



CONCORDIA

UNE NOUVELLE STATION PERMANENTE SUR LE PLATEAU ANTARCTIQUE

S
T
A
T
I
O
N

Patrice Godon
Responsable du Département
Infrastructure et Logistique Polaires,
Institut polaire français Paul Emile Victor,
IPEV, Technopôle Brest-Iroise, BP 75,
29280 Plouzané

Nino Cucinotta
Director Consorzio per l'attuazione del
Programma Nazionale di Ricerche in
Antartide
PNRA S.C.r.l, Centro Ricerche
Casaccia, Via Anguillarese, 301 – Roma

Malgré l'importance de la recherche scientifique en Antarctique, les 14 millions de kilomètres carrés du continent antarctique n'ont abrité jusqu'à maintenant que deux stations de recherche continentales permanentes : Amundsen-Scott et Vostok, respectivement ouvertes en novembre 1956 et décembre 1957. Conscients de l'intérêt scientifique du plateau antarctique, l'Institut Polaire Français IPEV et le Programme Italien de Recherche en Antarctique PNRA ont signé un accord de coopération en 1993 en vue de la réalisation d'une station scientifique permanente au Dôme C : la station Concordia.

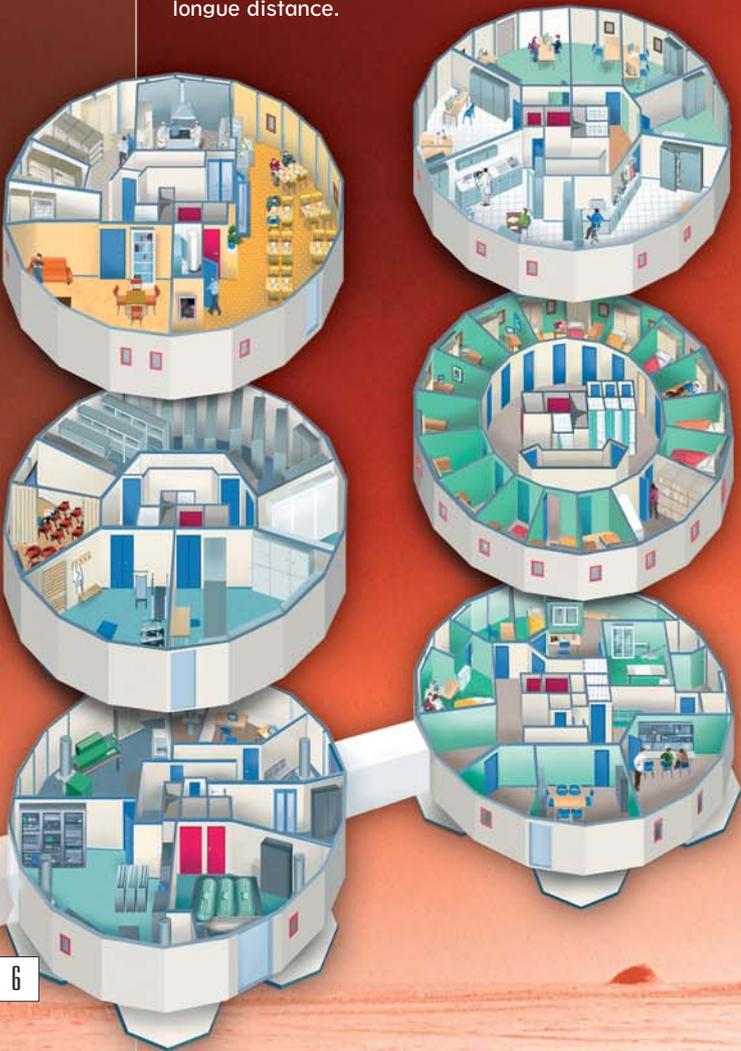
L'accès à Concordia se fait par convois de tracteurs pour l'équipement lourd et par avions légers équipés de skis pour le personnel et le fret fragile. Gérée conjointement par la France et l'Italie, Concordia est par essence une station de recherche ouverte à la communauté scientifique mondiale. Opérationnelle en campagne d'été depuis

décembre 1997, Concordia doit fonctionner prochainement en hivernage. Ses équipements sont conçus pour héberger seize hivernants : neuf scientifiques et sept techniciens. L'architecture de Concordia est innovante dans son concept de bâtiments auto-élevateurs et les nécessités de son approvisionnement ont permis l'émergence d'une nouvelle génération de matériels de transport terrestre longue distance.

A NEW PERMANENT, INTERNATIONAL RESEARCH SUPPORT FACILITY, HIGH ON THE ANTARCTIC ICE CAP

While there is an increasing awareness of the importance of Antarctic research, the 14 million square kilometres Antarctic continent still house only two permanent inland research stations, Amundsen-Scott and Vostok opened in Nov 1956 and Dec 1957 respectively. Recognizing the unique research opportunities offered by the Antarctic Plateau, the French and Italian Antarctic program agreed in 1993 to cooperate in developing a permanent research support facility at Dome C, high on the ice cap: Concordia.

Access to Concordia is by traverse tractor trains for heavy equipment and by light ski-equipped plane for personnel and selected light cargo. Jointly operated by France and Italy, Concordia is a research facility open to the worldwide scientific community. Officially open for routine summer operation in Dec 1997, Concordia should be available year round in few months upon completion of the core winter buildings. Facilities are designed for a winter population of 16 expeditioners, nine persons conducting scientific experiments and seven support staff. Concordia pioneers an advanced concept in Antarctic operations, the integral self-elevating building, and introduces a new generation of regular, long-range logistic traverses.



LE SITE DU DÔME C

Le Dôme C est situé à 75°06'S et à 123°21'E, à 950 km de la côte Banzare, à 3 233 m d'altitude sur la calotte polaire, sur une surface très plane, dépourvue de crevasses. Il n'y a ni faune ni flore locale. Alors que la plus proche station, Vostok, est à 560 km de distance, Dumont d'Urville (France) et Casey (Australie) sont à environ 1 100 km au Nord et Mario Zucchelli (anciennement Baïa Terra Nova, Italie) est à environ 1 200 km à l'Est au pied de la chaîne de montagne transantarctique.

Les conditions météorologiques sont caractérisées par de faibles vitesses de vent, de très faibles précipitations neigeuses et de basses températures. Les enregistrements durant 14 ans des stations météo automatiques effectués par l'Université du Wisconsin, montrent une vitesse de vent moyenne de 2,8 m/s et des températures moyennes de -30°C en été et de -80°C en hiver.

THE DOME C SITE

Dome C is located at 75°06' South and 123°23' East, 950 km inland from Banzare coast, at 3,233 m altitude on sub-horizontal ice ground with no crevasses. There is no local fauna or flora. While the closest station is Vostok (Russia) 560 km away, Dumont d'Urville (France) and Casey (Australia) are about 1,100 km away to the North over the ice cap while Mario Zucchelli (formerly Baïa Terra Nova Station, Italy) is about 1,200 km away to the East behind the Transantarctic mountain range.

Meteorological conditions are characterised by low wind speeds, low precipitation and low temperatures. Fourteen years of Automatic Weather Station (AWS) records by the University of Wisconsin show an average wind speed of 2.8 m/s (5.4 knots). Typical summer average temperatures are around -30°C (-22°F) and typical winter average around -60°C (-76°F).

POURQUOI DÔME C ?

A l'origine, le site de Dôme C a été choisi pour les perspectives offertes en matière de glaciologie : une importante couche de glace d'environ 3 300 m d'épaisseur offre un grand potentiel dans l'étude de la reconstitution du climat. Les carottes de glace prélevées dans le cadre du programme de forage EPICA, programme européen impliquant 10 pays et le soutien de la Communauté Européenne, permettent d'espérer, en analysant ces échantillons, une reconstitution du climat sur plus de 800 000 ans. Cependant, d'autres atouts justifient l'instal-



lation d'une station scientifique permanente à Dôme C :

- Dôme C est situé à l'intérieur du vortex polaire dans lequel la déplétion de la couche d'ozone peut être évaluée durant l'été austral.
- Le plateau antarctique est un site reconnu favorable pour les observations astronomiques en raison de sa position géographique et de son atmosphère extrêmement sèche, froide, raréfiée et très stable (pas de convection).
- Dôme C, éloigné de toute perturbation maritime, est un endroit idéal pour l'étude géophysique de la terre solide, en particulier pour la sismologie.
- Dôme C, à 3 233 m d'altitude, protégé des perturbations magnétiques causées par ses anomalies, est un endroit idéal pour étudier le magnétisme terrestre.
 - Dôme C est un site très isolé aux conditions climatiques sévères. Il constituera donc un endroit excellent pour évaluer les techniques et les procédures de futurs travaux sur d'autres planètes. Son positionnement se révèle également très intéressant pour l'étude de petits groupes d'individus évoluant dans des conditions proches de celles rencontrées dans les engins spatiaux ou les stations orbitales.

WHY DOME C?

Dome C was originally selected for glaciological research: a substantial layer of ice, about 3,300m thick, offers great potential for climatic reconstruction. Ice cores were collected by the EPICA program, a European project involving 10 countries, and more than 800,000 years of climatic records are expected from these samples. But Dome C has other valuable characteristics that support the installation of a permanent scientific station:

Dome C is located inside the polar vortex where the ozone hole can be detected in the austral spring. The Antarctic Plateau is a well recognised, favourable site for astronomical observations due to its geographic location and its extremely dry, cold, rarefied and stable atmosphere (no convection).

Dome C, far away from any marine perturbations, is an ideal place for studying Solid Earth Geophysics, especially seismology.

Dome C, at 3,233m above the continental crust, is protected from any magnetic perturbations by earth crust anomalies and is an ideal place for studying magnetism.

Dome C is as a very isolated site with severe climatic conditions. It will be an excellent site for evaluating techniques and procedures for future work on other planets. It is also an excellent site for studying small groups of people in conditions close to those encountered in space vehicles or orbital stations.

LES TRANSPORTS DE SURFACE

La construction de Concordia a nécessité l'acheminement de 3 000 tonnes de matériel et de carburant (4 000 tonnes au total avec le projet associé de forage profond EPICA). Par la suite, le fonctionnement et les opérations de routine nécessiteront l'acheminement annuel de 400 tonnes de fret. La faisabilité du projet était, dès son origine, étroitement dépendante de la capacité à livrer ces charges importantes, tant en phase de construction que d'exploitation. L'IPEV et son homologue italien ont pour cela développé un système de convois terrestres spécifiques entre Cap Prud'homme / Dumont d'Urville et Dôme C (2 300 km aller retour).

Le chargement lourd est transporté par navire d'Hobart (Tasmanie) à Dumont d'Urville, puis transféré à Cap Prud'homme, sur la banquise en hiver ou par barge en été. Cap Prud'homme, sur la côte, offre un accès facile au plateau continental, et sert de zone de chargement et de maintenance des matériels des convois. Un camp de base franco-italien a été établi comme point de départ des raids. Leur organisation est pleinement opérationnelle et, chaque été, trois allers-retours sont effectués entre novembre et début février.

Chacun des convois suit strictement l'unique piste, repérable d'années en années en raison de la faiblesse des précipitations de neige dans cette région.

Un convoi est composé typiquement de six à sept engins de traction remorquant globalement une trentaine d'éléments de charge dont les caravanes destinées au personnel. A cet ensemble sont associées deux à trois dameuses de montagne préparant la surface en avant et au milieu du convoi. Les engins moteurs, tracteurs issus du matériel agricole, et les dameuses ont été adaptés et modifiés pour l'utilisation en Antarctique. Les éléments de charges, traîneaux à conteneurs, traîneaux citernes du carburant du raid comme du carburant destiné au site, remorques à chenilles et caravanes ont pour la plupart été conçus spécialement pour le projet Concordia. Les caravanes comprennent toutes les facilités d'usage : cuisine, chambres de quatre personnes, toilettes et douches, moyens de communications radio et satellites... La vitesse moyenne du convoi chargé est de 9,5 à 11 km/h. En fonction des conditions météorologiques et du mois de sa réalisation, un raid, dure de 19 à 25 jours, consomme de 75 à 120 m³ de carburant pour une charge livrée à Dôme C de 130 à 175 tonnes. Des améliorations techniques et logistiques ont permis régulièrement d'accroître de manière significative la masse du chargement sans augmenter le nombre de raids et de véhicules : on est ainsi



passé de 320 tonnes transportées en 1996-97 à près de 490 tonnes en 2002-03.

Les améliorations techniques et logistiques ont permis régulièrement d'accroître de manière significative la masse du chargement sans augmenter le nombre de raids et de véhicules. Les impacts sur l'environnement sont réduits aux émissions de gaz d'échappement des moteurs et au tassement de la neige de la piste.

SURFACE TRANSPORT

Construction of Concordia has required the delivery of some 3,000 tons of equipment and fuel – which become 4000 tons with the EPICA deep drilling associated project - while routine operation will require the annual delivery of some 400 tons. The feasibility of the project was critically dependent on the capacity to deliver this large quantity of equipment reliably. For this reason, IPEV and its Italian counterpart have developed a specific long-range surface transport system (traverse) between Dome C and Dumont d'Urville / Cape Prud'homme, a return trip close to 2,300 km.

Heavy cargo is shipped by sea from Hobart in Tasmania to Dumont d'Urville then transferred to Cape Prud'homme, either over the sea-ice in winter or on barges over the water in summer. Cape Prud'homme, a nearby coastal site with easy access to the plateau, is the convoys' formation area where a base camp has been set-up to support traverses. The traverse system is fully operational with three return trips conducted every summer season between mid November and mid February.

A typical convoy is composed of six to seven tractors. Two to three snow-grading machines clear and level the ground for six to seven rubber-tracked tractors towing all cargo loads and traverse caravans. Originally designed to tow heavy loads on loose ground in agricultural applications, tractors were successfully modified for routine Antarctic traverse use. Each tractor tows a combination of tank-sleds, cargo sleds and tracked trailers, most of them specially designed for the Concordia project. Special caravans are joined to the convoy to serve as accommodation, with all facilities (kitchen-living room, toilets, shower...). Diesel fuel for both traverse operation and Dome C delivery is transported in bulk in tank-sleds while most dry cargo is in 20 foot containers on sleds and trailers. The average speed of the convoys when loaded is around 9.5 to 11km/h. A typical traverse round trip out of Cape Prud'homme takes 19 to 25 days and consumes 75 to 120m³ of Diesel fuel to deliver some 145 to 175 tons of net cargo to Dome C. Technological and organizational improvements have recently allowed to significantly increase the weight of cargo without increasing the number of traverses or the number of vehicles. The impacts on the environment are restricted to gas emissions from tractor engines and trampling of snow along the trail.



LES TRANSPORTS PAR AVIONS LÉGERS

La France et l'Italie ne s'affranchissent pas totalement des dessertes aériennes sur Dôme C et celles-ci sont effectuées par des avions de type Twin-Otter équipés de skis pour le transport du matériel fragile et des personnels depuis la station italienne Mario Zucchelli et depuis Dumont d'Urville. Une quarantaine de vols Twin Otter atterrissent, en moyenne, chaque saison au Dôme C sur une piste de neige nivelée de 1 500 m de longueur.

LIGHT-PLANE TRANSPORT SYSTEM

Personnel and selected light cargo are transported to and from Dome C by a ski equipped Twin Otter aircraft operating out of Mario Zucchelli Station at Terra Nova Bay on the triangular route Mario Zucchelli – Dome C – Dumont d'Urville. Some 40 Twin Otter flights are received each season at Dome C on a 1500 m levelled snow runway.

L'ARCHITECTURE DES BÂTIMENTS

La station Concordia se compose de 3 bâtiments : deux sont surélevés et destinés aux lieux de vie et de travail ; le troisième abrite la centrale électrique, la chaufferie et le traitement des eaux. Toutes les structures sont aériennes. Les deux édifices principaux ont la forme d'un polygone de 18 cotés érigé sur six pilotis. Chaque pilotis repose sur un large "pied" répartissant ainsi la charge sur la surface. Ils peuvent, par un système de vérins hydrauliques, monter ou descendre en liaison avec le corps du bâtiment. Cette disposition permet d'une part de compenser des tassements locaux du névé sous les pieds et d'autre part de lever la structure entière pour s'affranchir des congères. L'originalité de ce concept est de rendre l'ensemble de la structure mobile verticalement tout en préservant son intégrité.

A quelque distance se situe le camp d'été constitué d'unités modulaires reposant sur la glace par l'intermédiaire de châssis porteurs. Ces bâtiments peuvent ainsi être déplacés afin d'éviter leur ensevelissement progressif par les congères. Le camp d'été, en cas de nécessité, peut servir de station de secours au cours de l'hivernage.

BUILDING DESIGN CONCEPT

Concordia Station consists of a core of three 'winter' buildings: two of the three winter buildings are unique integral self-elevating buildings forming the station's main living and working areas. The third winter building is housing the main energy and mechanical services. Each of the two self-elevating buildings is a roughly cylindrical body supported by six legs. Each leg is sitting on a large 'footing' pad spreading the load over the snow. Each leg can move up and down relative to the body of the building via a hydraulic jack. A leg can be jacked up relative to the building and snow packed under its footing. Once all six legs have been subject to this operation the body of the building can be raised above the new ground surface by jacking the legs back down relative to the body. This allows the entire structure to leapfrog its way up over the ice as the ground level rises with snow accumulation. The originality of this design is to make the entire structure upwardly mobile to preserve its integrity.

At few distance, a summer camp also acts as emergency shelter. All structures of this camp are on or above ground. The summer/emergency camp and all satellite installations are modular units set low to the ground on skids. These units can be towed away to avoid progressive burial by snow accumulation.



LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT ET LA GESTION DES DECHETS

Depuis son élaboration, le projet a intégré des méthodes pour réduire l'impact sur l'environnement. Il a visé à minimiser autant que possible les risques de pollution physique et chimique en accord avec les règlements du Traité sur l'Antarctique et les recommandations du



Protocole de Madrid tout en mettant l'accent sur la réduction de l'impact sur les observations scientifiques. Ainsi :

- Les générateurs sont équipés de filtres à particules et de catalyseurs,
- Les gaz d'échappement, ainsi traités, sont condensés afin de réduire les rejets de vapeur d'eau,
- Les lubrifiants et autres déchets sont stockés (sans incinération), puis rapatriés,
- La consommation de carburant a été optimisée grâce à l'installation de systèmes de cogénération et les bâtiments sont chauffés sans consommation supplémentaire d'énergie fossile. La consommation annuelle est estimée à environ 250 m³ soit 200 tonnes de carburant traité, les besoins électriques et le chauffage couvrent respectivement 110 kW et 75 kW.

Un accord de coopération a été conclu avec l'Agence Spatiale Européenne (ESA) pour la mise au point de systèmes de retraitement des eaux usées et des déchets organiques. Les procédés retenus, objets de prototypes, préfigurent ceux qui pourraient être utilisés dans les véhicules spatiaux ou les stations orbitales. Les eaux usées, comprenant les eaux issues du lavage (eaux grises) et celles issues des déchets organiques d'origine humaine (eaux noires) seront collectées par deux réseaux séparés sous vide et transférées vers deux systèmes de traitement distincts. Les eaux grises subiront un traitement en quatre étapes : ultrafiltration, nanofiltration, et deux stades d'osmose inverse. Les eaux noires et la nourriture déclassée seront traitées par une unité de fermentation anaérobie. Afin de réduire la production de boues, les résidus des eaux grises seront injectés dans le système de traitement des eaux noires. De même, l'eau épurée issue de ce système "eaux noires" sera reprise par l'unité de traitement des eaux grises. Seules, de ce système en boucle, les boues extraites du système eaux noires (déchet final) seront congelées et rapatriées par les convois.



- energy consumption is optimized: engine heat is recovered with boilers satisfying additional heating requirements. Annual fuel consumption is expected to be around 250m³ or 200 tons of Diesel fuel to meet average electrical and heating loads, around 110 kW and 75 kW respectively.

Concerning the sewage management, a collaboration agreement is ongoing with the European Spatial Agency to set up a special waste water treatment. These specific processes could be used, in the future, in space vehicles or orbital stations. All wastewater streams, including grey water from washing, and black water consisting of organic waste (food scraps from the kitchen and refectory) and excrement, will be collected by two separate networks under vacuum and transferred to two treatment systems. Grey water will undergo a 4-step treatment process - ultrafiltration, nanofiltration and two stages of reverse osmosis; black water will be treated by an anaerobic fermentation unit. In order to minimize waste production, the sludge from the grey water unit will be re-treated by the black water system and the water produced from the black water system will be taken up by the grey water treatment unit. The final waste, the sludge issuing from the black water fermenteur, will be frozen, shipped back to the coast and removed from the Antarctic Treaty area.

LES ACTIVITES SCIENTIFIQUES AU DÔME C

La station Concordia et les équipements environnants ont été conçus pour conduire, à long terme, des programmes scientifiques internationaux. Plusieurs projets se déroulent au Dôme C durant les campagnes d'été ou sont planifiés dans un futur proche.

La description ci-dessous des programmes actuels peut servir d'exemples appropriés au Dôme C.

Glaciologie

Le programme européen de forage EPICA est soutenu par l'Union Européenne, et par dix pays européens. L'objectif principal est de reconstruire l'histoire des changements du climat et de l'environnement. Les opérations de carottage ont débuté au Dôme C durant la campagne d'été 1996-97 et doivent être poursuivies en 2004-05 pour atteindre le socle rocheux. Actuellement 3 201 mètres de carotte de glace ont été prélevés.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AND WASTE MANAGEMENT

From its conception, the project has incorporated methods for reducing the environmental impact. It has tried to minimize as much as possible the risks of physical and chemical pollution, at least in accordance, Antarctic Treaty and Madrid Protocol recommendations and regulations, with an additional emphasis on minimizing the impact on scientific observations.

- Generators are equipped with particle filters and catalysts,*
- Exhaust gases are condensed to reduce the production of water vapour,*
- Lubricant and other wastes will also be stored (without incineration), then repatriated,*

Sciences de l'atmosphère

Les programmes scientifiques sur l'atmosphère, conduits conjointement avec les programmes des stations côtières de Dumont d'Urville et Mario Zucchelli, mettent l'accent sur :

- L'évolution de la couche d'ozone durant l'été, d'année en année - les trois stations font partie du réseau de détection des changements stratosphériques "Network for the Detection of Stratospheric Changes" NDSC.
- La physico-chimie de la troposphère et les transferts air-glace.
- L'étude de la couche atmosphérique polaire et le déclenchement des vents catabatiques.

Astronomie et astrophysique

Le principal objectif est d'étudier l'anisotropie et la polarisation des radiations cosmiques à 3 K. En

collaboration avec de nombreux pays, le site de Dôme C est testé en vue de l'implantation de dispositifs d'observations astronomiques dans les champs du visible et de l'infrarouge.

Sciences de la Terre

Dans le grand maillage des réseaux globaux d'observation, l'Antarctique n'offre que peu de données. Un observatoire sismologique à Dôme C, inclus dans le réseau GEOSCOPE permet de compléter les observations sur la détection des tremblements de terre et sur la structure interne de la Terre. D'autre part, un observatoire magnétique faisant partie du réseau Intermagnet, est chargé d'étudier les champs magnétiques de la Terre.

Biologie humaine et médecine

Un des objectifs est de comprendre le phénomène d'adaptation de l'homme aux conditions hostiles rencontrées à Dôme C, comme l'isolation, le confinement et le froid. Un autre aspect porte sur l'amélioration de techniques adaptées à la médecine en situation isolée.

Technologie

L'accent est mis sur les nombreux besoins scientifiques tels que, par exemple, la transmission des données, la robotique et la télésience. Un autre aspect de la technologie se penche sur des sujets tels que les énergies renouvelables.

SCIENTIFIC ACTIVITIES AT DOME C

Concordia Station and the surrounding facilities have been conceived to be a long term support to valuable international scientific programmes. Several programmes are being carried on at Dome C during the summer seasons, or planned for the near future. Here below, the description of the present programmes should also be taken as an example of what Dome C site can be suitable for.

Glaciology

The European Programme for Ice Coring in Antarctica (EPICA) is supported by the European Union, and ten individual European countries. Epica's main goal is to reconstruct the history of climate and environmental changes. Coring operations started at Dome C during the 1996-97 summer campaign and should be completed by 2004-05. At present 3201 metres of ice cores have been obtained.

Atmospheric Sciences

The programmes, to be conducted in conjunction with similar programmes carried out at the coastal Stations Dumont d'Urville and Mario Zucchelli, will focus on:

- *the evolution of the ozone hole during spring and from year to year; the three stations are all integral part of the Network for the Detection of Stratospheric Changes NDSC;*
- *the physics and chemistry of the troposphere and ice-air relationship ;*
- *the polar boundary layer and the triggering mechanism of katabatic winds.*

Astronomy and Astrophysics

Present main objective is to study the anisotropy and polarisation of the cosmological radiation at 3 kelvin; in collaboration with other countries, the Dome C site is being tested in view of future astronomical observations in the visible and infrared ranges.

Earth Sciences

The global geophysical networks suffer from lack of observatories on the Antarctic ice cap. A seismic observatory at Dome C, to be included in the GEOSCOPE network, is invaluable in the detection of earthquakes and in the study of Earth's internal structure. On the other hand, a magnetic observatory to be included in the Intermagnet network permits studies of the Earth's field as well as external magnetism studies, e.g. on magnetosphere and magnetic storms.

Human biology and Medicine

One of the aims is to understand how people adapt themselves to the severe conditions encountered at Dome C, such as isolation, confinement, harsh climate. Another goal is to improve techniques suitable for medicine in isolated location.

Technology

It will mainly focus on solving science needs and will include data transmission, robotics and telescience. Another aspect of technology aims at life and general support, such as renewable energy.

