autour du CNES et des 2 grands industriels que sont Airbus DS et TAS, un écosystème performant de sous-traitants petits et grands, de PME du Newspace et de laboratoires scientifiques.



Vue aérienne du Centre Spatial de Toulouse
Crédit photo : CNES/LE DOAREZ Pascal, 2001

3 Libres opinions

3.1 Ariane VS SpaceX

Article rédigé par Eric Tronche

600 ! C'est le nombre de postes qui vont être supprimés chez Ariane Espace, l'info est tombée il y a quelques semaines. 600 départs volontaires anticipés seront sollicités pour faire face à la concurrence, et les sites de St Médard en Jalles et du Haillan seront impactés, avec 250 suppressions de postes. La concurrence, c'est principalement SpaceX, qui rafle beaucoup de marchés en cassant les prix. Mais le sort des agences spatiales était scellé depuis longtemps ...

Au début des années 2000, un jeune entrepreneur s'était mis en tête de révolutionner le transport spatial, et avait décidé d'investir tout son argent (vente de PayPal), et toute son énergie dans son rêve. Lorsqu'il a annoncé aux autres agences spatiales, que si elles ne faisaient rien, elles seraient balayées, tout le monde lui a ri au nez. Effectivement, à cette époque, SpaceX était encore en mode "garage", et personne ne prenait au sérieux l'opiniâtreté extrême de son équipe.

Quasiment tout a été réinventé, réétudié, en technique et en organisation. Les échecs se sont succédés, avec des commentaires hilarants et railleurs de nombreuses personnes. Mais les échecs n'étaient que de mauvaises expériences, riches en enseignements. Aujourd'hui, dans le domaine spatial, SpaceX est partout. L'Europe aurait pu être en concurrence, si un virage avait été abordé il y a au moins une dizaine d'années.

Ariane 5 a effectué son premier vol de l'année cet été, SpaceX en est à son 90ème ! Ariane 6 va bientôt voir le jour, mais avant même son 1er vol, elle n'est déjà pas dans la concurrence. On a peut-être une chance avec Ariane next, qui succèdera à Ariane 6, vers 2030, mais en 2030, où en sera SpaceX ? Ariane next reprend un peu les choix faits par SpaceX il y a une vingtaine d'années, avec Prometheus, un moteur au méthane recyclable. Mais il faudrait qu'il entre en service maintenant, pas en 2030 ! Néanmoins, pour étayer notre frilosité, ce moteur serait réutilisable 5 fois ! SpaceX est déjà à plus de 10 réutilisations, et teste en grandeur réelle la véritable limite (100 ?).

Mais on est dans la même configuration que pour les vols habités. Lorsque la licence Soyouz a été achetée par l'Europe, il aurait suffi d'un petit plus pour lancer notre pays dans l'aventure des vols habités depuis la Guyane ! Quelle fierté d'être autonome dans son accès à l'Espace ! Eh bien non, cela n'a pas été le cas ! On en reparle quand même un peu maintenant, à haut niveau à Kourou, mais pourquoi en Europe la mèche est-elle aussi longue ? Pourrions-nous en Europe concevoir un équivalent à Inspiration 4 ? A savoir concevoir un projet novateur et le concrétiser en quelques mois ? En effet, lorsque Jared Isaacman a contacté Elon Musk pour son projet de vol pseudo touristique au profit d'un hôpital, il s'est écoulé moins d'un an pour que la capsule Crew 1 soit profondément modifiée, en remplaçant le connecteur ISS par une coupole en verre, en revoyant les procédures pour que des non-astronautes puissent se débrouiller, moins d'un an pour assister en direct à cet évènement historique, qui au passage a aussi balayé la concurrence des vols touristiques suborbitaux ...

L'Europe doit arrêter de se lamenter, nous avons les moyens et les capacités de faire mieux, mais il faut se lancer, arrêter de faire du blabla, des réunions, des comités, des commissions, il faut simplifier les organisations, raccourcir les liens exécution-décision, ingénierie-réalisation, et faire du benchmarking chez SpaceX, s'ils sont d'accord (à voir avec Elon !).

3.2 Regard sur le tourisme dans l'espace

Article rédigé par Philippe Marchal

L'aventure spatiale est à un tournant de son histoire avec l'émergence de vols touristiques. Il y a quelques mois, Branson (Blue Origin) puis Bezos (Virgin Galactic) et leurs co-passagers s'offraient une excursion à la frontière de l'espace. Musk (SpaceX) envoyait ensuite quatre touristes dans l'espace à bord de sa capsule Crew Dragon dotée d'une toute nouvelle baie vitrée, pour mieux profiter du voyage. Les Russes à leur tour permettaient à 1 milliardaire japonais de se mêler aux astronautes de l'ISS. Dans les prochaines années, ils pourraient être des dizaines, voire plus, à faire des "croisières dans l'espace".

L'avènement du tourisme dans l'espace interpelle et soulève de nombreuses questions dont la réponse n'est pas triviale.

- **Son empreinte carbone**, tout d'abord. Ces croisières spatiales consomment de l'énergie, des ressources et rejettent dans l'atmosphère des composés polluants. Elles pourraient accélérer la crise environnementale et climatique si elles venaient à se démocratiser. Mais est-ce plus contestable que nos pratiques touristiques actuelles qui ont banalisé nos voyages à bord d'avions ou de paquebots ?
- **Son inutilité pour la recherche scientifique et technologique**, qui a été longtemps l'apanage d'une activité spatiale à la main des Etats ou des agences spatiales. Mais la privatisation de l'exploitation de l'espace et de l'orbite basse terrestre, avec l'entrée massive des entrepreneurs du "new space" n'est-il pas en train de radicalement bouleverser ce modèle originel ?
- **Son rapport à l'éthique, tant sociétale que spatiale**. Ce loisir spatial semble pour longtemps encore réservé à une élite fortunée, ne faisant qu'amplifier la fracture d'une société en crise. Le "touriste de l'espace" achète son ticket pour aller voir la Terre comme peu d'élus l'ont vue. Mais est-il plus inconvenant que ces "happy few" dépensent leur argent pour aller dans l'espace plutôt que de s'offrir de super-yachts de luxe ou des jets privés ? A contrario, l'astronaute va dans l'espace au nom de la science, et il est choisi sur son parcours professionnel, sur ses compétences techniques, sur ses qualités physiologiques, etc.... Mais jusqu'à quand cette image idéaliste de l'homme dans l'espace pourra-t-elle résister à des logiques commerciales qui s'emparent de l'espace comme d'un nouvel eldorado ?
- **Son encadrement juridique**, enfin. Les accidents spatiaux, les collisions dans l'espace deviendront des occurrences évidentes dans ce nouveau paysage. Faudra-t-il rapidement fixer des règles sur la responsabilité des transporteurs spatiaux en cas de dommages, et sur celle des touristes de l'espace en cas d'actions, de comportements inadaptés(?), et pour éviter d'inexorables conflits juridiques ? Mais tout cela ne pourrait-il pas bénéfiquement accélérer l'urgence d'une régulation internationale des activités spatiales face aux dangers évidents d'une libéralisation de l'espace, et permettre aux Etats, aux agences spatiales de prendre le contrôle de cette nouvelle quête spatiale ?

Last but not least, le tourisme spatial vu par Musk ou par Bezos se veut être le moyen à terme de prendre ses distances avec la Terre devenue invivable. Souhaitons que l'avènement de ce tourisme spatial nous aide à ouvrir plus grands les yeux et comprendre que cette quête est une impasse technique, juridique, physiologique, environnementale, etc..., qu'il n'y a pas de dimension extra-terrestre à l'existence de notre humanité et que l'urgence nous commande de recentrer nos efforts sur la protection de notre planète mère.

4 Pour se distraire (et plus si affinités)

4.1 Le quiz : réponse du quiz de juillet 2021 et quiz du mois de décembre

La réponse du quiz du mois de juillet 2021

Les deux images du quiz de la lettre d'information du mois de juillet 2021 étaient extraites d'une image du tout nouveau satellite Pléiades Neo 3 acquise à l'occasion d'un survol d'Istanbul : à gauche, la mosquée Fatih et, à droite, Sainte-Sophie ou Ayasofya, successivement église, mosquée, musée puis à nouveau mosquée depuis 2020.



Crédit image : Airbus DS

Istanbul, la ville favorite de Ian Flemming, est une des destinations fétiches de James Bond. Il y apparaît pour la première fois en 1963 dans « Bons baisers de Russie » et y revient en 2012 pour « Skyfall ».

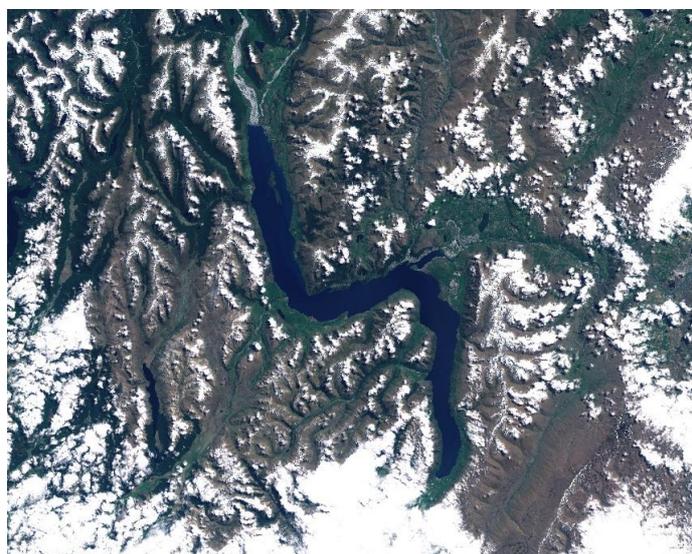
Le quiz du mois de décembre 2021

Voici la nouvelle image mystère pour le quiz du mois.

Elle a été acquise par le satellite européen Sentinel-2A le 22 novembre 2021

(crédit image : ESA / Copernicus / Commission européenne)

Vous avez identifié ce lieu ? Merci d'envoyer votre réponse à communication@amis-cite-espace.org



4.2 Partez vers la Lune en jeu de société

Proposé par Olivier Sanguy

Revenir vers notre satellite naturel n'est pas que la destination du programme Artemis de la NASA ou l'objet des ambitions affichées du spatial chinois. L'éditeur de jeux de société Blue Cocker basé à Toulouse s'y intéresse aussi pour le thème de son titre le plus récent, à savoir *Welcome to the Moon* conçu par Benoit Turpin et Alexis Allard, tous deux membres du MALT (Mouvement des Auteurs Ludiques Toulousains).

Dans le monde ludique, *Welcome to the Moon* appartient à la catégorie du *Flip & Write* (retournez et cochez) qui associe tirage de cartes et écriture sur une feuille. Comme le titre l'indique, la thématique s'impose spatiale : dans un rétro-futur autour des années 1970 empli d'humour et de clins d'œil grâce aux illustrations d'Anne Heidsieck, l'humanité menacée par des astéroïdes doit s'exiler vers notre satellite naturel. Il y a trois pioches de cartes et en les retournant on obtient donc trois combinaisons de chiffres et de symboles. En fonction de règles bien précises, joueurs et joueuses (jusqu'à six) remplissent leur fiche individuelle en plaçant la combinaison choisie au mieux pour tenter d'obtenir le meilleur score et on continue jusqu'à ce que les conditions de fin de parties soient rencontrées (notamment si on n'a plus de case pour écrire un chiffre). Il y a en tout huit fiches proposant diverses aventures (départ vers la Lune, voyage vers celle-ci, installation, etc.) et surtout de difficultés variées ce qui en fait un jeu familial qui offre également la possibilité de progresser. Les fiches individuelles sont plastifiées, donc réutilisables, et les feutres effaçables inclus dans la boîte. S'y ajoute un mode campagne où on enchaîne les fiches en fonction d'un principe de « livre dont vous êtes le héros ». Bref, une boîte riche de possibilités.

Bien évidemment, le spatial présenté dans *Welcome to the Moon* ne prétend à aucun réalisme. Toutefois, les multiples références à la science-fiction sur les cartes et les fiches (cherchez les clins d'œil à *Alien*, *Interstellar*, *Cosmos 1999*, *Star Trek* et bien d'autres) s'enrichissent d'allusions au spatial réel avec par exemple une sonde de type Luna soviétique dessinée sur le sol lunaire dans une des fiches ou encore les astronautes et ingénieures figurant sur les cartes du mode solo (qui permet de jouer seul). Qu'on en juge, vous retrouverez ainsi Thomas (Pesquet, bien sûr), Stephanie (Wilson), Franklin (Chang-Díaz), Katherine (Johnson), Sergei (Krikalev), Peggy (Whitson), Margaret (Hamilton) et Alexei (Leonov).

Welcome to the Moon s'inscrit de surcroît dans un mouvement général de jeux de société faisant appel à la thématique spatiale et pas seulement celle de la science-fiction ou du Space Opéra. L'un des plus gros succès du genre est *Terraforming Mars* de Jacob Fryxelius (chez Intrafin pour la version française) où on dirige des corporations cherchant à rendre la planète rouge plus hospitalière. Oui, des sociétés privées et non des agences spatiales ! Car les personnes qui créent des jeux aiment à se pencher sur l'actualité des thèmes utilisés et elles n'ont pas manqué de constater la montée du New Space. On retrouve cet aspect de course entre des entreprises avec le récent *Rocketmen* de Martin Wallace chez Asyncon ou aussi, plus ancien (2018) mais toujours excellent, *Ganymede* de Hope S. Wang chez Sorry We Are French. Et il ne s'agit là que de la partie émergée de l'iceberg ludique spatial qui regorge de titres offrant à chacun et chacune le loisir de forger ses propres aventures astronautiques tout en restant dans le confort d'une partie entre amis et amies autour d'une table.

Sur Toulouse, on conseillera notamment le magasin Le Passe-Temps au 30 rue des Lois (www.le-passe-temps.com).

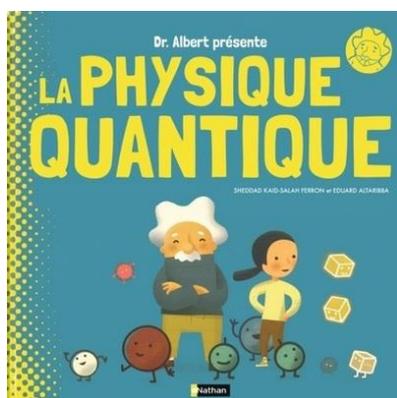


Welcome to the Moon
De Benoit Turpin et Alexis Allard
Illustré par Anne Heidsieck
Édité par Blue Cocker (<https://bluecocker.com>)

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

4.3.1 Collection « Dr. Albert présente » aux éditions Nathan

Proposé par Carine Onyshchenko



Si vous ne savez pas quoi offrir à vos enfants et petits-enfants férus de science ce Noël voici une idée de cadeau qui devrait leur plaire ! La collection « Dr. Albert présente » aux éditions Nathan contient trois titres de très bonne qualité : même pas peur d'aborder les notions les plus complexes avec les enfants à partir de 9 ans ! Que ce soit la physique quantique, la relativité ou l'astrophysique les auteurs prennent le parti d'avancer pas à pas à l'aide d'illustrations et de schémas explicites afin que chaque notion soit acquise avant de passer à la suivante. C'est ludique et pédagogique, les enfants adorent et en redemandent... et les adultes apprennent aussi !

Celui sur la relativité est lauréat du prix « La science se livre 2021 ».

14€95 chaque titre.

<https://site.nathan.fr/livres/pr-albert-presente-laastrophysique-meme-pas-peur-documentaire-scientifique-des-9-ans-9782092491225.html>

<https://site.nathan.fr/livres/pr-albert-presente-la-relativite-meme-pas-peur-documentaire-scientifique-des-9-ans-9782092593554.html>

<https://site.nathan.fr/livres/pr-albert-presente-la-physique-quantique-documentaire-scientifique-des-9-ans-9782092590355.html>

4.3.2 Bandes dessinées de Robin Walter KZ DORA et Von Braun

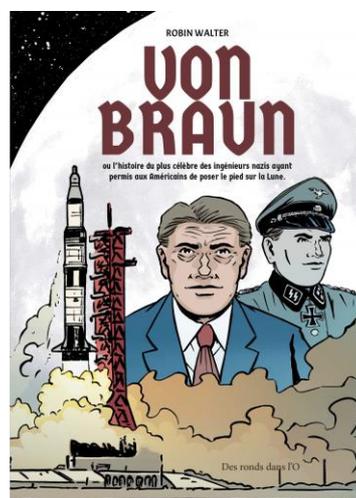
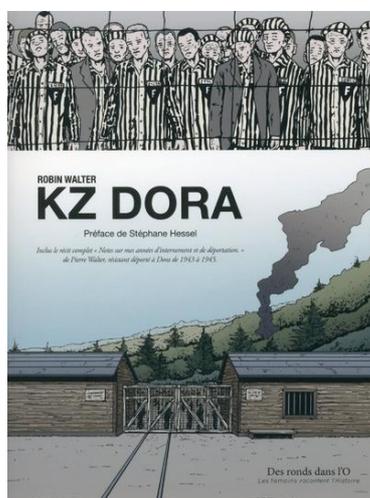
Proposé par Edith Cassart

Lors de la journée DORA organisée le 3 novembre à la Cité de l'Espace, Robin Wallter, petit-fils de Pierre Walter déporté à Dora, a présenté ses 2 BD : KZ DORA sur l'histoire du camp de concentration DORA et VON BRAUN « l'histoire du plus célèbre des ingénieurs nazis ayant permis aux américains de poser le pied sur la lune ».

desrondsanslo.com/KZDoraIntegrale.html

www.robinwalter.fr/kz-dora/

www.robinwalter.fr/von-braun-2/





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, Michel Bouffard, Michelle Bousquet, Edith Cassart, Gil Denis, Lionel D'Uston, Geneviève Gargir, Philippe Marchal, Carine Onyshchenko, Raymond Pache, Olivier Sanguy, Jacques Simon, Éric Tronche

Crédits photos :

ESA, NASA, Oleg Artemyev, spaceX, Wikimedia Commons, CNES, Audrey DUSSUTOUR / CRCA / CNRS Photothèque, NASA/AMES RESEARCH CENTER, Cité de l'Espace, CNES/LE DOAREZ Pascal, 2001, Thales Alenia Space, Airbus, Airbus DS, Gil Denis, ESA / Copernicus / Commission Européenne



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](#)