

# Cryoscope

www.dta.airliquide.com

May 2010

## ... DANS L'ACTU

## ... HOT NEWS

p. 1 et 6

## ... REPORTAGE

Les hôpitaux de campagne autonomes en oxygène

## ... REPORT

Field hospitals autonomous in oxygen

p. 2/3

## ... DTA HORS LES MURS

Chine, Japon

... ADVANCED TECHNOLOGIES AT LARGE  
China, Japan p. 3

## ... TECHNIQUE

Les sous-marins respirent mieux

... TECHNICAL  
Submarines are breathing better p. 4

## ... PAROLE D'EXPERT

Isolation thermique

... EXPERT REPORT  
Thermal insulation p. 5

## Dernière Minute / Last Minute

### Double succès dans l'hélium au Qatar

Le Groupe vient de publier l'annonce de son double succès sur le marché de l'hélium au Qatar. Air Liquide est en effet sélectionné par RasGas et Qatargas pour la livraison d'une unité clé en main d'extraction, de purification et de liquéfaction d'hélium sur le site de Ras Laffan, au Qatar. Ce projet s'inscrit dans la continuité du partenariat conclu en 2003 sur le même site qui portait sur une première unité d'hélium. Cette seconde unité, d'une capacité de production de 38 millions de m<sup>3</sup> d'hélium par an – soit plus de 2 fois la capacité du premier liquéfacteur – sera désormais la plus importante du monde. Dans le cadre de cet accord à long terme, Air Liquide accèdera à l'achat de 50% des volumes d'hélium produits par cette nouvelle unité.

Cette nouvelle réalisation sera une fois encore l'occasion de rapprocher les équipes et le savoir-faire d'Air Liquide Engineering & Construction et de DTA afin de relever cet ambitieux défi industriel. La maîtrise des technologies et des procédés comme la capacité d'Air Liquide à manager un tel projet ont été un des atouts majeurs dans le succès de ce contrat.

Plus d'informations vous seront communiquées dans la prochaine édition du Cryoscope à paraître à l'automne.

### Dual success in helium in Qatar

The Group has published the announcement of its dual success in the Qatar helium market. Air Liquide was selected by RasGas and Qatargas for the delivery of a turnkey unit for the extraction, purification and liquefaction of helium on the Ras Laffan site, Qatar. This project is part of the partnership signed in 2003 on the same site for a first helium unit. This second unit, with a production capacity of 38 million m<sup>3</sup> of helium per year – more than twice the capacity of the first liquefier – will from now on be the world's largest. As part of this long-term agreement, Air Liquide will be able to purchase 50% of the volume of helium produced by this new unit.

This new project will once again be an opportunity to bring together the teams and the expertise of Air Liquide Engineering & Construction and Air Liquide Advanced Technologies to meet this ambitious industrial challenge. The mastery of technologies and processes as well as the ability of Air Liquide to manage such a project have been major assets in the success of this contract.

More information will be given in the next edition of Cryoscope, to be published in autumn.

## ... Dans l'Actu

### Modéliser le vol d'Ariane

Pour améliorer les performances des lanceurs spatiaux et simuler des environnements type microgravité, les ingénieurs d'Air Liquide DTA utilisent le logiciel de modélisation ANSYS/Fluent et des modèles spécifiques de transferts thermiques et massiques, qu'ils ont développés. Grâce à ces outils, ils peuvent prédire le comportement thermo-hydraulique des ergols liquides (hydrogène et oxygène) des lanceurs spatiaux.

Ce savoir-faire unique a conduit le CNES à solliciter une nouvelle fois les ingénieurs de DTA pour faire mieux encore. Ils vont en effet modéliser le comportement des ergols dans les lanceurs, en tenant compte, en plus, de la dynamique de toutes les phases du vol. « Jusqu'à présent, les calculs de comportement des ergols et de dynamique du vol étaient abordés séparément, dévoile Jérôme Lacapère, responsable du projet. Or, nous savons que la dynamique du vol agit sur les ergols, et inversement... »

Voilà pourquoi le CNES a demandé à Air Liquide DTA de concevoir et développer un nouveau logiciel, baptisé CRISTEM (Couplage Réellement Innovant de la Thermique des Ergols en Mouvement), qui associe l'outil « Fluent », les modèles spécifiques développés par Air Liquide et le programme du CNES de guidage et de navigation d'Ariane. Ce projet est réalisé dans le cadre du programme MINOS, destiné à accroître les capacités de simulation de la Direction des Lanceurs du CNES.

### Modelling Ariane's flight

To improve the performances of space launchers and simulate environments such as microgravity Air Liquide Advanced Technologies engineers use the ANSYS/Fluent modelling software and some specific models of heat and mass transfer they have developed. With these tools they can predict the thermo-hydraulic behaviour of the liquid propellants (hydrogen and oxygen) of space launchers. This unique expertise led CNES (Centre National d'Études Spatiales) to return to the Advanced Technologies engineers to ask them to do even more. They will now model the behaviour of propellants in the launchers, taking into account the dynamics of all flight phases. Jérôme Lacapère, project manager, said: "Until now, calculations of the behaviour of propellant and flight dynamics were addressed separately. Now we know that the flight dynamics affects the propellants, and vice versa..."

This is the reason why CNES asked Air Liquide Advanced Technologies to design and develop a new software called CRISTEM (Couplage Réellement Innovant de la Thermique des Ergols en Mouvement), which combines the "Fluent" tool, the specific models developed by Air Liquide and the CNES program of Ariane guidance and navigation. This project is part of the MINOS program, designed to enhance the simulation capabilities of the Launchers Management at CNES.

## ... Hot News

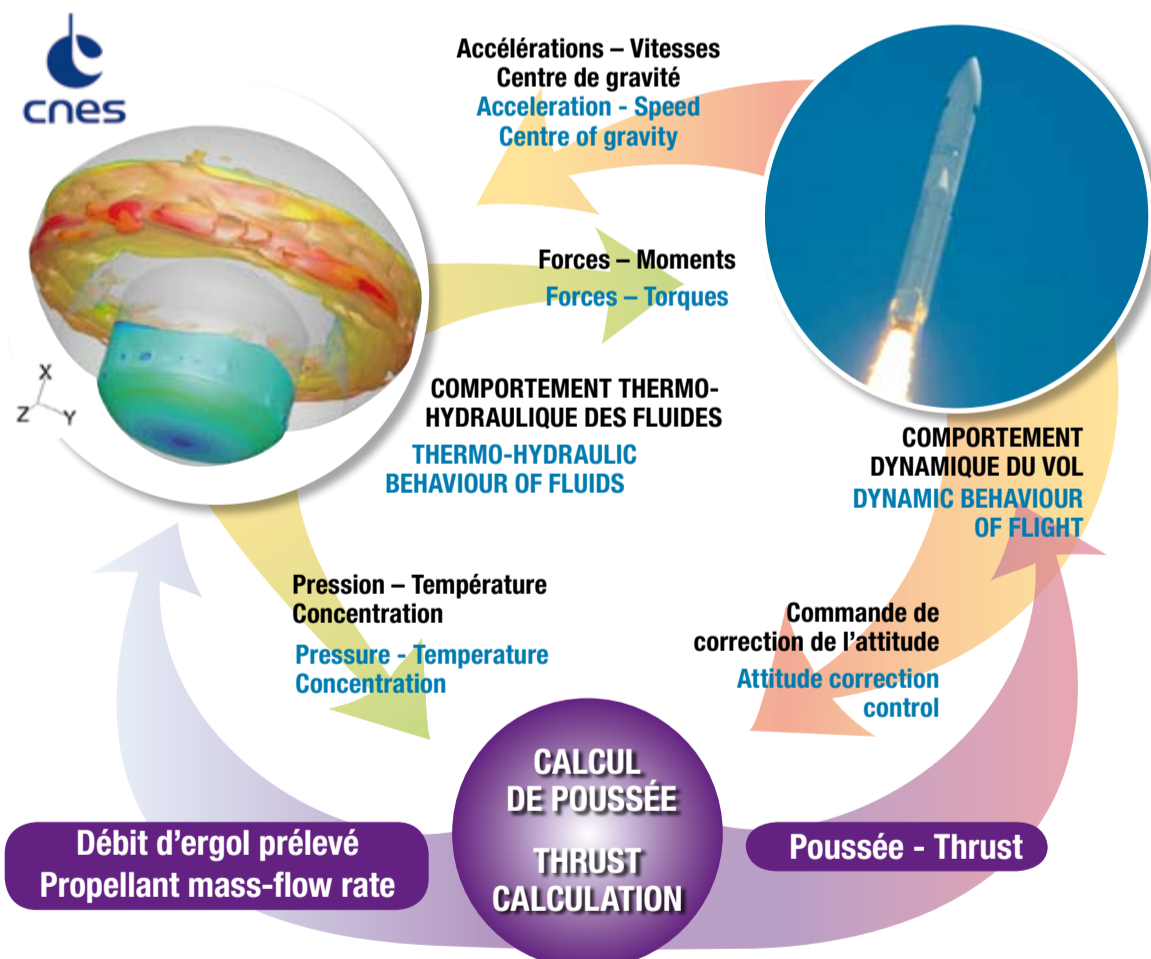


Schéma de principe de CRISTEM : des flux d'information qui interagissent entre le comportement thermo-hydraulique des ergols et la dynamique des vols d'Ariane.  
Schematic of CRISTEM: the interacting information flows between the thermo-hydraulic behaviour of the propellant and Ariane's flight dynamics.

## Nos prochains rendez-vous 2010 / Our next dates in 2010

### ■ AÉRONAUTIQUE / AERONAUTICS

Farnborough - 19 au 25 juillet en Grande-Bretagne / from the 19th to the 25th of July in the United Kingdom - www.farnborough.com

### ■ RECHERCHE SCIENTIFIQUE / SCIENTIFIC RESEARCH

IPAC - 23 au 25 mai au Japon / from the 23rd to the 25th of May in Japan - ipac10.org

ICEC/ICMC - 19 au 23 juillet en Pologne / from the 19th to the 23rd of July in Poland - www.icec-icmc.wroc.pl

### ■ ENVIRONNEMENT ET NOUVELLES ÉNERGIES / ENVIRONMENT AND NEW ENERGIES

WHEC - 16 au 21 mai en Allemagne / from the 16th to the 21st of May in Germany - www.whec2010.com

Challenge Bibendum - 27 mai au 3 juin au Brésil / from the 27th of May to the 3rd of June in Brazil - www.challengebibendum.com

GÉNÉRATEURS DE GAZ

# Quand les hôpitaux de campagne deviennent autonomes en oxygène

Air Liquide DTA exploite la technologie PSA (Pressure Swing Adsorption), qui concentre la teneur en oxygène de l'air, notamment pour les OBOGS (On Board Oxygen Generating System), fournissant de l'oxygène aux pilotes des avions de chasse ou aux équipages des avions de transport militaires. Aujourd'hui, cette même technologie permet de répondre à de nouveaux besoins : ceux des hôpitaux de campagne militaires pour la production autonome d'oxygène à usage médical.

Pour l'armée, l'oxygène est essentiel à la réanimation et à l'anesthésie des blessés au combat. Ce, en quantité importante et à qualité constante. Dans les contextes d'urgence, l'utilisation de bouteilles d'oxygène n'est pas la solution la plus adaptée car les quantités sont vite épuisées et la logistique d'acheminement est contraignante. Voilà pourquoi le Service de Santé des Armées recherche depuis longtemps des solutions alternatives à l'approvisionnement en bouteilles. Produire de l'oxygène directement sur site, de manière autonome et illimitée, dans ses hôpitaux de campagne, en est une.

## Concentrer l'oxygène

« Dans notre cadre opérationnel, confie le Commandant Jérôme Lacroix, pharmacien principal du Service de Santé de la force d'action navale, la source idéale est le concentrateur d'oxygène. Il ne représente aucun risque lié à la pression et produit l'oxygène simplement à partir d'air comprimé et d'une source d'électricité. » Par ailleurs, le concentrateur nécessite peu de maintenance et limite les contraintes liées au stockage du gaz, à son transport et à la manutention des bouteilles. Néanmoins, le degré de pureté d'oxygène, avec un concentrateur, avoisine 93 %, alors que les normes médicales européennes exigent une concentration de 99,5 % pour l'oxygène « médicament ». « 93 % d'oxygène permet de traiter 95 % des cas que nous rencontrons, en anesthésie, réanimation et oxygénothérapie, affirme Patrick Evrard, chef du service ingénierie de l'établissement central des matériels du Service de Santé des Armées. Et en opération sur le terrain, nous n'avons pas le choix : mieux vaut un gaz d'usage médical un peu moins pur qu'une rupture d'oxygène. La vie des blessés est en jeu ! » L'armée a donc décidé en 2006 de lancer un appel d'offres pour plusieurs modules de génération d'oxygène. Air Liquide DTA a répondu et a remporté le marché.

## Deux missions complémentaires

Trois années en tout ont été nécessaires au dialogue compétitif (voir encadré), à la conception et à la fabrication d'un module concentrateur, dont la première fonction est de fournir l'oxygène sur site pour les patients hospitalisés, de manière autonome et en quantité illimitée. En plus, il permet de remplir des bouteilles d'oxygène, pour les blessés en zone isolée ou pour ceux atteints d'insuffisances respiratoires graves. « Le défi était d'envergure, ponctue Régis d'Hérouville, responsable du projet. Le module doit supporter les conditions les plus difficiles : vents de sable, conditions climatiques extrêmes, transports aériens, marins et routiers tout-terrain, etc. Il doit aussi répondre à des exigences strictes de sécurité. Notre premier réflexe avait été de renforcer l'ensemble de la structure du module, avec une difficulté majeure : le poids ! Le module dessiné aurait pesé plus de 10 tonnes, trop lourd pour certains camions utilisés par le Service de Santé des Armées. »

Pour ne pas nuire à la sécurité au profit de la légèreté, l'équipe de DTA s'est appuyée sur différentes expertises du Groupe. « Ce travail a été mené main dans la main avec l'armée, raconte Christian Desille, responsable programme aéronautique, qui a validé chaque étape de fabrication du module. Aujourd'hui, le prototype est prêt et subit les premiers tests de qualification : en températures et humidités extrêmes (dans une chambre climatique de la DGA (Direction Générale de l'Armement), de - 32 °C à + 55 °C et de 40 % à 90 % d'humidité), à 2000 m d'altitude à l'Alpe d'Huez, ou encore sur des pistes tout-chemin spécialement préparées par l'armée. Tout est minutieusement contrôlé, validé, vérifié et jusqu'à

présent les résultats des tests sont conformes à nos attentes de performance. »

Le Service de Santé des Armées est lui aussi confiant. La preuve ? Il a déjà commandé à Air Liquide DTA deux autres modules de génération d'oxygène. « Cette application de notre technologie PSA, dédiée à la production d'oxygène à usage médical, conclut Régis d'Hérouville, constitue un remarquable challenge technologique. » Un challenge qui devrait également répondre à bon nombre de besoins humanitaires d'ONG internationales...

Le module d'oxygène en route pour des essais sur les pistes tout-chemin de l'armée. The oxygen module on its way to be tested on the army's off-road course.



Régis d'Hérouville met en route le module. Régis d'Hérouville starts the module.



## ::: UN DIALOGUE COMPÉTITIF

« J'avais déjà assisté à la présentation d'un petit concentrateur d'oxygène d'Air Liquide DTA. J'ai été intéressé par ce système et mon appréciation vis-à-vis des compétences d'Air Liquide s'est confirmée avec notre appel d'offres lancé sous la forme particulière de "dialogue compétitif". Nous avons échangé avec Air Liquide et ses concurrents durant près d'une année, au terme de laquelle ils ont déposé leur offre. Si la proposition de DTA l'a emporté, c'est parce qu'elle était à la fois innovante, pertinente et intéressante économiquement. Nous voulions un système "redondant", pour bannir toute rupture de fonctionnement donc tout risque pour les patients. C'est précisément ce qu'Air Liquide DTA a conçu, avec deux compresseurs et quatre concentrateurs qui se relaient. »

Commandant Jérôme Lacroix, pharmacien principal du Service de Santé de la force d'action navale.



## ::: A COMPETITIVE DIALOGUE

"I had already attended the presentation of a small oxygen concentrator made by Air Liquide Advanced Technologies. I was interested by this system and my appreciation of the expertise of Air Liquide was confirmed in our call for tenders launched in the particular form of a 'competitive dialogue'.

We talked with Air Liquide and its competitors for nearly a year, after which they made their offer. The proposal by Advanced Technologies prevailed because it was both innovative, relevant and economically attractive.

We wanted a 'redundant' system to banish any disruption of operation and therefore any risk to patients. This is precisely what Advanced Technologies has conceived, with two compressors and four concentrators taking turns."

Commander Jérôme Lacroix, senior pharmacist of the Health Service of the naval action force.

## ::: PARER À TOUTES LES URGENCES

« Je suis particulièrement satisfait de la solution proposée par Air Liquide DTA et de sa façon d'aborder la complexité du projet. Rien n'a été laissé de côté. Exploiter trois colonnes de technologie PSA (Pressure Swing Adsorption), concentrant l'oxygène de l'air, plutôt que deux classiquement, permet de lisser le débit et d'avoir un excellent rendement. Le module, avec son système de "redondance" et ses deux fonctions – fournir de l'oxygène à visée médicale en continu pour les besoins de l'hôpital et remplir des bouteilles d'oxygène sous pression – permet de parer à toutes les éventualités. Enfin, le module peut être utilisé dans d'autres contextes que le militaire, comme ceux liés à la Sécurité Civile, mais également aux opérations humanitaires ou – pourquoi pas ? – à des projets d'équipements d'hôpitaux d'infrastructure pour des pays en voie de développement. »

Patrick Evrard, chef du service ingénierie de l'établissement central des matériels du Service de Santé des Armées.



## ::: BE PREPARED FOR ANY EMERGENCY

"I am particularly satisfied with the solution proposed by Air Liquide Advanced Technologies and its approach to the complexity of the project. Nothing was left out. Operating three columns of PSA (Pressure Swing Adsorption) Technology rather than the usual two, concentrating the oxygen in the air, smoothes the flow and gives an excellent performance. The module, with its system of 'redundancy' and its two functions – to provide continuous oxygen for the medical needs of the hospital and fill pressurised oxygen bottles – can deal with any eventualities. Finally, the module can be used in other contexts than the military, such as those related to civil security, but also in humanitarian operations or – why not? – to projects of infrastructure equipment for hospitals in developing countries."

Patrick Evrard, head of the engineering service for the central organisation of materials for the Military Health Service.

**Concentrating oxygen**

Senior pharmacist of the health service of the naval action force, Commander Jérôme Lacroix, said: "In our operating environment, the ideal source is the oxygen concentrator. It poses no pressure-related risk and simply produces oxygen from compressed air and a source of electricity." Furthermore, the concentrator requires little maintenance and reduces the constraints related to the storage and transport of gas and handling cylinders. Nevertheless, the level of purity of oxygen is close to around 93% with a concentrator, while the European medical standards require a concentration of 99.5% for "medicinal" oxygen. Patrick Evrard, head of the engineering service for the central organisation of materials for the Military Health Service, said: "93% of oxygen can treat 95% of the cases we encounter in anaesthesia, intensive care and oxygen therapy. And in field operations, we have no choice: it is better to have a little less pure medical gas than a shortage of oxygen. The lives of the wounded are at stake!" In 2006 the army therefore decided to launch a tender for several oxygen generation modules. Air Liquide Advanced Technologies applied and won the contract.

**Two complementary missions**

A total of three years was required for competitive dialogue (see box), the design and manufacture of a concentrating module, whose main function is to independently provide unlimited oxygen on site for inpatients. In addition, it can be used to fill oxygen bottles for the wounded in remote areas or for those with severe respiratory failures. Head of project, Régis d'Hérouville said: "It was a substantial challenge. The module has to withstand the toughest of conditions: sand storms, extreme weather, air, sea and off-road

transport, etc. It also has to meet strict security requirements. Our first reaction was to strengthen the overall structure of the module, but we struck a major difficulty: weight! The designed module would have weighed over 10 tonnes, which is too heavy for some of the trucks used by the Military Health Service."

In order not to harm safety in favour of lightness, the Advanced Technologies team relied on different expertises of the Group. Aeronautics programme manager, Christian Desille said, "This work was carried out hand in hand with the army, which validated every step of the module's manufacturing. Today, the prototype is ready and undergoing the first qualification tests: in extreme temperatures and humidity (in a climate chamber of the DGA (Direction Générale de l'Armement), from -32°C to +55°C and 40 to 90% moisture), at 2,000 metres at the Alpe d'Huez, and on courses specially prepared by the army. Everything is carefully controlled, validated, verified and so far the test results comply with our expectations of performance."

The Military Health Service is also confident. To prove it, it has already ordered two Air Liquide Advanced Technologies oxygen-generating modules. Régis d'Hérouville concludes: "This application of our PSA technology, dedicated to the production of oxygen for medical use, is a remarkable technological challenge." A challenge, which should also address many of the humanitarian needs of international NGOs...

::: Contact  
christian.desille@airliquide.com



Christian Desille, Bernard Bouchié et Régis d'Hérouville réceptionnent le module sur le site de Sassenage pour une série de tests. Christian Desille, Bernard Bouchié and Régis d'Hérouville receive the module at the Sassenage site for a series of tests.

Le concentrateur d'oxygène d'Air Liquide DTA a été développé pour alimenter chacune des deux unités de réanimation de l'hôpital médicochirurgical du Service de Santé des Armées. The oxygen concentrator of Air Liquide Advanced Technologies has been developed to supply each of the two intensive care units of the medical and surgical hospital of the Army Health Service.



CHINE

**Solutions DTA : les clients en redemandent !**

Déjà, les clients plébiscitent les solutions « made in DTA », alors que « nous sommes présents en Chine depuis trois ans seulement, souligne Domenico D'Andrea, responsable d'Advanced Technologies China (ATC). Nous avons eu en effet la grande satisfaction de signer un nouveau contrat pour une baie d'analyse CQC, pour le fabricant d'écrans TFT-LCD TianMa. » Destiné à une usine en construction à Wuhan, ce CQC est semblable à l'équipement que l'industriel TianMa avait acquis en 2009 pour son site de Chengdu. Il

s'intègre dans une offre globale de fourniture de gaz portée par Air Liquide Electronics China. « Cette commande montre également la satisfaction de la filiale chinoise d'Air Liquide vis-à-vis des produits de DTA, mentionne Domenico D'Andrea. ALE China nous a sélectionnés, face à des fabricants concurrents locaux, grâce aux meilleures performances de notre CQC dans une gamme de prix équivalente. En électronique, nous sommes aujourd'hui devenus une référence en Chine. »



En 2009, TianMa avait déjà acquis une baie d'analyse CQC pour son usine de Chengdu. Ici, en cours d'installation. In 2009, Tianma had already acquired a CQC analysis bay for its plant in Chengdu. Here being installed.

CHINA

**Customers ask for more Advanced Technologies**

Customers already acclaim Advanced Technologies' solutions, although "we have only been operating in China for three years but we have had the great satisfaction of signing a new contract for a CQC analysis bay with the screen manufacturer TFT-LCD TianMa", observed Domenico D'Andrea, manager of Advanced Technologies China. The CQC, which is for a plant currently under construction in Wuhan, is similar to the equipment that TianMa acquired in 2009 for its site in Chengdu. It is

part of a global offering of gas supply equipment carried by Air Liquide Electronics China. Domenico D'Andrea said: "This order also shows the appreciation of the Chinese subsidiary of Air Liquide towards Advanced Technologies products. ALE China has selected us instead of local competing manufacturers, thanks to the better performance of our CQC in a similar price range. In electronics, we have now become a benchmark in China."

JAPON

**Université de Kyoto : une usine de liquéfaction complète !**

Un liquéfacteur HELIAL ML\*, un système de stockage haute pression, un dispositif de récupération et de purification de gaz, des circuits auxiliaires d'hélium liquide. « C'est une véritable usine de liquéfaction que nous fournissons pour le plus grand centre de liquéfaction du Japon : l'Université de Kyoto », s'enthousiasme Pierre Crespi, responsable d'Advanced Technologies Japan (ATJ). Dans le cadre d'un projet aussi complet, la collaboration étroite entre Air Liquide DTA et ATJ a été déterminante. Pour une entreprise française, fournir un matériel aussi technique au Japon représente un challenge, car les normes nippones sont très différentes des réglementations européennes. En étant sur place, ATJ a pu aider son client à définir au mieux son cahier des charges et accompagnera DTA pour adapter le design de l'HELIAL aux exigences japonaises. Ce travail d'équipe a porté ses fruits : l'Université de Kyoto a en effet déjà commandé des équipements supplémentaires, avant même de recevoir l'HELIAL, prévu pour être livré fin 2010.

JAPAN

**An entire liquefaction plant for Kyoto University**

ML HELIAL\* liquefier, a high pressure storage, a gas recovery and purification device, and auxiliary liquid helium circuits are components of a new plant for Japan. "We provided a real liquefaction plant to the biggest liquefaction centre in Japan: Kyoto University", enthused Pierre Crespi, Head of Advanced Technologies Japan (ATJ). In such a comprehensive project, the close collaboration between Air Liquide Advanced Technologies French and Japanese teams was decisive. For a French company, providing technical equipment in Japan is a challenge because the Japanese standards are very different from European regulations. Being in situ ATJ could help the client to better define the specifications and Air Liquide Advanced Technologies to adapt the HELIAL design to the Japanese requirements. This teamwork has paid off: the University of Kyoto has already ordered additional equipment, even before receiving the HELIAL, delivery is scheduled for late 2010.



L'Université de Kyoto dispose du plus grand centre de liquéfaction d'hélium du Japon. Kyoto University has the biggest helium liquefaction centre in Japan.

\*L'HELIAL ML, liquéfacteur d'hélium standard, produit 120 L/h.

CRYOPIÉGEAGE

# Les sous-marins respirent mieux grâce aux pulse tubes!

De l'air pur dans les sous-marins ? Pas si simple. Pour répondre aux exigences de qualité de l'air, Air Liquide DTA a développé, à partir d'un concept d'épuration de l'atmosphère des sous-marins breveté par la DGA (Direction Générale de l'Armement), une solution innovante associant deux technologies – le cryopiégeage des Composés Organiques Volatils (COV) et les tubes à gaz pulsé. Avec une contrainte : celle d'optimiser les performances d'épuration, dans un encombrement minimal.

L'air que nous respirons dans les bâtiments où nous passons en moyenne 90 % de notre temps peut être néfaste, au point d'entraîner parfois des pathologies graves (syndrome du bâtiment malsain). Que penser alors de l'air respiré dans les milieux confinés, comme les sous-marins nucléaires où l'équipage vit et travaille 100 % de son temps pendant plusieurs mois? «Les règles de qualité de l'air respiré à bord sont édictées à partir des normes SST (Sécurité et Santé du Travail) et des normes environnementales des habitations, souligne Julien Tanchon, responsable du projet. Elles régissent la quantité de dioxyde de carbone CO<sub>2</sub>, émis principalement par la respiration de l'équipage, et des COV, responsables d'irritations de la peau, des muqueuses et du système pulmonaire, de maux de tête, de vomissements, voire de pathologies plus graves sur le long terme.»

### Exploiter le principe de la cryocondensation

Pour renouveler l'air dans un bâtiment à terre, il suffit de ventiler naturellement en ouvrant les fenêtres, ou mécaniquement avec une VMC. Mais sous les mers? «L'épuration de l'atmosphère des sous-marins actuellement en service est confiée à des machines déjà installées par Air Liquide DTA, éliminant le CO<sub>2</sub> par absorption/désorption sur tamis moléculaires, et des COV par adsorption sur du charbon actif, note Fabien Durand, responsable technique du projet. Mais pour obtenir un air encore plus sain, la marine a décidé de passer à une autre technologie – celle du cryocondenseur "VOXAL" développé par DTA pour des usines chimiques – et de l'adapter aux sous-marins, pour piéger aussi bien les COV que le CO<sub>2</sub> et de nombreux autres gaz polluants de l'air.» Le principe est simple : l'air vicié, d'abord filtré pour ôter les



particules, entre dans un cycle froid (-30°C, -70°C, -110°C, jusqu'à -155°C), au cours duquel les différents polluants sont solidifiés ou liquéfiés pour être éliminés. L'air ressort «propre», après avoir été réchauffé (à 20°C) et humidifié (à 50%), pour être à nouveau respirable par l'équipage. Au final, le taux de CO<sub>2</sub> de l'air qui circule dans le sous-marin est inférieur à 0,5% (5 000 ppmv).

### Des pulse tubes sous les mers

La grande nouveauté de ce dispositif ? Le choix de la source réfrigérante dans le cycle froid, en raison de l'exiguïté des locaux : les refroidisseurs à tubes à gaz pulsé (ou pulse tubes), développés pour les besoins du spatial par Air Liquide DTA, avec le concours du Service des Basses Températures du CEA et de Thalès Cryogenics BV. Fonctionnant par oscillation de pression dans un circuit fermé de gaz hélium, sans motorisation ni pièce mobile dans le «doigt froid»\*, les pulse tubes produisent peu de vibrations, ne s'usent pas, ne nécessitent pas d'entretien et ont une durée de vie quasi illimitée. «En fait, tout l'ensemble du procédé multiplie les atouts, insiste Julien

Tanchon. Autonome et automatique, le système n'utilise que de l'eau et de l'électricité. Puisqu'il n'est pas sélectif, il piège la grande majorité des polluants. Mais surtout, la teneur en CO<sub>2</sub> en sortie du dispositif ne dépend pas de sa concentration en entrée.»

### Un prototype en cours de tests

Le premier prototype de cryopiégeage vient de rejoindre la DGA (Techniques Navales à Toulon), où ses performances d'épuration vont être testées. Le travail n'est pas fini, puisque Air Liquide assure la maintenance en condition opérationnelle jusqu'en 2014 et que le système sera fonctionnel à bord d'un sous-marin à l'horizon 2030! En attendant, les études conduites dans le cadre de ce projet à bord des sous-marins vont servir à perfectionner un système à terre... le VOXAL. Un juste retour de bon procédé!

\*Le doigt froid est la partie du pulse tube qui produit l'effet frigorifique.

CRYOTRAPPING

# Submarines are breathing better thanks to pulse tubes!

Providing clean air in a submarine is no simple task. To meet the requirements of air quality, Air Liquide Advanced Technologies has developed, from a submarine atmosphere purification concept patented by the DGA (Direction Générale de l'Armement), an innovative solution combining two technologies – the cryotrapping of Volatile Organic Compounds (VOC) and pulse tubes. With one constraint: to optimise the purification performance at minimal bulk.

### ::: KEY FIGURES

- Each sailor produces 20 l of CO<sub>2</sub> per hour.
- Air at 20°C, with less than 0.5% CO<sub>2</sub> on average, and 50% humidity.
- Up to 400 ppmv of CO<sub>2</sub> (0.04%) in the clean air at the output of the cryocondenser.
- Pulse tube cooling power 500 W at 120 K.
- A small-sized pulse tube: diameter 500 mm by height 1.2 m.



En gros plan, un des pulse tubes du prototype de démonstration, en test sur le site des Techniques Navales de la DGA à Toulon. Close up, one of the pulse tubes prototypes, tested at the Naval Techniques site of the DGA at Toulon.

### Exploiting the principle of cryocondensation

To renew the air in a building, it is enough to ventilate naturally by opening windows, or mechanically with CMV. But under the sea? Fabien Durand, technical project manager, said: "The purification of the atmosphere in submarines is currently entrusted to machines already installed by Air Liquide Advanced Technologies which eliminate the CO<sub>2</sub> by absorption/desorption with molecular sieves, and absorb the VOC using activated carbon. But for even healthier air, the Navy decided to move to another technology, the "VOXAL" cryocondenser developed by Advanced Technologies for chemical plants, and to adapt it to submarines, to trap VOC, CO<sub>2</sub> and many other gaseous pollutants from the air." The principle is simple: the stale air is first filtered to remove dust, then enters a cold cycle (-30°C, -70°C, -110°C, till -155°C) during which the various pollutants are liquefied or solidified for disposal. The air comes out again clean, after having been heated (20°C) and humidified (50%) to be breathable again by the crew. At the end, the rate of CO<sub>2</sub> in the air circulating in the submarine is under 0.5% (5,000 ppmv).

### Pulse tubes: under the surface

The great novelty of this device is the choice of the cooling source in the cold cycle, because of the cramped quarters: the pulse tubes were developed to answer the constraints on space by Air Liquide Advanced Technologies, in partnership with CEA's Low Temperatures Service and Thalès Cryogenics BV. Powered by pressure oscillation in a closed circuit of helium gas, with no engine or moving parts in the 'cold finger\*', the pulse tubes produce little vibration, do not wear out, require no maintenance and have an almost unlimited lifetime. Julien Tanchon said: "In fact, the whole process multiplies advantages. Autonomous and automatic, the system uses only water and electricity. Since it is not selective, it traps the majority of pollutants. And more importantly, the CO<sub>2</sub> content of the device's output does not depend on its concentration at the input."

### A prototype undergoes tests

The first cryogenic trap prototype has joined the DGA (Naval Techniques in Toulon), where its purging performance will be tested. The work is not finished, as Air Liquide will insure the Maintenance in Operational Status until 2014 and the system will be working in a submarine by 2030! Meanwhile, studies conducted in submarines will be used to perfect a system on land... the VOXAL. A fair return on good practice!

\* The cold finger is the part of the pulse tube that produces the cooling effect.

### ::: DES CHIFFRES ET DE L'AIR

- Chaque marin rejette 20 L de CO<sub>2</sub> par heure.
- Un air à 20°C, avec moins de 0,5 % de CO<sub>2</sub> en moyenne, et 50 % d'humidité.
- Jusqu'à 400 ppmv de CO<sub>2</sub> (0,04 %) dans l'air propre en sortie du cryocondenseur.
- Une puissance froide du pulse tube de 500 W à 120 K.
- Une petite taille pour le pulse tube : un diamètre de 500 mm pour une hauteur de 1,2 m.

::: Contact  
julien.tanchon@airliquide.com

ISOLATION THERMIQUE

# Une longueur d'avance

Air Liquide DTA conçoit, fabrique et teste des isolations thermiques, qui protègent des échanges de chaleur les réservoirs cryogéniques des lanceurs européens Ariane. Cette expérience s'est enrichie au fil des années et des défis technologiques. Le point avec Sophie Quémerais, ingénieur projet et expert local isolation pour Air Liquide.

**Pourquoi l'isolation des réservoirs des lanceurs spatiaux est-elle indispensable ?**

**S. Q. :** Simplement parce qu'ils contiennent de l'oxygène liquide à -183 °C et de l'hydrogène liquide à -253 °C alors que le climat guyanais avoisine les 30 °C. Dans cette moiteur, la moindre goutte d'ergol cryogénique dans un réservoir non isolé se vaporiserait instantanément. Mais aussi parce que les parois des réservoirs s'échauffent considérablement lors de la traversée de l'atmosphère. Un isolant capable d'affronter les exigences du spatial est donc indispensable pour protéger les réservoirs. Un isolant léger, stable à -253 °C, résistant face aux flux aérothermiques de l'atmosphère, suffisamment souple pour supporter les mouvements de contraction et d'allongement des réservoirs au remplissage... Étanche aussi, sinon l'air humide de Kourou le traverserait et se transformerait en glace sur les parois du réservoir. L'isolant idéal a été découvert par Air Liquide DTA dès 1966 : une mousse alvéolaire, à cellules fermées – donc étanche – et ultralégère. Une épaisseur de 21 mm suffit pour protéger les fluides cryogéniques des températures extrêmes (jusqu'à 450 °C). Cette mousse exceptionnelle, développée avec Kléber, a été utilisée pour les générations successives d'Ariane.

**Cet isolant thermique n'a donc pas évolué en plus de 40 ans ?**

**S. Q. :** Si, bien sûr, continuellement. Un exemple : depuis 2005, nous recherchons la protection thermique qui permettra aux futurs lanceurs d'avoir un fond commun entre les réservoirs oxygène et hydrogène de l'étage supérieur. L'intérêt? Gagner encore en encombrement et surtout en masse. Chaque kilo dans l'espace coûte des milliers d'euros. La difficulté supplémentaire ici est de trouver des matériaux légers qui résistent à la pression des réservoirs et qui conservent un fort pouvoir isolant même mouillés par l'hydrogène liquide, puisqu'ils seront à l'intérieur du réservoir hydrogène. Sur ce sujet, notre expertise tant au niveau conception, réalisation, que notre capacité à tester les isolations en environnement cryogénique, nous ont permis de gagner un facteur 4 sur les performances mesurées entre 2004 et aujourd'hui. La solution que nous avons définie a été validée à petite échelle, et nous prévoyons de la valider à plus grande échelle d'ici mi-2011. Pour cela, nous avons construit un démonstrateur à l'échelle 1/2 de deux réservoirs cryogéniques séparés par un fond commun d'un diamètre de 2600 mm ; le fond commun est actuellement en cours d'isolation sur notre site de Sassenage.

Nous avons démontré que cette nouvelle solution est viable mais les recherches continuent en parallèle, pour améliorer encore les performances.

**Les isolants thermiques d'Air Liquide DTA ont-ils d'autres débouchés ?**

**S. Q. :** Oui, plusieurs et dans différents domaines, avec des spécificités variables. Par exemple, le réservoir d'hélium superfluide SSHEL, dédié à la pressurisation des réservoirs cryogéniques des lanceurs, est rempli la veille du lancement d'Ariane pour assurer son autoprésurisation, contrairement aux réservoirs d'ergols, remplis juste avant le décollage. Voilà pourquoi son isolation doit être plus performante : elle est réalisée par une isolation multi-couches placée sous vide, ce qui permet de couper les échanges thermiques par conduction, convection et rayonnement. Même principe pour les satellites, conçus pour rester des années dans l'espace. Mais nos isolations se retrouvent aussi dans d'autres domaines : nous avons mis au point la super isolation des lignes cryogéniques de l'accélérateur de particules du CERN, et celle des réservoirs d'oxygène pour les sous-marins Navantia. C'est notre longue expérience et notre expertise des protections thermiques qui nous ont permis d'être présents dans l'espace, sur terre et même sous la mer!

**L'isolant thermique est posé sur le réservoir oxygène d'Ariane dans les ateliers d'Air Liquide DTA à Sassenage.**  
**The thermal insulation is placed on Ariane's oxygen tank in the workshops of Air Liquide Advanced Technologies at Sassenage.**



Sophie Quémerais

THERMAL INSULATION

# One step ahead

Air Liquide Advanced Technologies designs, manufactures and tests thermal insulation that protects the cryogenic tanks of the European Ariane launchers from heat exchanges. This experience has grown over the years as technological challenges arose and were overcome. Focus with Sophie Quémerais, project engineer and insulation local expert for Air Liquide.

**Why is it essential to insulate the space launcher's tanks?**

**S.Q.:** Simply because they contain liquid oxygen at -183°C and liquid hydrogen at -253°C, while the Guyanese climate is at around 30°C. In this mugginess, the slightest drip of cryogenic propellant in an uninsulated tank would instantly vaporise; but also because the tank walls heat up a lot when crossing the atmosphere. An insulation that can withstand the demands of space is essential to protect the tanks but it must also be a light insulation, stable at -253°C, resistant against the aerothermal flows of the atmosphere, flexible

enough to withstand the movements of contraction and elongation when filling the tanks... and waterproof too, or Kourou's moist air would get through it and turn into ice on the tank walls. The ideal insulation

was discovered by Air Liquide Advanced Technologies in 1966: an ultralight cellular foam, with closed – therefore waterproof – cells. A 21 mm thickness is sufficient to protect the cryogenic fluids from extreme temperatures (up to 450°C). This unique foam, developed with Kleber, was used for all generations of Ariane.

**This insulation has therefore not evolved in over 40 years?**

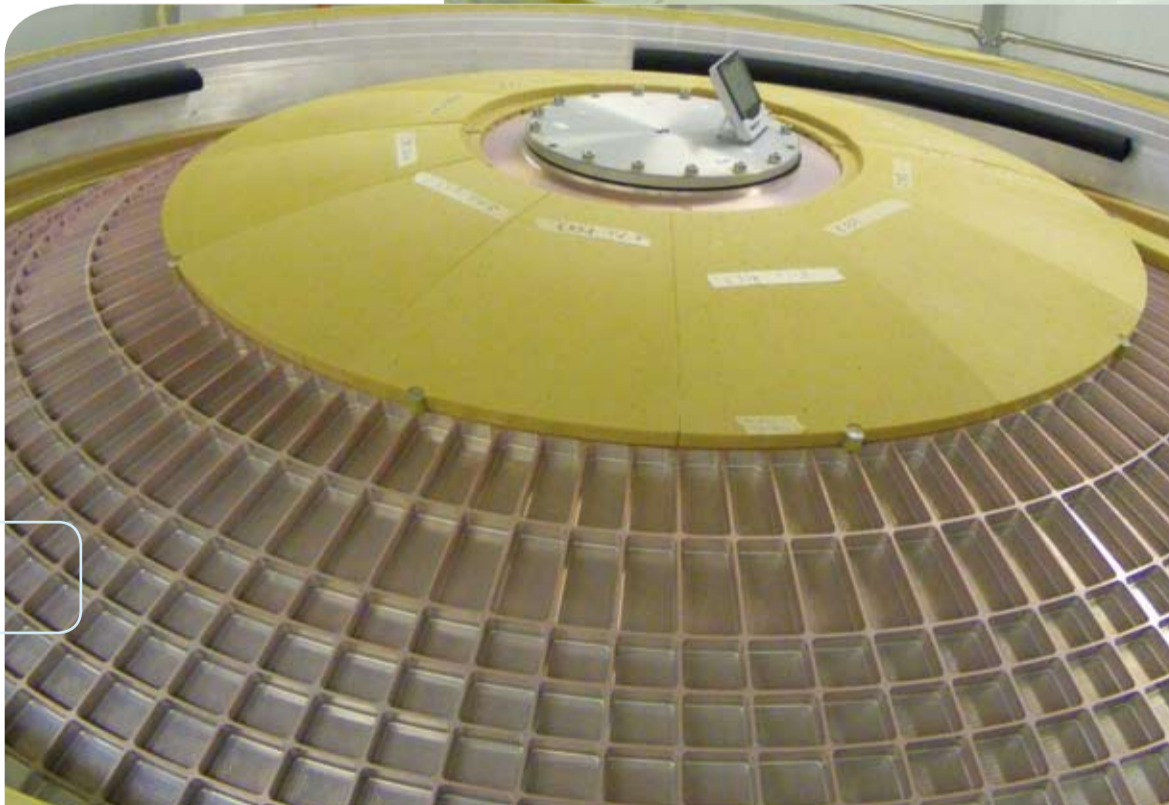
**S.Q.:** Of course it has, continually. For example: since 2005, we have been looking for the thermal protection that will allow future launchers to have a common base between oxygen and hydrogen tanks in the upper floor. The interest in doing that is to make a further gain in size and particularly in weight. Each kilogram in space costs thousands of Euros. The additional difficulty here is to find light materials that can resist the pressure and maintain a high insulating power even when wet by liquid hydrogen, since they are inside the hydrogen tank. On this subject, our expertise in both design and implementation, and our ability to test the insulation in a cryogenic environment allowed us to gain a factor of 4 on the performance measured between 2004 and today. The solution we have defined has been validated on a small scale, and we plan to validate it on a larger scale by mid-2011. For this, we have built a half-scale demonstrator of two cryogenic tanks separated by a common base with a diameter of 2,600 mm; the common base is currently being insulated in our Sassenage site. We have demonstrated that this new solution is viable, but research continues in parallel to further improve the performances.

**Does Air Liquide DTA's thermal insulation have other markets?**

**S.Q.:** Yes, several and in different areas, with variable specificities. For example, the SSHEL superfluid helium tank, which is dedicated to the

pressurisation of launchers' cryogenic tanks, which, unlike propellant tanks that are filled just before takeoff, are filled on the eve of the Ariane launch to ensure its self pressurisation. That is why the insulation must be more efficient: it is conducted by a multi-layer insulation under vacuum, which cuts heat transfer by conduction, convection and radiation. That is the same principle as used on satellites which are designed to remain in space for years.

But our insulations are also found in other areas: we have developed the super-insulation for the cryogenic lines of the CERN particle accelerator, and the insulation of oxygen tanks for Navantia submarines. Our long experience and expertise in thermal protection allow us to be present in space, on Earth and even under the sea!



**L'isolant thermique recouvre entièrement le réservoir pour protéger l'oxygène liquide (-183 °C) des hautes températures lors de la traversée de l'atmosphère.**

**The insulation completely covers the tank to protect the liquid oxygen (-183 °C) from high temperatures during the passage through the atmosphere.**

::: Contact  
 sophie.quemerai@airliquide.com

## Des isotopes instables à l'imagerie du cerveau

En physique nucléaire ou en médecine, la nouvelle génération des HELIAL s'impose. Deux défis d'envergure le prouvent : le Grand Accélérateur National d'Ions Lourds GANIL à Caen et le centre de neuro-imagerie en champ intense NeuroSpin à Saclay.

### Le Grand Accélérateur National d'Ions Lourds GANIL

C'est l'HELIAL le plus puissant jamais réalisé par Air Liquide DTA ! L'HELIAL LF (Large Fridge) bientôt installé au GANIL\* à Caen «servira à l'accélérateur linéaire supraconducteur LINAC\* de l'installation SPIRAL2\*», explique Jean-Marc Bernhardt, responsable produit, pour produire des noyaux exotiques\*\* légers et lourds à des intensités extrêmement élevées. La finalité de cette expérience ? L'étude des interactions des nucléons au sein des noyaux atomiques. » L'HELIAL LF va remplir deux missions, avec deux niveaux de réfrigération - 1100 W à 4,5 K et 3000 W à 60 K : il produira de l'hélium liquide pour refroidir le LINAC à 4,5 K et limitera les entrées de chaleur dans le système grâce à des écrans thermiques à 60 K. Pour atteindre ces performances inédites, l'HELIAL LF a été conçu avec une nouvelle architecture, comportant trois turbines, au lieu de deux classiquement. « Cette version améliorée de l'HELIAL LF est prévue pour entrer dans notre gamme standard. Et déjà, elle intéresse plusieurs laboratoires dans le monde. » Pour ce projet au GANIL, en plus de l'HELIAL LF, Air Liquide DTA fournit aussi un système de récupération de gaz hélium et un dispositif de traitement pour le purifier avant de le réutiliser.

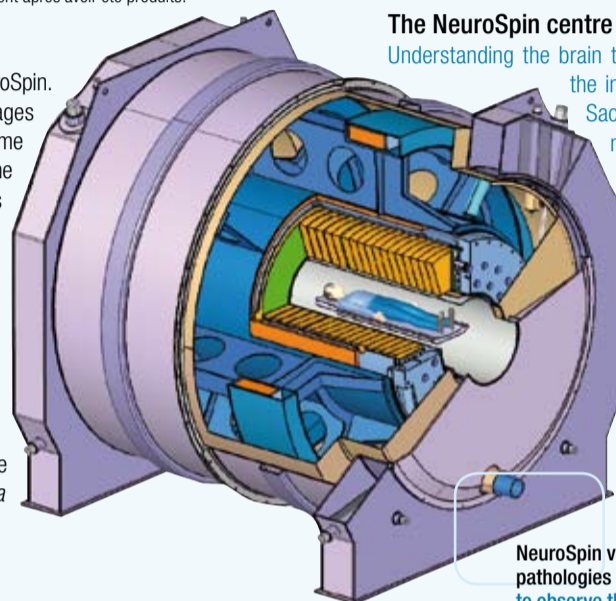
\*GANIL/Grand Accélérateur National d'Ions Lourds – LINAC/LINear particle ACcelerator – SPIRAL2/Système de Production d'Ions Radioactifs en Ligne de 2<sup>e</sup> génération.

\*\* Les noyaux exotiques sont des noyaux « instables » qui ont la propriété de se rompre très rapidement après avoir été produits.

### Le Centre de neuro-imagerie en champ intense NeuroSpin

Comprendre le cerveau par l'image : telle est l'ambition du projet Iseult de NeuroSpin. Mais pour scruter les méandres du cerveau humain, encore faut-il des images extrêmement précises. Voilà pourquoi le CEA de Saclay construit une plateforme IRM : NeuroSpin, dont l'aimant de plus haut champ magnétique, Iseult aura une intensité jamais égalée dans le monde. L'aimant Iseult pèsera quelque 140 tonnes et aura une puissance de 11,75 Tesla\* ! « C'est notre liquéfacteur qui fournira la puissance froide nécessaire à son fonctionnement - 200 W à 4,5 K, souligne David Grillot, responsable technique. Notre challenge : concevoir un liquéfacteur avec un circuit de mise en froid pour cet aimant gigantesque, qui sera capable de fonctionner en continu durant des années. » Dans cette perspective, le CEA et Air Liquide DTA ont prévu de doter l'HELIAL d'une « double » station de compression et d'installer un dispositif automatique de régénération des adsorbants de la boîte froide, qui servent à « épurer » l'hélium. « C'est la première fois que nous participons à un tel projet de recherche médicale et l'enjeu est passionnant, s'enthousiasme David Grillot. NeuroSpin devrait notamment permettre de percer les secrets de la maladie d'Alzheimer. »

\*Le Tesla est l'unité d'induction magnétique du système international.



### The NeuroSpin centre for intense field neuroimaging

Understanding the brain through imaging is the ambition of the Iseult NeuroSpin project. But to scrutinise the intricacies of the human brain requires highly accurate images. That is why CEA at Saclay built NeuroSpin, an MRI platform, which includes the magnet with the strongest magnetic field: Iseult, with an intensity unrivalled worldwide. The Iseult magnet weighs about 140 tonnes and will have an output of 11.75 Tesla\*! Technical manager, David Grillot said: "Our liquefier will provide the cooling power needed for its operation -200 W at 4.5 K. Our challenge is to design a liquefier with a cold start circuit for this huge magnet, which will be capable of operating continuously for years." In this perspective, the CEA and Air Liquide Advanced Technologies plan to equip the HELIAL with a 'double' compressor station and to install an automatic regeneration of the adsorbents in the cold box, which serve to "purify" the helium. David Grillot said: "This is the first time we have participated in such a cutting edge medical research project and the challenge is exciting. NeuroSpin should make it possible to uncover the secrets of Alzheimer's disease."

\*The Tesla is the unit of magnetic induction in the international system.

NeuroSpin va repousser les limites de l'IRM à haut champ, pour observer le cerveau et ses pathologies avec une précision inégalée. NeuroSpin will push the limits of the high-strength MRI to observe the brain and its pathologies with unprecedented accuracy.

## Entretien réussi !

Depuis le 1<sup>er</sup> mars 2010, Air Liquide DTA s'est vu confier par la SIMMAD\*, le maintien en conditions opérationnelles de l'ensemble du matériel fabriqué par le Groupe Air Liquide et distribué aux forces armées françaises : deux usines de production d'oxygène à Djibouti et à Solenzara, cinq bancs de tests pour générateur d'oxygène embarqué (OBOGS), 60 Groupes Pression Vaporisation (GPV) oxygène, 65 Générateurs Mobiles d'Azote Gazeux (GMAG), 80 bancs de purge, 150 citernes de 800 et 4200 L d'oxygène et d'azote, 1 000 Équipements Respiratoires Subaquatiques Aérotransportables (ERSA), etc.

« Ce contrat prolonge la mission de maintenance des GMAG de l'armée, que nous accomplissons depuis trois ans, rappelle Jean-Yves Perrin, responsable support de l'activité Aéronautique. Et surtout, il illustre à quel point la SIMMAD est satisfaite de la qualité de nos services. Une véritable preuve de confiance renouvelée ! »

\*Structure Intégrée du Maintien en condition opérationnelle des Matériels Aéronautiques de la Défense.



Du matériel de l'armée en cours de maintenance dans nos ateliers.

Army equipment during maintenance in our workshop.

### Maintaining Success!

On the 1st of March 2010, SIMMAD entrusted Air Liquide Advanced Technologies with the maintenance in operational conditions of all equipment manufactured by Air Liquide and distributed to the French armed forces: two plants to produce oxygen in Djibouti and Solenzara, five test benches for the On Board Oxygen Generating System (OBOGS), 60 oxygen pressure and

vaporization units, 65 Gaseous Nitrogen Mobile Generators (GMAG), 80 purge benches, 150 800 litre and 4,200 litre tanks of oxygen and nitrogen, 1,000 Helicopter Emergency Egress Devices (HEED), etc. Jean-Yves Perrin, head of support for Aeronautics said: "This contract extends the maintenance mission of the army's GMAG, which have successfully carried out for the last three years. And most importantly, it illustrates how well SIMMAD is satisfied with the quality of our service. Real proof of renewed confidence!"

## Plus haut, plus loin, avec le futur étage cryogénique rallumable d'Ariane

D'ici à cinq ans, Ariane emportera des satellites plus loin dans l'espace, sur des orbites de transfert géostationnaire plus énergétiques. Pour y parvenir, son moteur cryogénique supérieur devra pouvoir s'éteindre et se rallumer en phase balistique, ce qu'il ne fait pas aujourd'hui.

Astrium et l'ESA explorent différentes voies pour concevoir ce moteur, dans le cadre du programme CUST (Cryogenic Upper Stage Technologies). L'objectif de CUST, auquel est associé Air Liquide DTA, consiste à créer et à valider les technologies cryogéniques d'un futur étage supérieur rallumable d'Ariane.

« La mise au point d'un étage supérieur versatile fait face à plusieurs difficultés, expose Sébastien Bianchi, responsable du projet. Un exemple : après plusieurs heures en apesanteur, l'ergol cryogénique (le "carburant") risque de quitter le fond du réservoir, ce qui empêcherait le rallumage du moteur. Notre mission consiste à trouver les solutions technologiques adéquates pour que l'ergol reste au fond du réservoir, en quantité suffisante, à la bonne pression et à la bonne température, pour permettre au moteur d'être rallumé. »

### Higher and further with Ariane's future reignitable cryogenic stage

Five years from now, Ariane will carry satellites further into space, on more energetic geostationary transfer orbits. To achieve this, its upper cryogenic engine will have to be able to switch itself on and off in the ballistic phase, something it cannot do today. Within the CUST (Cryogenic Upper Stage Technologies) programme, Astrium and ESA explore different ways to design this engine. The objective of CUST, which Air Liquide Advanced Technologies is associated with, is to create and validate cryogenic technologies for a future reignitable cryogenic stage for Ariane.

Project manager, Sébastien Bianchi said: "The development of a versatile upper stage faces several challenges. One example: after several hours of weightlessness, the cryogenic propellant (the 'fuel') may leave the bottom of the tank, thereby preventing the reignition of the engine. Our mission is to find appropriate technological solutions for the propellant to remain at the bottom of the tank, in sufficient quantity, at the right pressure and at the right temperature, in order to allow the engine to be reignited."

## Les cagoules Air Liquide pour le personnel navigant de Turkish Airlines

Partout dans le monde, dans chaque avion, les stewards et hôtesses de l'air disposent d'un système autonome de respiration, à utiliser en cas de dépressurisation ou de fumée dans la cabine.

Pour ses futurs Airbus A330, qui voleront dès septembre prochain, Turkish Airlines devait se doter de cagoules pour ses équipages. La compagnie aérienne a choisi le système de respiration d'Air Liquide DTA parmi toutes les offres du marché. « Notre cagoule est la plus légère, atteste Monique Thomachot, responsable commerciale équipements respiratoires. Il est également simple et rapide de s'en équiper : 8 secondes suffisent pour déchirer la protection, déplier et enfiler la cagoule sur la tête. Elle s'adapte à toutes les morphologies, procure une excellente visibilité et, bien sûr, protège contre le risque d'hypoxie. »



### Air Liquide smoke hoods for Turkish Airlines crew

Around the world, in every plane, flight attendants have an autonomous breathing system to use in case of depressurisation or smoke in the cabin.

Turkish Airlines needs to furnish protective smoke hoods for the crews of its future A330 Airbus aircraft, which will fly from next September. Out of all the systems on the market the airline has chosen the Air Liquide Advanced Technologies breathing system. Monique Thomachot, sales manager for respiratory equipment, said: "Our hood is the lightest. It is also simple and rapid to equip oneself: 8 seconds to tear the protection, unfold and put the smoke hood on. It fits all body types, provides excellent visibility and, of course, protects against the risk of hypoxia."

Légère, pratique et efficace : la cagoule de respiration d'Air Liquide DTA a été sélectionnée par Turkish Airlines. Light, convenient and efficient: the Air Liquide Advanced Technologies breathing hood has been chosen by Turkish Airlines.