

REPORTAGE

ALMA - Atacama Large Millimeter Array (Grand réseau millimétrique de l'Atacama)

Sylvain Chaty, Professeur à l'Université Paris Diderot,
Astrophysicien CEA, membre de l'Institut Universitaire de France.

Sur le plateau de Chajnantor dans le désert Atacama se trouve un « troupeau » d'immenses antennes radio orientables qui peut adopter différentes configurations et se répartir sur des distances allant jusqu'à 16 km. Plus elles sont éloignées meilleure sera la résolution spatiale des astres observés de l'Univers froid.

Perché à 5 100 m d'altitude sur le plateau de Chajnantor, au sein du désert le plus aride du monde, le désert d'Atacama, au nord du Chili, ALMA est le plus grand réseau interférométrique d'antennes radio au monde. C'est aussi la plus grande collaboration scientifique internationale, constituée entre Européens (ESO), Nord-Américains (NRAO) et Asiatiques (NOAJ).

Accéder à ce site hors du commun constitue déjà une aventure extraordinaire à part entière : j'ai eu la chance de vivre cette aventure en mars dernier, à la suite d'une mission d'observation à l'observatoire astronomique de Paranal, en compagnie d'Alexis Coleiro, collègue astrophysicien de l'Université Paris Diderot, et de Pascale Autran, journaliste du quotidien Le Parisien - Aujourd'hui en France (cf. blog de l'Université Paris Diderot, lien ci-dessous).

Notre visite débute par une escale d'une nuit à San Pedro de Atacama, la ville-oasis la plus proche du site d'ALMA, en plein désert d'Atacama. Une fois rejoint, le matin à 8 h 30, par notre guide Francisco Rodriguez, travaillant au service de communication et de relation avec la presse de l'ESO (Organisation de l'Observatoire Européen Austral), nous partons à 2 véhicules 4x4, en roulant tout d'abord une bonne demi-heure, avant d'effectuer un arrêt obligatoire à l'accueil sécurité de ALMA, situé à 2 000 m d'altitude. Là, nous montrons tout d'abord patte blanche en fournissant nos passeports, et en signant le registre d'entrée du site. Puis, nous visionnons une vidéo décrivant le site, les risques liés à l'altitude, à l'ensoleillement, au froid, à l'aridité, etc., ainsi que les recommandations pour prévenir l'ensemble de ces risques. Après cela, nous remontons dans les véhicules pour rouler jusqu'au camp de base, dit OSF (Observatory Science Facility), à 2 900m d'altitude. C'est ici que notre niveau de stress monte quelque peu, car il nous faut absolument réussir un examen médical de pression sanguine et teneur en oxygène dans le sang.

Si un seul des tests n'est pas satisfaisant, il nous faudra attendre 5 minutes avant de nous soumettre à

un deuxième – et ultime – essai, en tâchant de nous calmer, de ne pas paniquer... Une fois l'examen passé *avec succès et soulagement*, le médecin nous délivre le sésame du laisser-passer.

Francisco nous fournit alors à chacun une petite bouteille d'oxygène, qui nous permettra de lutter, si besoin, contre la fatigue, le mal de tête, ou encore la nausée, qui sont tous des maux de l'altitude.

Nous pouvons dès lors initier notre montée vers ALMA, grâce à nos deux véhicules 4x4, spécialement réglés pour pouvoir rouler en altitude, dans une atmosphère à faible teneur en oxygène, direction : le plateau de Chajnantor ! Francisco nous a en effet donné la consigne de ne pas nous arrêter pendant tout le temps que dure la montée, et nous le suivons donc sagement pendant environ 45 minutes. Nous ne nous arrêterons qu'une seule fois, à sa demande, car il semble avoir quelques problèmes de voiture, peut-être liés au GPS qui bride le moteur lorsque le véhicule s'approche de la frontière bolivienne, mais finalement il peut continuer la montée... Nous dépassons peu à peu les panneaux indiquant les différentes altitudes : 3 500m, 4 000m, 4 500m, puis 5 000m, pour finalement atteindre le plateau de Chajnantor, à 5 100m d'altitude... Nous sommes euphoriques lors de cette montée, serait-ce le premier effet de l'altitude ?



Le champ d'antennes.

La première vision que l'on découvre en arrivant, est la montagne Cerro Chajnantor, dominant le plateau du haut de son sommet, situé à 5 600m d'altitude. Nous descendons doucement, avec précaution, du véhicule, car nous commençons tous

à ressentir les premiers effets de l'altitude, avec une légère sensation d'étourdissement, presque de vertige ! Nous pénétrons alors dans le bâtiment technique, pressurisé, pour le traverser jusqu'à arriver à la salle de contrôle.

C'est à ce moment-là que, par les vitres du bâtiment, nous découvrons avec émerveillement et fascination, au loin devant nous, le champ d'antennes, tel un troupeau de monstres blancs regroupés tous ensemble au milieu du plateau, et je ne peux m'empêcher de penser aux manchots empereurs de l'Antarctique, se regroupant ainsi pour se protéger du vent et du froid !

Nous commençons par visiter le bâtiment technique, avec tout d'abord la salle des serveurs réseaux, que Carlos, l'un des ingénieurs qui nous accompagne lors de cette visite, appelle le « cœur » ("el corazon") d'ALMA. Puis, nous entrons dans la salle des corrections de phase des signaux radio, encore nommée par Carlos le « réseau de circulation sanguine ».

Nous entrons enfin, presque religieusement, dans une dernière salle, celle des corrélateurs, que Juan Carlos, un autre ingénieur, décrit de sa voix de basse (il est d'ailleurs surnommé ici le « Barry White d'ALMA »), par cette phrase inoubliable : *le cerveau humain a deux hémisphères, le cerveau d'ALMA, lui, en a quatre !* Carlos nous montre ensuite de nombreuses photos qu'il a prises lui-même, de jour comme de nuit, sur ce site exceptionnel, en nous promettant de nous en envoyer quelques-unes !

Nous nous dirigeons ensuite [enfin !] vers les antennes, aujourd'hui toutes rassemblées, mais pointant dans des directions différentes, les ingénieurs effectuant à ce moment des tests techniques.



Les antennes d'ALMA.

Deux configurations du réseau d'antennes sont en effet possibles : la première, dite compacte, consiste à regrouper les antennes pour former un cœur compact, dans le but d'obtenir le plus grand champ de vue possible, tel un objectif grand angle. Cette configuration est aussi utilisée pour la maintenance lors du temps technique. Dans la deuxième configuration, dite large, les antennes sont espacées

sur une distance totale de 16 km sur le plateau, offrant un champ de vue plus restreint, mais permettant d'obtenir les détails les plus fins, et donc la meilleure résolution spatiale, tel un téléobjectif superpuissant.

Les antennes ont été construites pour un tiers par les Européens, un autre tiers par les Américains, et un dernier tiers par les Asiatiques. Les antennes européennes et américaines font 12 m de diamètre, et les japonaises 7 m de diamètre.

L'extraordinaire beauté du site (et probablement aussi le manque d'oxygène !) nous rendent totalement euphoriques. Nous nous promenons sur ce plateau situé à 5 000 m d'altitude, excités comme des enfants au milieu de ces 67 antennes, imposantes géantes du désert, rassemblées telles des moutons pour se tenir chaud, luttant contre le vent puissant à cette altitude, et nous recherchons en vain le berger qui sûrement passe ses nuits à les surveiller.

Alors que nous nous demandons à haute voix où se trouve le chien du berger, que nous aimerions tant voir courir après les antennes, Francisco nous répond avec malice qu'il n'y a pas un mais deux chiens : le premier s'appelle Lore, le deuxième Ote... Il nous explique qu'il s'agit de 2 camions-grue de 130 tonnes, construits exprès pour pouvoir transporter les antennes (d'une masse de 100 tonnes !) d'un point à l'autre sur le plateau, ou même les amener depuis le camp de base jusqu'au plateau, avec la plus grande douceur requise, parcourant à peine quarante kilomètres en 6 h, à raison d'environ 6 km/h (la vitesse d'une marche à pied, déconseillée à cette altitude !). Ces camions-grues sont de véritables monstres, à la hauteur des dimensions et du caractère unique des antennes : ils consomment 4 000 litres d'essence aux 100 km, délivrant une puissance de 1 300 chevaux ! Deux monstres que Stéphane Léon, astronome à ALMA, appelle tendrement Hansel et Gretel...



Un camion-grue.

Les déplacements d'antennes sur le plateau sont fréquents (environ une centaine par an à raison de 4 antennes maximum par jour), afin de changer la configuration du réseau interférométrique, entre le

mode compact ou large. Il arrive aussi que des antennes soient descendues à l'OSF à 2 900m pour en effectuer la maintenance.

Pour terminer en beauté notre visite de ce site exceptionnel, nous nous dirigeons ensuite vers Cerro Chico, une *petite* montagne (altitude du sommet 5 300m tout de même !) dominant le plateau, d'où nous découvrons une vue spectaculaire sur l'ensemble du plateau de Chajnantor, englobant les antennes du réseau interférométrique ALMA, mais aussi l'antenne APEX, prototype des antennes d'ALMA. Au passage, nous nous rendons compte, en marchant au sommet à 5 300m, que chaque pas effectué un peu vite coûte beaucoup (trop ?) d'énergie... J'ai une pensée émue, en me rappelant que j'étais venu en 2005 sur ce plateau, pour tourner avec l'équipe du studio vidéo de Paris Diderot le documentaire « Le ciel, la cordillère et l'astrophysicien », réalisé par Jean-Louis Berdot et Jean-Paul Flourat, et qu'il n'y avait à l'époque que l'antenne APEX...

Francisco nous rappelle alors que nous devons descendre rapidement, pour deux raisons : la première est que le temps de visite sur le plateau ne doit pas dépasser 2 heures, par sécurité pour l'organisme, la deuxième, et probablement la plus importante, est que le déjeuner ne sera bientôt plus servi au camp de base ! Notre organisme apprécie grandement le retour à une altitude plus humaine de 2 900 m, surtout accompagnée de nourritures terrestres... Quelques interviews d'astronomes sur place, puis du directeur d'ALMA, Pierre Cox, directeur de cette organisation internationale. Il nous explique que sur ALMA il n'y aura jamais d'observation en mode visiteur comme à Paranal, mais uniquement des observations de service, car les conditions d'observation sont trop variables sur le site, et probablement aussi car les risques au niveau de la santé humaine sont trop importants ! Nous quittons enfin le site d'ALMA en repassant par la sécurité, avant de nous diriger vers la Vallée de la Lune, afin d'admirer le coucher du Soleil, dans un environnement de couleurs écarlates, surplombée par le volcan Licancabur, lui-même survolé par la Lune, pleine ce soir. Nous avons bien mérité notre Pisco Sour (boisson nationale du Chili) ce soir !



Le volcan Licancabur.

Pourquoi ALMA est-il situé si haut en altitude ?

À 5 100m, 90 % de l'atmosphère se trouve en-dessous de nos pieds : on est donc quasiment dans l'espace (et cela se ressent avec le manque d'oxygène !). Construire ALMA dans un site très sec (et donc très haut) était nécessaire, afin d'être en mesure d'effectuer les meilleures observations possibles : ce sont en effet les molécules d'eau, présentes en grande quantité dans l'atmosphère, qui absorbent le rayonnement des astres à ces longueurs d'onde.

Qu'observe-t-on avec ALMA ?

Cet observatoire de pointe est dédié à l'observation de l'Univers froid, c'est-à-dire à l'étude du rayonnement provenant des objets les plus froids de l'Univers. À ces longueurs d'onde submillimétriques, notre vision de l'Univers est en effet totalement différente de ce qu'on a l'habitude de voir dans le visible : on observe le gaz froid de l'Univers (quelques dizaines de degrés au-dessus du zéro absolu) : planètes, étoiles, et même galaxies en formation. Cet observatoire permet donc d'accéder à des phénomènes physiques inédits, permettant d'affiner les modèles de formation des planètes autour des étoiles, d'étudier la naissance des étoiles au sein des nuages de gaz interstellaires, ou encore l'origine des galaxies au sein des amas galactiques.

Comment fonctionne ALMA ?

Comme tout interféromètre, ALMA observe en combinant les faisceaux des 67 antennes radio. Il s'agit d'un véritable challenge technologique, non seulement au niveau des communications entre antennes et corrélateur, mais aussi en ce qui concerne les calculs informatiques effectués en temps réel sur d'énormes quantités de données.

Pour en savoir plus :

* Site officiel d'ALMA :

<http://www.almaobservatory.org>

* Site officiel d'ALMA (ESO) :

<https://www.eso.org/sci/facilities/alma.html>

* Article et vidéo sur ALMA dans Le Parisien - Aujourd'hui en France (écrit et réalisé par P. Autran, journaliste qui m'a accompagné en mars 2015) :

<http://www.leparisien.fr/sciences/video-chili-au-plus-pres-desetoiles-29-03-2015-4647111.php#xtref=https%3A%2F%2Fwww.google.fr%2F>

* Blog de l'université Paris Diderot sur ma mission d'observation de mars 2015 :

<http://www.univ-paris-diderot.fr/sc/site.php?bc=accueil&np=pageActu&ref=7078>

Documentaire « Le ciel, la cordillère et l'astrophysicien » réalisé par Jean-Louis Berdot et Jean-Paul Flourat, de l'université Paris Diderot :

<http://www.univ-paris-diderot.fr/Mediatheque/spip.php?article488>