De la maîtrise de l'air à la conquête de l'espace

Dossier de presse
Salon International de
l'Aéronautique et de l'Espace 2017

Air Liquide
creative oxygen

Air Liquide, acteur majeur de l'aéronautique et du spatial

Leader mondial des gaz, technologies et services pour l'industrie et la santé, Air Liquide est un partenaire majeur de l'aviation civile et militaire et participe à l'aventure spatiale depuis plus de 50 ans.

Air Liquide conçoit des systèmes pour la génération de gaz à bord des aéronefs, ou destinés aux applications aéronautiques au sol. Dans le domaine spatial, Air Liquide s'est bâti une forte crédibilité grâce à son expertise dans les lanceurs (moyens sols, lanceurs Ariane), dans la conception d'équipements cryogéniques pour les satellites mais aussi l'exploration spatiale (MTG, Herschel, Planck, Melfi, Curiosity, ExoMars…).

Le Groupe poursuit sa stratégie pour innover et repousser en permanence les frontières technologiques et contribue à dessiner les contours du monde de demain, en développant des solutions industrielles répondant aux enjeux économiques et environnementaux actuels.

À l'occasion de cette nouvelle édition du SIAE, Air Liquide présente ses dernières innovations dans les domaines de l'aéronautique et du spatial, comme par exemple les réflexions menées sur l'hydrogène comme source d'énergie alternative dans les avions, ou encore les nouvelles technologies développées pour le futur lanceur Ariane 6, pour la propulsion électrique des satellites et ses projets en lien avec l'exploration spatiale (village lunaire, Mars…).

Air Liquide, une expertise dans la fourniture et la génération de gaz à bord des aéronefs et au sol pour l'aviation civile et militaire

Leader mondial dans le domaine des technologies de séparation des gaz de l'air, Air Liquide a développé une expertise de pointe dans le domaine aéronautique, et est aujourd'hui un partenaire privilégié de l'aviation civile et militaire. Air Liquide propose des équipements et systèmes destinés à être embarqués à bord des avions et hélicoptères ou pour des applications au sol.

- Génération de gaz à bord des aéronefs : l'OBOGS pour la fourniture d'oxygène à bord des avions, l'OBIGGS pour la protection des réservoirs de carburant
- Équipements d'oxygène portable pour le personnel naviguant ou les passagers
- Moyens de servitude au sol, cryogénie pour l'optronique et service support aéronautique
- L'énergie hydrogène pour l'aéronautique : réduire la pollution dans les airs et les aéroports

Fidèle à son esprit de pionnier, Air Liquide accompagne et soutient l'aventure Solar Impulse depuis ses origines.

Génération de gaz à bord des aéronefs

L'OBOGS pour la fourniture d'oxygène à bord des avions

Le système de génération autonome OBOGS (On Board Oxygen Generating System) produit de l'air enrichi en oxygène directement et de façon illimitée à bord d'avions. Destiné à remplacer les réserves d'oxygène liquide à bord de l'avion et donc à réduire le poids des équipements respiratoires, l'OBOGS permet de couvrir tous les besoins physiologiques des pilotes (gaz respirable et protection anti-g). Sélectionné sur de nombreux programmes aéronautiques militaires, l'OBOGS d'Air Liquide équipera demain plus de la moitié des avions de nouvelle génération, et ambitionne également d'équiper des aéronefs civils dans un futur proche.

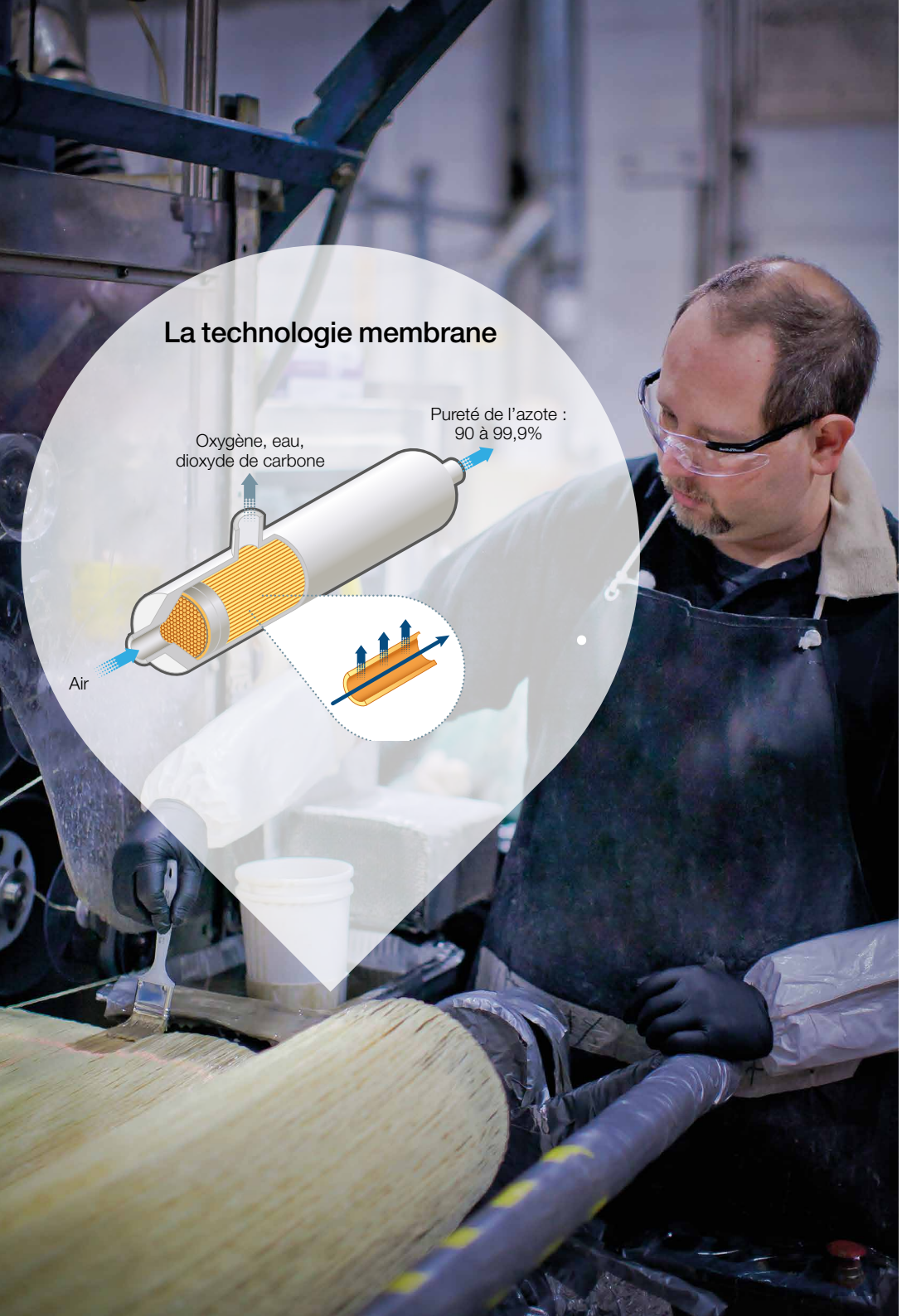
Le prototype de l'OBOGS a volé pour la première fois sur un Mirage 2000 en 1989, avant d'être sélectionné par Dassault dès l'année suivante pour équiper le Rafale (premier vol en 1993). Il y a plus de 500 avions de chasse équipés d'équipements et systèmes OBOGS (Rafale F35, L159, M346...).

L'OBIGGS pour la protection des réservoirs de carburant

Pour sa part, la gamme OBIGGS (On Board Inert Gas Generating System) améliore la sécurité des avions et des hélicoptères grâce à un système d'inertage écartant le risque d'incendie ou d'explosion des réservoirs de carburant. Basé sur la technologie de séparation des gaz MEDAL™ d'Air Liquide, l'OBIGGS produit pendant la mission le flux d'air enrichi en azote nécessaire à la protection de l'avion.

L'OBIGGS d'Air Liquide fut livré dès 1991 à Eurocopter en vue d'équiper le Tigre allemand. A ce jour Air Liquide a équipé plus de 380 hélicoptères militaires en OBIGGS (ALH, Tigre, KUH Surion/KHP). Cet équipement a récemment été commercialisé pour l'aviation civile et équipe aujourd'hui le Boeing B-737.

Équipement OBOGS.



La technologie des membranes Air Liquide pour la séparation des gaz

Les membranes d'Air Liquide Advanced Separations sont au coeur du système OBIGGS. Fabriqué en fibres polymères creuses, l'OBIGGS permet de réduire la teneur en oxygène dans les vapeurs de carburant contenues dans les réservoirs des avions. Les systèmes OBIGGS empêchent l'allumage des vapeurs des citernes de carburant réduisant ainsi les risques d'incendies ou les explosions.

Air Liquide Advanced Separations est une filiale du Groupe qui est issue du rapprochement des deux entités américaines MEDAL et PoroGen, conçoit et fabrique une large gamme de membranes à fibres creuses et complètes nécessaires à la séparation et la purification des gaz.

Comment ça marche ?

C'est le polymère utilisé pour fabriquer la membrane qui détermine le degré de séparation. Grâce à un jeu de pressions, les gaz traversent sélectivement la membrane en fonction des différences de taille, de forme et de solubilité, en utilisant la force motrice de la pression partielle. Un exemple : les molécules d'oxygène traversent 2 à 9 fois plus rapidement les membranes que les molécules d'azote, plus grosses et moins solubles.

Les avantages de la technologie membrane Air Liquide :

- Un système léger et compact
- Une membrane productive et éconergétique
- Une solution adaptable et intégrée

Équipements d'oxygène portables

Équipements de protection respiratoire du personnel naviguant (cagoule-PBE)

Air Liquide conçoit et fabrique des équipements respiratoires (cagoules-PBE) spécialement conçus pour le personnel naviguant commercial (PNC). Nos équipements respiratoires utilisent de l'oxygène qualité aéronautique comprimé et délivrent cet oxygène dès sa mise en place avec une autonomie de 15 minutes. Il permet une livraison autonome d'oxygène en circuit fermé pour atmosphères viciées ou amerrissages forcés et apporte aux personnels de bord la protection et l'autonomie nécessaires au bon déroulement des opérations d'évacuation en cas d'incendie.

Bouteilles d'oxygène portables

Air Liquide a acquis la technologie des bouteilles portables d'oxygène d'Avia Technique, spécialisée dans la distribution mécanique de gaz. Sa technologie-phare : l'oxygénation thérapeutique, de secours et de première urgence sur les avions de ligne.

Bouteille d'Oxygène portable "POCA"* - CC Series
Équipement portable conçu pour délivrer de l'oxygène aux passagers ou aux personnels de bord dans les situations d'urgence à bord des avions.
**Portable Oxygen Cylinder Assembly*

Bouteille portable d'oxygène à système "pulse" - De Series
Bouteille d'oxygène portable dédiée à une utilisation thérapeutique à bord des avions. Cette bouteille d'oxygène est destinée aux passagers munis d'une prescription médicale et qui ont réservé une bouteille pour leur vol. Sa technologie innovante est fondée sur la distribution d'oxygène pulsée, qui combine le déclenchement de la bouffée d'oxygène à l'inspiration de l'utilisateur et le contrôle de la quantité d'oxygène délivrée, avec un bénéfice immédiat : 5 fois plus d'autonomie pour les bouteilles d'oxygène thérapeutique embarquées.

Moyens de servitude au sol

Pour répondre aux contraintes logistiques des armées et des compagnies aériennes, Air Liquide a développé des moyens de servitude sol : générateurs mobiles pour le gonflage des pneus et des amortisseurs, ou le remplissage de capacités haute pression, des générateurs mobiles d'oxygène pour le remplissage des bouteilles ou des convertisseurs pour les pilotes et les équipages. Air Liquide répond aux contraintes des armées et des compagnies aériennes en les libérant d'une lourde logistique.

- Suppression de la logistique liée aux systèmes de stockage d'oxygène et d'azote liquide et de transport de bouteilles.
- Production d'oxygène (qualité aéronautique 99,5 %) et d'azote en environnements sévères tels que les porte-avions, les sites isolés.
- Fourniture d'oxygène haute pureté en grande quantité pour hôpitaux de campagne.

Cryogénie pour l'optronique

Air Liquide propose une large gamme de mini réfrigérateurs cryogéniques assurant le refroidissement en dessous de 100 K de détecteurs infrarouges pour différentes applications optroniques.
Réfrigération de détecteurs infrarouges ou de composants électroniques, au sol ou embarqués, dans des contraintes environnementales sévères.

Service support aéronautique

Le service support client aéronautique assure la maintenance préventive et curative des systèmes de génération de gaz embarqués et des matériels de support au sol pour garantir leur maintien en condition d'opération.

Remplissage d'un convertisseur d'oxygène embarqué via un système de génération autonome.

L'hydrogène est un vecteur énergétique, propre et sûr, utilisable pour produire de l'énergie ou comme matière première dans l'industrie et pouvant être stocké facilement à grande échelle. Pouvant être produit à partir d'électricité (renouvelable) et de combustibles fossiles à faibles émissions de carbone, l'hydrogène génère zéro émission au point d'utilisation. Les utilisations de l'hydrogène sont potentiellement multiples car il peut être stocké et transporté à haute densité d'énergie sous forme liquide ou gazeuse, et peut être valorisé ou utilisé dans des piles à combustible pour générer de la chaleur et de l'électricité. L'hydrogène présente un potentiel pour la mobilité terrestre. Air Liquide conçoit et installe des stations hydrogène destinées à alimenter les véhicules électriques à hydrogène dans le monde.

L'énergie hydrogène pour l'aéronautique

Réduire la pollution dans les airs et sur les aéroports

Afin de réduire la dépendance aux énergies fossiles, et plus particulièrement au kérosène, il est nécessaire de trouver des énergies alternatives propres et durables. Air Liquide met son expertise dans le domaine de l'hydrogène au service de l'aéronautique et développe des solutions plus respectueuses de l'environnement.

L'hydrogène, support à bord des avions

L'hydrogène est une source d'énergie propre avec un fort potentiel pour des applications aéronautiques. Air Liquide développe des stockages haute-pression d'hydrogène liquide et gazeux pour alimenter des piles à combustible embarquées à bord des avions. Utilisé dans une pile à combustible, l'hydrogène se combine à l'oxygène de l'air pour produire de l'électricité tout en ne rejetant que de l'eau. L'électricité ainsi créée peut servir pour différentes applications, notamment quand l'avion est au sol.

Air Liquide participe au **projet européen Hycarus** en partenariat avec Zodiac Aerospace, Zodiac Aerospace, Dassault Aviation, le CEA, INTA, JRC et ARTTIC. Ce projet vise à démontrer la fiabilité et la sécurité du remplissage hydrogène sur un aéroport et la fiabilité de l'utilisation d'une pile à combustible à bord de l'avion. Pour cet avion Air Liquide a conçu le stockage d'hydrogène embarqué qui alimentera une pile à combustible qui permettra de faire fonctionner les éléments non-vitaux de l'appareil comme les galleys (cuisine) pendant le vol. Afin d'alimenter ces réservoirs, Air Liquide a développé une station de remplissage mobile haute pression. Cette solution de recharge sera testée lors du **premier vol d'Hycarus** fin 2017.

L'hydrogène, support au sol dans les aéroports

La logistique au sol dans les aéroports (chariots élévateurs, nacelles et véhicules de transport de bagage) peut s'appuyer sur l'énergie hydrogène qui permet de réduire la pollution. La mise en place de flottes captives fonctionnant à l'hydrogène permet d'augmenter la productivité tout en diminuant les émissions sur le lieu d'utilisation. Air Liquide fournit des stations de recharge hydrogène adaptées aux besoins des flottes de véhicules utilitaires et aux spécificités liées à l'aéronautique. Intégrées directement sur site elles permettent d'effectuer un remplissage en moins de 5 minutes.

Air Liquide, embarqué à bord du Solar Impulse l'avion solaire autour du monde

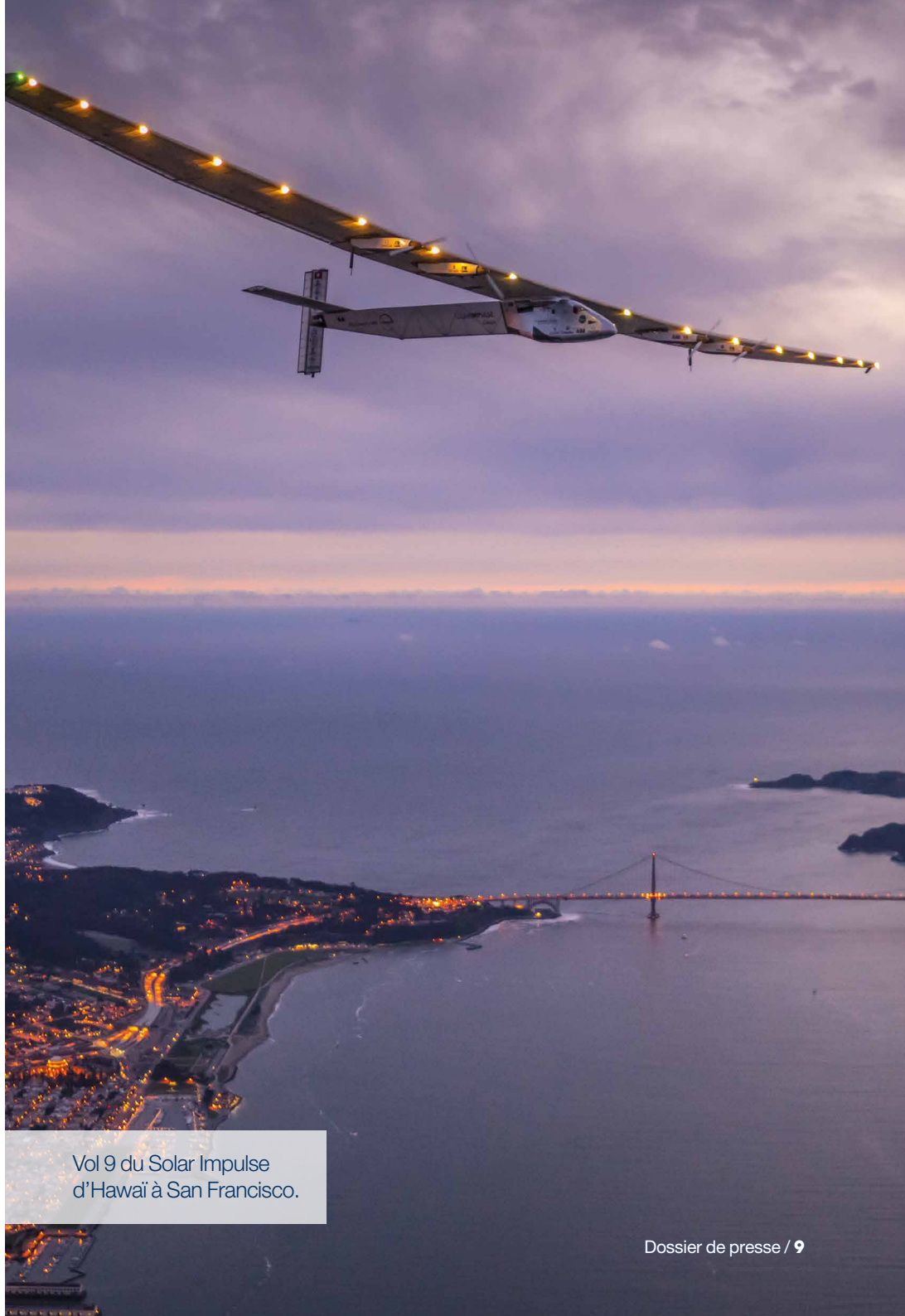
Accompagner les pionniers

Air Liquide, en tant que supporteur officiel, a fourni l'oxygène de qualité aéronautique pour les différents vols étapes du premier tour du monde de Solar Impulse.
Air Liquide soutient le challenge de Solar Impulse depuis l'origine et partage l'esprit pionnier et d'innovation de ce projet.

Solar Impulse a bouclé son tour du monde le 26 juillet 2016 en ayant **parcouru plus de 40 000 km**. Air Liquide a assuré les chargements d'oxygène aéronautique et approvisionné l'avion à différentes étapes du parcours.
Solar Impulse est un concentré de technologies propres qui puise son énergie dans le Soleil. **269,5 m² de panneaux solaires** couvrant les ailes lui permettent de voler jour et nuit en toute autonomie. Chargées le jour, les batteries prennent le relais dans la nuit.
Pour pouvoir naviguer les 14 heures d'obscurité, le cycle du vol a été étudié et adapté : Solar Impulse peut voler à **9 000 m d'altitude** en phase lumière pour s'octroyer 4 heures de vol plané, les moteurs fonctionnant au ralenti.
Ainsi, c'est seulement lorsqu'il atteint 1 500 m d'altitude qu'il se met à utiliser l'énergie emmagasinée dans la journée.

Fournir l'oxygène au pilote de Solar Impulse

Air Liquide a fourni **plusieurs milliers de litres d'oxygène** de qualité aéronautique, un oxygène vital au pilote au dessus de 3 000 m d'altitude. Très pur, comme son pendant thérapeutique, l'oxygène aéronautique a pour particularité d'être sec. Si c'est généralement un désavantage, car il diminue le confort de l'utilisation, ici c'est un avantage car il ne risque pas de geler malgré la rigueur du cockpit de Solar Impulse.



Vol 9 du Solar Impulse d'Hawaï à San Francisco.

En bref

Air Liquide et l'aéronautique

Air Liquide, **leader mondial** de la génération de gaz embarqué depuis plus de **30** ans

Environ **300** compagnies aériennes équipées des **cagoules-PBE**

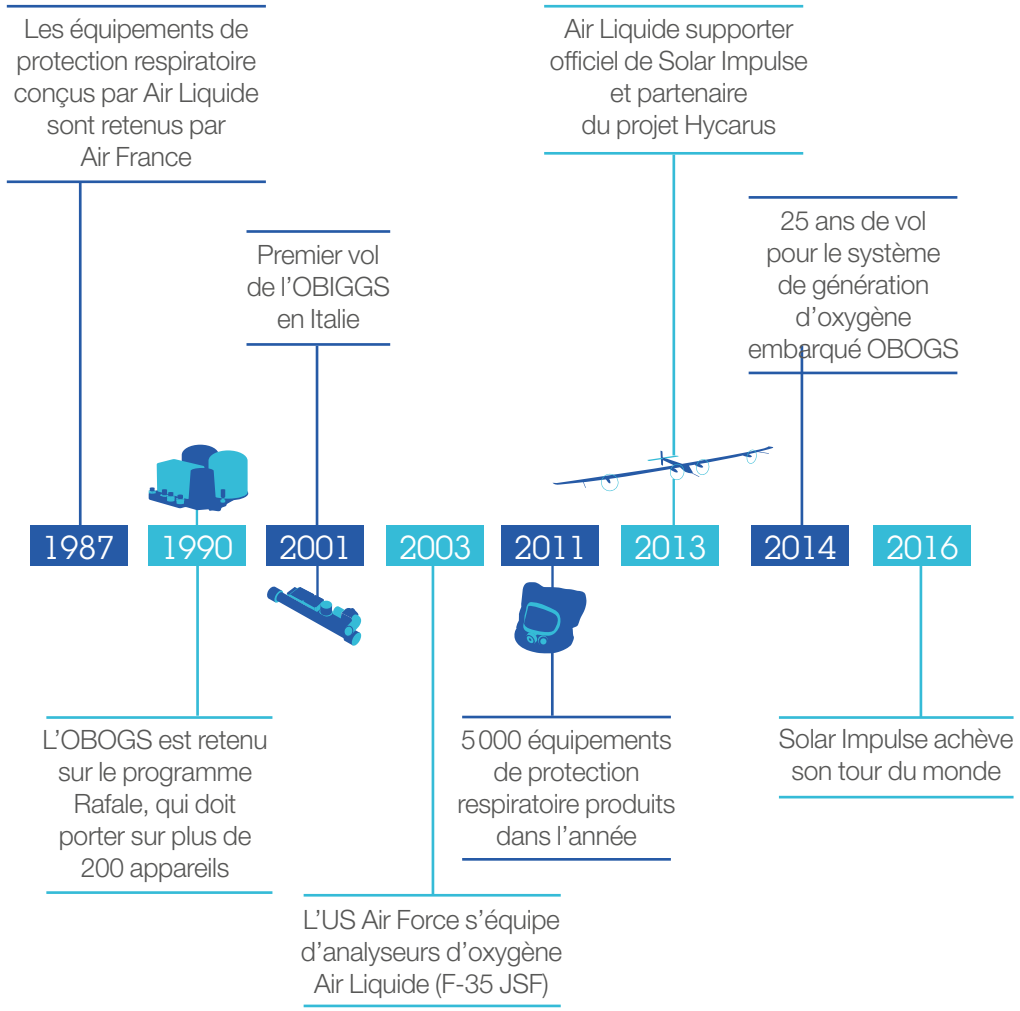
environ **75 000** **cagoules fabriquées** depuis 1986

1000 **vannes motorisées** produites par an

Plus de **500** **avions militaires** équipés d'équipements et systèmes **OBOGS**

Plus de **380** **hélicoptères** équipés d'**OBBIGS**

Plus de **5 000** **avions commerciaux** aux réservoirs **inertés par des équipements Air Liquide** (membranes Medal)



Air Liquide, partenaire historique de l'aventure spatiale depuis plus de 50 ans

Air Liquide s'est bâti une forte crédibilité dans le domaine spatial en tant que partenaire de la communauté scientifique et acteur au niveau de la réalisation des réservoirs et des équipements cryotechniques en ce qui concerne la production des gaz industriels et de la fourniture de services associés. Grâce à sa maîtrise de la cryogénie, Air Liquide est associé aux plus grands projets spatiaux internationaux : le programme Ariane, les satellites d'observation (Herschel, Planck,...) ou encore la Station Spatiale Internationale (Melfi).

Aujourd'hui, Air Liquide poursuit ses ambitions dans le spatial au niveau :

- Des **lanceurs et du projet Ariane 6**, capitalisant ainsi sur ses savoir-faire et expériences acquis depuis Ariane 1 jusqu'à maintenant Ariane 5, dans le cadre d'une offre globale "sol, bord, gaz, services",
- Des **satellites** grâce à sa technologie innovante pulse tube (production de froid par des tubes à gaz pulsé),
- De **l'exploration spatiale** sur les enjeux de production d'énergies renouvelables notamment pour les installations à venir sur la Lune (Village Lunaire) ou encore les équipements du MOMA (Mars Organic Molecule Analyser), l'instrument principal d'ExoMars qui sera lancé en 2020.

Air Liquide, embarqué à bord du futur lanceur européen Ariane 6

Depuis le début du programme Ariane à Bruxelles en 1973, Air Liquide a contribué à toutes les évolutions successives du lanceur, d'Ariane 1 à Ariane 5 - une collaboration sans faille avec les partenaires européens lors des 236 vols d'Ariane comptabilisés à ce jour. Aujourd'hui, Air Liquide est le partenaire du nouveau lanceur Ariane 6. Le Groupe est autorité de conception pour la partie cryogénie de cette nouvelle fusée à 3 niveaux de propulsion, dont deux à hydrogène.

Air Liquide accompagne le Centre National d'Etudes Spatiales (CNES) et Airbus Safran Launchers (ASL) dans le **développement à bord et au sol du futur lanceur Ariane 6**. Le Groupe sera chargé des études cryogéniques et assurera notamment la **conception et la fabrication des lignes cryogéniques des réservoirs des étages principal et supérieur** du lanceur. Sur le pas de tir de Kourou en Guyane, Air Liquide a également été choisi pour la **conception des équipements de distribution des fluides cryogéniques** - oxygène, azote, hydrogène et hélium - nécessaires à la propulsion du nouvel ensemble de lancement ELA4 dédié à Ariane 6.

Air Liquide souhaite maintenir et renforcer le socle construit autour des lanceurs avec une compétence sol unique mise en œuvre à Kourou et une expertise en cryogénie également unique, sur le projet Ariane 6, capitalisant ainsi sur nos savoir-faire et expériences acquis depuis Ariane 1 jusqu'à maintenant Ariane 5, dans le cadre d'une **offre "sol / bord / gaz / services"**.

Pour ce faire, Air Liquide a développé des technologies cryogéniques innovantes qui permettent de répondre aux nouveaux enjeux de la filière, notamment à la nécessité de "versatilité" du futur lanceur Ariane 6 qui devra être capable de s'adapter à des missions différentes. Pour cela, un changement important est nécessaire puisque le moteur cryotechnique qui propulse l'étage supérieur devra se ré-allumer en vol.

Air Liquide, au cœur du lanceur européen Ariane 5

Fort de son savoir-faire sur les réservoirs cryogéniques d'Ariane, Air Liquide apporte une valeur ajoutée unique à la filière grâce à plus de 50 ans d'expertise en cryogénie spatiale, avec des dizaines de collaborateurs spécialisés et un centre d'essais dédié.

Aux Mureaux en région parisienne, Euro Cryospace (partenariat stratégique entre Air Liquide et Airbus Defence and Space) intervient dès la conception des réservoirs cryotechniques jusqu'à leur intégration dans les systèmes et propose des solutions innovantes pour optimiser la performance du lanceur. Euro Cryospace, avec ses 150 employés, conçoit, développe et fabrique les réservoirs de l'étage principal du lanceur, lesquels contiennent 175 tonnes d'hydrogène et d'oxygène liquides ainsi que le réservoir d'hydrogène liquide de l'étage supérieur cryotechnique.

Air Liquide Advanced Technologies près de Grenoble, avec la contribution de 150 employés, conçoit et produit le sous-système d'hélium liquide de l'étage principal ainsi que le réservoir d'oxygène de l'étage supérieur cryotechnique d'Ariane 5 ECA, capable de propulser en orbite géostationnaire deux satellites pesant près de 10 tonnes au total.

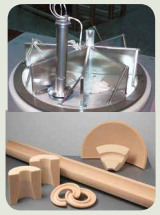
Air Liquide continue de fabriquer les réservoirs d'Ariane 5 jusqu'en 2022, date à laquelle Ariane 6 prendra la relève.

1. Mesures et contrôle de la pression

2. Réservoir d'hélium pressurisé

3. ESC-A* : Réservoir d'hydrogène liquide

4. ESC-A* : Réservoir d'oxygène liquide



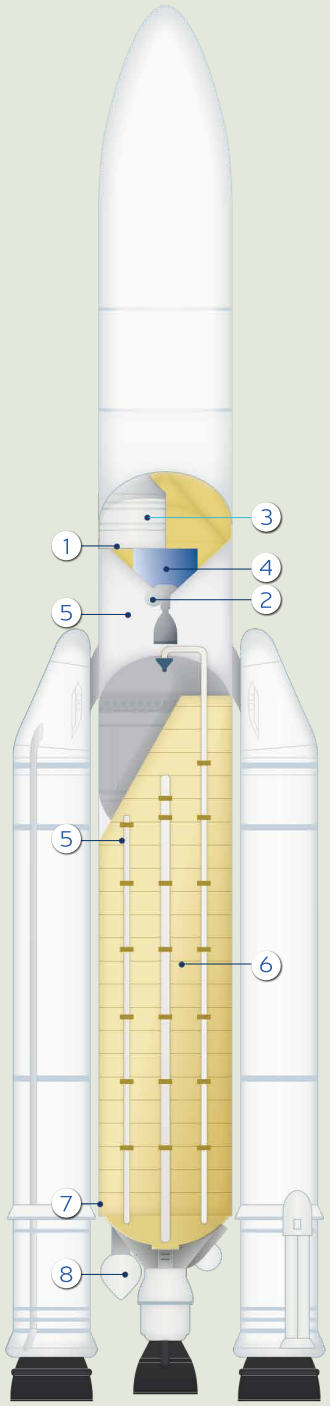
5. Jauges de niveau (hydrogène et oxygène liquide), isolation, anti-vortex…

6. EPC** : Réservoirs d'hydrogène et d'oxygène liquide

7. Lignes cryogéniques

8. Réservoirs d'hélium liquide pour pressurisation

**ESC-A : Étage Supérieur Cryotechnique "A"*
***EPC : Étage Principal Cryotechnique*



Deux projets scientifiques au service des futurs lanceurs

C'est au début des années 2000, qu'Air Liquide et Euro Cryospace ont été choisis par le CNES pour développer de nouvelles technologies cryogéniques pour les futurs lanceurs. Le programme a débuté par une phase d'études et d'essais élémentaires au cours de laquelle chaque nouvelle technologie a été étudiée et validée séparément : l'isolation, la gestion des fluides cryogéniques en apesanteur, la pressurisation, les jauges de niveaux, etc. Ces technologies ont ensuite été associées sur le module de démonstration HX, simulant les nouveaux réservoirs à l'échelle 1⁄2 Les essais réalisés dans le cadre du **programme de démonstration HX** qui a pris fin en 2011 ont permis de **valider 14 technologies inédites**.

Air Liquide a également participé à la **mission Cryofenix**. La fusée-sonde baptisée Cryofenix, opérée par Swedish Space Corporation, a été lancée en février 2015, depuis la base d'Esrange, à 40 km de Kiruna (Suède), avec à son bord, de l'hydrogène liquide. Un module expérimental contenant de l'hydrogène liquide a effectué un vol en microgravité (au-delà de 100 km d'altitude, avec une apogée à 260 km), d'une durée de 6 minutes. **L'objectif de cette première en Europe : tester en vol le comportement de l'hydrogène liquide en microgravité dans le but de corréler les calculs théoriques avec la réalité et d'accroître la performance des futurs lanceurs Ariane 6**, grâce à une meilleure connaissance du comportement des ergols* cryogéniques en vol.

Dans ce projet, en partenariat avec le CNES, Air Liquide a fourni le module de vol cryogénique contenant l'hydrogène, le système d'alimentation sur le pas de tir en hydrogène liquide et assuré son approvisionnement jusqu'à la base spatiale, au-delà du cercle polaire.
Ces projets scientifiques et techniques servent à tester et valider les technologies des futurs lanceurs.

**ergols : comburant et combustible employés sous forme liquide destinés à fournir de l'énergie pour un lanceur.*

Fusée-sonde Cryofenix lancée depuis la Suède en février 2015.

Air Liquide au Centre Spatial Guyanais à Kourou

Sur les bases spatiales de lancement à Kourou en Guyane, à Cap Canaveral aux Etats-Unis, à Tanegashima au Japon, ou encore à Xichang et Wenchang en Chine, Air liquide réalise, teste et optimise les installations et raccordements des lignes cryogéniques des pas de tirs depuis les années 1980. La création d'**Air Liquide Spatial Guyane** - partie intégrante du Centre Spatial Guyanais – en 1991 a permis à Air Liquide de produire et assurer, directement sur le pas de tir à Kourou, la fourniture de l'ensemble des fluides de propulsion et services associés nécessaires au lancement d'Ariane.

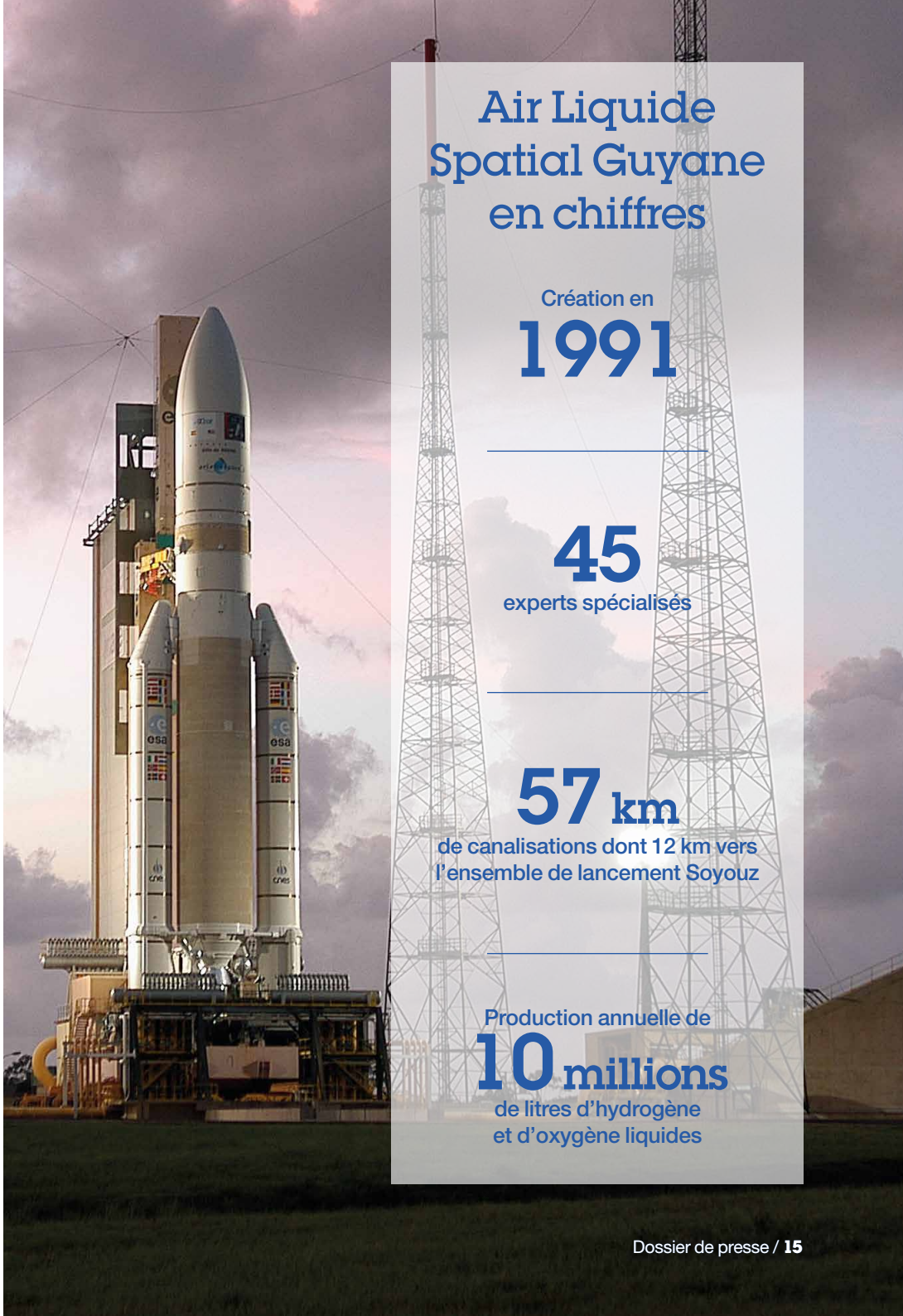
Fourniture des gaz

- Hydrogène et oxygène liquides pour la propulsion des lanceurs,
- Hélium stocké à l'état liquide qui permet, après réchauffage, de pressuriser le réservoir principal d'oxygène,
- Hélium gazeux et azote utilisés pour les pressurisations, mises en froid et purges.

Services sur site, assistance et accompagnement jusqu'au lancement

Les prestations d'Air Liquide vont bien au-delà de la fourniture de gaz. Les équipements Air Liquide, tels que les liquéfacteurs d'hélium (HELIAL) et d'hydrogène (HYLIAL), permettent de liquéfier les vapeurs de gaz d'hélium et d'hydrogène qui s'évaporent lors du stockage. Air Liquide s'occupe aussi de la maintenance d'un ensemble d'équipements et notamment des lignes sous vide super-isolées.

Les experts d'Air Liquide rejoignent Kourou à chaque campagne de lancement et prennent en charge le contrôle des réservoirs et des équipements cryotechniques jusqu'au lancement. Arianespace comme le CNES confient à Air Liquide Spatial Guyane la responsabilité de superviser la maintenance complète des équipements et de tous les flexibles qui relient le lanceur à la tour ombilicale de lancement.



Air Liquide Spatial Guyane en chiffres

Création en
1991

45
experts spécialisés

57 km
de canalisations dont 12 km vers l'ensemble de lancement Soyouz

Production annuelle de
10 millions
de litres d'hydrogène et d'oxygène liquides

Du froid pour l'espace : équipements cryogéniques pour les satellites

Au-delà des lanceurs, les solutions Air Liquide sont présentes dans l'Espace au travers des équipements de cryogénie, indispensables au fonctionnement des satellites pour l'observation de la terre ou des missions d'astrophysique. Les technologies développées par Air Liquide permettent de répondre à un large éventail de besoins :

- Refroidissement de l'un des instruments d'observation scientifique du **satellite Planck** avec l'installation d'un refroidisseur à dilution
- Stockage d'hélium superfluide à des températures cryogéniques pour le **satellite Herschel**
- Refroidissement des **détecteurs infrarouges** de satellites d'observation de l'univers
- Conservation des échantillons biologiques prélevés dans l'espace avec le système réfrigérant **Melfi**, embarqué dans la Station Spatiale Internationale

Après les premières expériences menées avec succès lors de la fourniture d'équipements cryogéniques pour les satellites Planck et Herschel ou Melfi, Air Liquide poursuit son développement par la création d'une unité dédiée à la conception et à la production de **refroidisseurs spatiaux** (tubes à gaz pulsé) pour les satellites d'observation de la Terre, ce qui constitue une première européenne.

La technologie des "Tubes à gaz pulsés" (pulse tube)

Fruits de 10 années de R&D, les **cryoréfrigérateurs** permettent de maintenir les instruments infrarouges mis en orbite notamment pour l'observation de la Terre à très basse température pendant toute la durée de la mission. La production de froid sur les pulse tube est de 10 à 200 K. Leur fonctionnement est basé sur le principe du moteur Stirling, avec pour amélioration notable l'absence de pièces mobiles sur la partie froide. Embarquée à bord, cette technologie particulièrement innovante permet d'assurer une haute résolution et une stabilité des instruments, indispensables à la qualité des observations et images infrarouges transmises par le satellite.

Les satellites Planck et Herschel

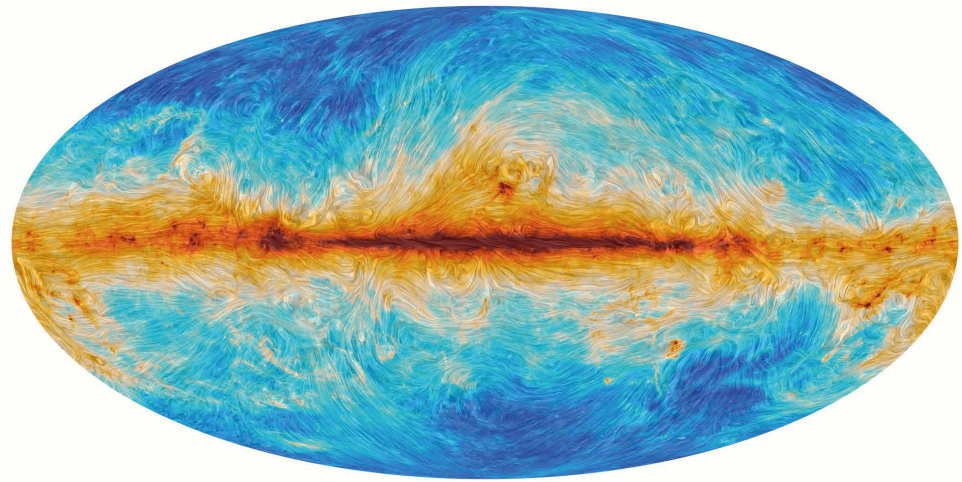
Lancés en 2009, les satellites Planck et Herschel ont sondé les profondeurs de l'univers où règne une température de seulement 3 Kelvin (-270 °Celsius). Pour mesurer un signal précis, leurs détecteurs devaient être refroidis à une température plus basse encore. Afin de détecter les plus faibles signaux émis, il était donc indispensable de faire fonctionner les systèmes cryogéniques embarqués à bord de Planck et Herschel à une température très basse et stable de 0,1 °Kelvin (près de -273 °Celsius), soit un dixième de degré au-dessus du zéro absolu.

Le refroidisseur à dilution développé par Air Liquide sur Planck a assuré un fonctionnement en continu et sans émission de vibration ou de champs magnétiques susceptibles de perturber les observations. Il a fonctionné de manière permanente durant 2 ans et demi, soit plus de 2 fois la durée initialement prévue. **C'est la première fois qu'une telle technologie fut qualifiée pour une utilisation spatiale.**

Pour ce projet exceptionnel, les équipes d'Air Liquide ont travaillé en collaboration étroite avec les experts de l'Institut Néel (CNRS, Centre National de la Recherche Scientifique, France) et l'Institut d'Astrophysique Spatiale (IAS) pour le compte du Centre National d'Etudes Spatiales (CNES, France). Plusieurs découvertes ont déjà été mises en images, comme celle représentant la **structure du champ magnétique de notre galaxie**. Planck a aussi permis de constituer un **catalogue unique de plus d'un millier d'amas de galaxies**.

Sur le satellite Herschel, Air Liquide a conçu et fabriqué, en collaboration avec Airbus Defence and Space et pour le compte de l'Agence Spatiale Européenne, un **réservoir d'hélium liquide** de 2 400 litres destiné à refroidir le télescope et ses trois instruments d'observation.

Ce satellite est devenu **le plus grand et le plus puissant télescope spatial jamais déployé dans l'espace**. Air Liquide a également fourni les lignes de transports d'hélium et les boucliers thermiques isolant les réservoirs et les instruments de l'environnement extérieur. Herschel a étudié l'univers froid pendant plus de 3 ans avec succès.



Carte du champ magnétique de notre Galaxie © ESA collaboration Planck

Le satellite Herschel lors des essais au Centre européen de technologie spatiale (ESTEC) de l'ESA aux Pays-Bas.

Melfi, le "frigo" de l'espace

Melfi est monté à bord de la navette Discovery pour rejoindre son port d'attache, la Station Spatiale Internationale en juillet 2006 et est depuis opérationnel. Dans cette mission organisée par la NASA, avec le support de l'ESA, Melfi est un **cryoréfrigérateur visant à conserver jusqu'à -95°C** des échantillons biologiques et divers prélèvements scientifiques ou résultats d'expériences avant leur retour sur Terre.

Air Liquide a conçu et a développé la **turbomachine de production de froid** qui constitue la partie dynamique de Melfi et dont la vitesse de rotation atteint **80 000 tours par minute**. Les spécialistes du Groupe ont relevé un véritable défi pour concentrer dans un tout petit volume des équipements que l'on trouve habituellement dans des installations industrielles, tout en assurant le haut degré de fiabilité et de sécurité requis pour les vols habités. Initialement prévu pour 2 ans, Melfi enregistre aujourd'hui plus de **10 ans de fonctionnement** permanent à 80 000 tours/minute et continue d'assurer ses fonctions dans le cadre de sa mission.

Melfi était la toute première expérience de machine Turbo-Brayton pour l'espace. Sur la base de son expérience, Air Liquide a proposé la **technologie Turbo-Brayton** qui comprend une ou plusieurs turbomachines nécessaires à la réfrigération ou la liquéfaction des gaz entre 25 K et 200 K (soit entre -73 et -253°C). Développé sur la base du cycle de Brayton, le Turbo-Brayton permet d'améliorer la fiabilité et les rendements des procédés de réfrigération et de liquéfaction et de réduire les coûts d'installation et de fonctionnement liés à la consommation électrique des systèmes et aux opérations de maintenance.

L'astronaute français Thomas Pesquet célèbre les 10 ans de Melfi à bord de la station spatiale internationale, novembre 2016.

L'aventure spatiale continue

Dans les satellites

Les développements au niveau des satellites se concentrent sur trois axes :

- **Conception et fabrication de cryo-réfrigérateurs** (tubes à gaz pulsés, voir page 16) pour des satellites d'observation de la terre, militaires ("programme national") ou commerciaux avec l'objectif d'industrialiser et de standardiser le produit, afin d'en réduire le coût, le délai de fabrication, et ainsi contribuer au développement de la filière observation de la Terre au niveau international.

  Le satellite qui intégrera les premiers pulse tubes et son électronique associée, est l'appareil de reconnaissance optique du futur programme d'imagerie spatiale de défense et de sécurité de la France et de ses partenaires qui rejoindra l'espace en 2018. Air Liquide équipera aussi le **satellite d'observation de la Terre MTG** (MeteoSat Third Generation) avec 12 tubes à gaz pulsé qui devront être opérationnels pour environ 10 années. Par ailleurs, Airbus Defence & Space et le CNES ont choisi de confier le refroidissement de leur nouvelle génération de **sondeur atmosphérique IASI-NG** (Infrared Atmospheric Sounding Interferometer-Next Generation) à Air Liquide.

- **Conception et fabrication de composants pour la propulsion électrique, et fourniture des gaz rares associés**, tels que le Xénon ou l'Argon. Dans ce cadre, Air Liquide pourrait proposer une offre globale de propulsion électrique : gaz rares / système de distribution embarqué / services.

- **Conception et fabrication de composants pour le contrôle thermique des satellites.**

L'aventure spatiale continue

Dans l'exploration spatiale

L'Agence Spatiale Européenne (ESA) a comme objectif l'implantation d'un "**Village Lunaire** (LUNA)", un concept qui prévoit une participation internationale pour effectuer des missions diverses et variées sur la Lune. Air Liquide a annoncé sa participation à ce projet en apportant son savoir-faire sur différents sujets tels l'**énergie renouvelable, support à la vie et transport sur la lune, sur Mars ou encore plus loin**.

Après avoir atterri en août 2012, le **robot Curiosity** continue aujourd'hui d'explorer Mars et livre ses résultats au fur et à mesure de ses observations, tant sur l'analyse de l'air ambiant que sur le sol.

En avril 2015, les analyses de données envoyées par le robot renforcent l'hypothèse selon laquelle de l'eau liquide pourrait exister sur la planète Mars. Ce robot est doté de 10 instruments dont **Sample Analysis at Mars** (SAM), un projet dans lequel Air Liquide fut impliqué dès 2005. Le Groupe est intervenu dans ce projet durant la phase de conception du chromatographe en phase gazeuse en effectuant les brasures et soudures des capillaires, mais également diverses manipulations lors de l'assemblage de SAM au Goddard Space Flight Center (GSFC) de la NASA à Washington.

L'ESA, avec la participation de l'agence spatiale Russe Roscosmos, prévoit d'envoyer en 2020 le **rover ExoMars** pour explorer une nouvelle fois la planète rouge. Le rover cherchera des traces de vie passée et caractérisera la composition du sous-sol martien. Les équipes d'Air Liquide travaillent, à partir des travaux effectués pour Curiosity, sur **MOMA** (Mars Organic Molecule Analyser) l'instrument principal d'ExoMars.
Par ailleurs MOMA GC contient une sphère hélium et un micro-détendeur (technologie développée par le Max Planck Institute), dimensionnés, qualifiés et fabriqués par Air Liquide, pour fournir l'hélium servant de gaz vecteur au chromatographe.

Le robot Curiosity a atterri sur Mars en août 2012.

En bref

Air Liquide et le spatial

Plus de 50 ans
d'expérience et d'expertise

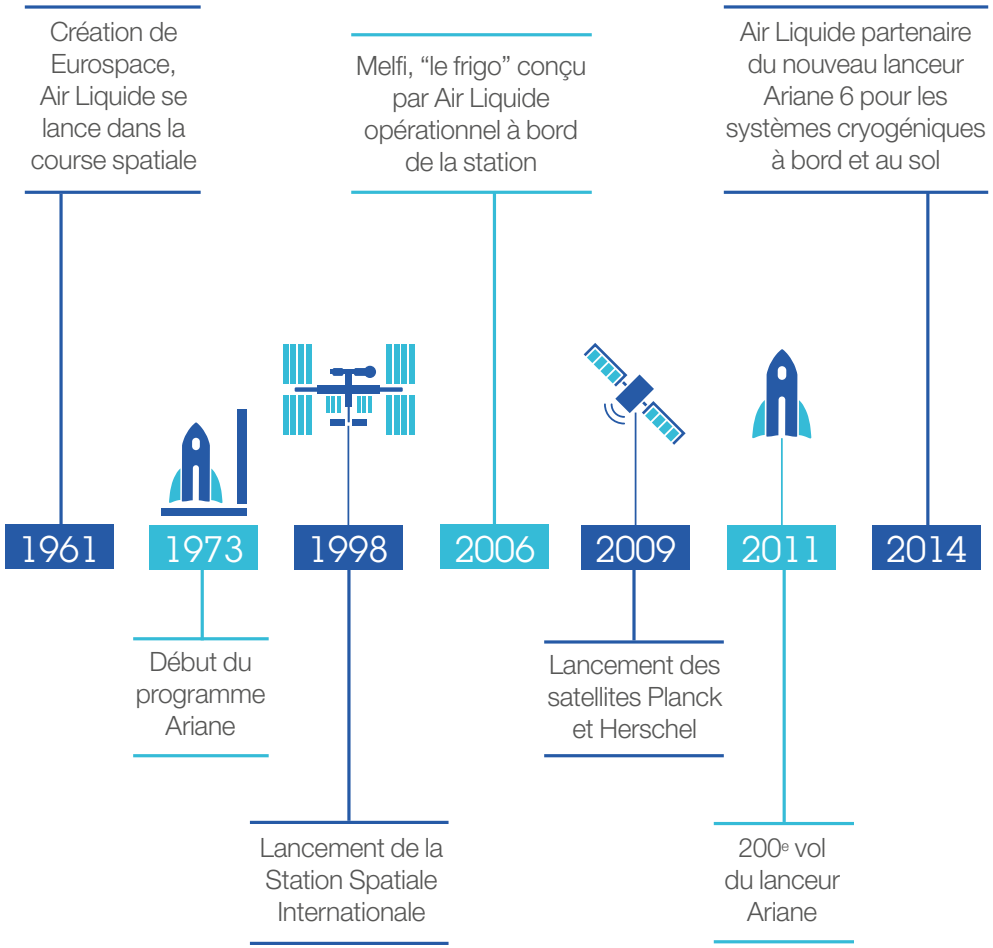
Près de 300
collaborateurs

16 zones d'essai

5 laboratoires de test

300 réservoirs cryogéniques
conçus depuis 1979

6 générations
de lanceurs européens



Air Liquide advanced Business & Technologies

Advanced Technologies appartient au réseau Air Liquide advanced Business and Technologies (aB&T) qui compte plus de 1 500 collaborateurs et 12 filiales.

Advanced Business & Technologies est une business unit constituée d'équipes internationales au sein de l'entité Marchés globaux & Technologies d'Air Liquide. Cette entité crée de nouvelles activités pour le Groupe, forts d'une solide expertise dans les technologies de pointe et d'un état d'esprit résolument novateur. Notre raison d'être est de développer, concevoir et incuber de nouveaux marchés majeurs et durables, pour Air Liquide et pour la société.

Le groupe Air Liquide

Le **leader mondial** des gaz, technologies et services pour l'industrie et la santé

Présent dans **80 pays**

Environ **67 000 collaborateurs**

Plus de **3 millions** de clients et de patients

9 sites de Recherche et Développement

15 principaux **centres d'Ingénierie**

Environ **300 brevets** déposés chaque année

Chiffre d'affaires 2016
18 135 M€

Résultats net 2016
1 844 M€

POUR TOUT RENSEIGNEMENT COMPLÉMENTAIRE,

merci de contacter :

Direction de la Communication Groupe
Caroline Philips + 33 (0)1 40 62 50 84

Communication Air Liquide Marchés et Technologies avancés
Dominique Lecocq +33 (0)4 76 43 64 97
dominique.lecocq@airliquide.com

Alexandra Lebrethon +33 (0)1 40 62 52 73
alexandra.lebrethon@airliquide.com

Suivez-nous sur Twitter @AirLiquideGroup

www.advancedtech.airliquide.com

© Photos : © Photos : Air Liquide / Greg Rakozy / Gettyimages - Westend61 - Sharply Done8 - Sebastian Julian / Chloé Perez / Moris Malakoff / Solar Impulse - Jean Revillard - Rezo / Airbus Safran Launchers Holding 2016 / Artechnique / Patrick Avavian / Laurent Lelong / Ginette / Anders Åberg - SSC Vidsel Test Range / ESA / CNES / Arianespace - CSG Service Optique 2005 / JPL - Caltech – 06.17

Air Liquide advanced Business & Technologies
2, rue de Clémencière
BP 15 – 38360 Sassenage, France

Air Liquide est le leader mondial des gaz, technologies et services pour l'industrie et la santé. Présent dans 80 pays avec environ 67 000 collaborateurs, le Groupe sert plus de 3 millions de clients et de patients.

Air Liquide
creative oxygen