

Le GPS en Antarctique

Mieux comprendre la fonte de la calotte polaire à la Station Princesse Elisabeth

Nicolas Bergeot, Carine Bruyninx, Wim Aerts, Juliette Legrand, Ann Moyaert

La station scientifique belge Princesse Elisabeth en Antarctique est la première base “Zéro émission”. Elle est un lieu privilégié pour des recherches scientifiques sur l’impact des variations climatiques sur l’environnement.

La Belgique en Antarctique

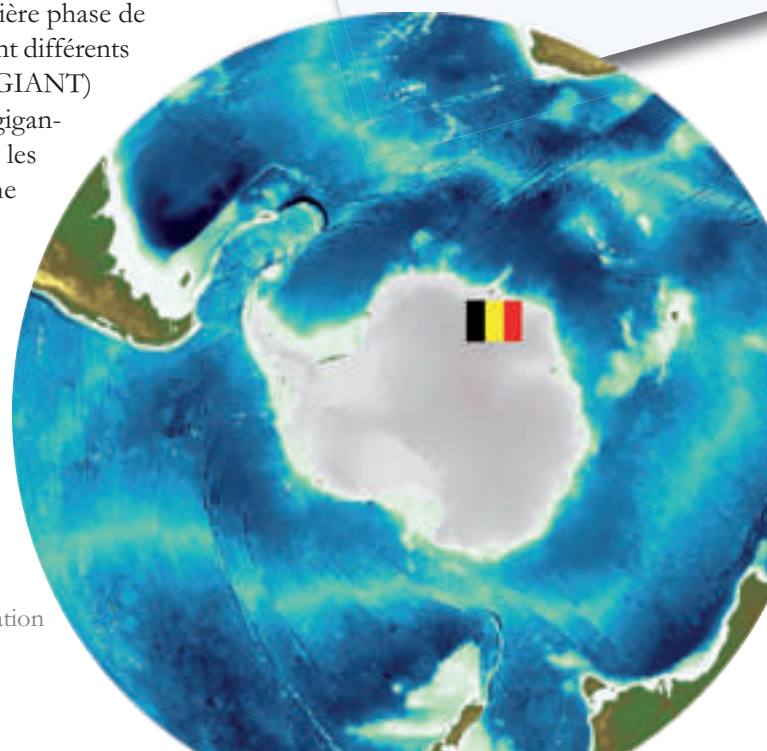
110 ans après l’hivernage de l’équipe du Belgica, la Belgique pose à nouveau un pied sur les terres les plus méridionales de notre planète. Sur une initiative du gouvernement fédéral belge, la station Princesse Elisabeth (Antarctique de l’Est, Usteynen, S 71° 56’ 48.1”, E 23° 20’ 46.8”, Altitude: 1389.8m) a été érigée par la Fondation Polaire Internationale (IPF) puis, inaugurée officiellement le 15 février 2009. Cette base “Zéro émission” dédiée à la science a comme objectif principal de mieux appréhender les mécanismes liés aux variations du climat. Les programmes de recherche associés sont coordonnés par la Politique scientifique fédérale qui est le partenaire belge gouvernemental de l’IPF.

En février 2009, l’Observatoire Royal de Belgique, en collaboration avec l’Université du Luxembourg et de l’Ecole royale militaire, a lancé la première phase de son activité de recherche à la station Princesse Elisabeth. En combinant différents types de données scientifiques, le projet “Géodésie en Antarctique” (GIANT) permettra de mieux comprendre la relation entre la variation des gigantesques masses de glace et la déformation de la croûte terrestre dans les régions polaires. Ces données permettront dans un avenir proche d’améliorer nos connaissances concernant les modifications de l’épaisseur de la calotte glaciaire autour de la base polaire belge et de perfectionner nos connaissances concernant les variations climatiques.

Durant la première campagne scientifique *BELgian Antarctic Research Expedition* (BELARE) 2008-2009, des scientifiques des trois instituts ont uni leurs compétences afin de préparer, d’installer et de tester le matériel GNSS (*Global Navigation Satellite Systems* ou Systèmes de Navigation Globaux) près de la base polaire belge.

Relief du pôle Sud et localisation de la station
Princesse Elisabeth
© ORB/KSB

© ORB/KSB



Qu'est ce que le GNSS ?

Le système GNSS le plus connu est le système GPS (Global Positioning System) mis en place par le Département de la Défense des États-Unis et dont le premier satellite fut lancé en 1978. Actuellement, la constellation GPS est composée de 32 satellites situés à 20 200 km d'altitude. D'autres systèmes de positionnement sont actuellement opérationnels ou en phase de test : (1) le système russe GLONASS (*GLObal'naya NAvigatsionnaya Sputnikovaya Sistema*), né dans les années 1980, est géré par les forces spatiales de la Fédération russe et est composé actuellement de 22 satellites en orbite ; (2) le système Européen Galileo, qui sera opérationnel en 2014, avec 30 satellites en orbite et dont les premiers satellites GIOVE-A et GIOVE-B ont été lancés respectivement en 2005 et 2008.

Le but principal de ces systèmes GNSS est de pouvoir obtenir une position où que l'on se situe à la surface de la Terre et à n'importe quel instant. La précision des récepteurs GPS commerciaux peut varier de quelques dizaines de centimètres à quelques centaines de mètres suivant l'environnement autour du récepteur. Mais l'utilisation de récepteurs plus élaborés ainsi qu'un traitement de données à partir de logiciels scientifiques, permettent actuellement d'obtenir la position d'un point à la surface de la Terre à quelques millimètres près. En calculant la position d'un point à la surface de la Terre chaque jour pendant plusieurs années, il est alors possible de déterminer la vitesse de ce point, à savoir son déplacement sur les composantes horizontales et sur la composante verticale.

Pourquoi installer une station GNSS en Antarctique ?

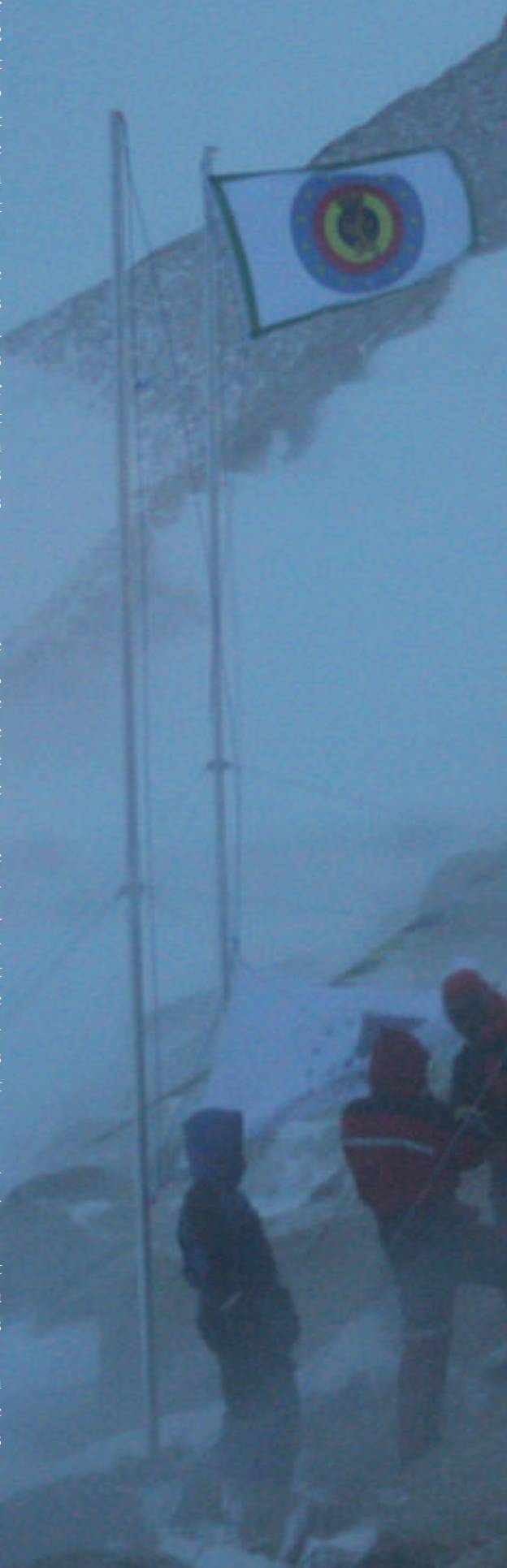
Lors de la dernière période glaciaire Würm (il y a -110 000 à -12 000 ans), une masse de glace gigantesque recouvrait une grande partie du continent eurasiatique, le Groenland, une partie de l'Amérique du Nord, les Andes, le Sud de la Nouvelle Zélande et le continent Antarctique. Lorsqu'une nappe de glace importante recouvre un continent, on parle alors de calotte polaire ou d'inlandsis. Sous le poids de cette masse gigantesque de glace, la croûte terrestre s'est enfoncée avec un déplacement maximum à l'endroit où la calotte de glace était la plus épaisse.

Depuis la fin cette période glaciaire, ces masses de glaces ont en grande partie disparu. Ce déficit de charge sur les continents a pour conséquence un soulèvement de la croûte terrestre appelé rebond post-glaciaire. Ce soulèvement est dû à une relaxation isostatique du manteau terrestre. Lors de cette période de déglaciation appelée période inter-glaciaire, la croûte terrestre tend à revenir à son état initial. Ceci se traduit par un soulèvement qui est maximal à l'endroit où la masse de glace était la plus importante pendant la dernière période glaciaire. Ce phénomène de rebond est bien connu des scientifiques, et entraîne actuellement des soulèvements de plus de 1 centimètre par an au niveau de l'Amérique du Nord et de la Scandinavie et ceci 12 000 ans après la fonte des glaciers.

En ce qui concerne l'Antarctique, en plus de ce rebond post-glaciaire vient s'ajouter un autre déplacement à plus court-terme. Ce second effet serait dû aux variations de masse de glace liées au réchauffement climatique actuel.

Afin de séparer les effets de ces deux déformations qui se superposent, il est nécessaire de combiner les mesures de déplacements horizontaux et verticaux du continent Antarctique calculés à partir du GNSS avec des mesures des variations de masse de glace déterminées à l'aide d'un gravimètre.

Un des défis pour obtenir ces résultats est de pouvoir avoir un accès quotidien depuis la Belgique au matériel installé à la station Princesse Elisabeth afin de contrôler son bon fonctionnement et de traiter les données GNSS téléchargées quotidiennement.



Des conditions météorologiques extrêmes

L'installation d'une station GNSS de haute précision en Belgique et sous nos latitudes est maintenant bien maîtrisée et relativement aisée. Mais la mise en place d'un matériel scientifique de haute précision dans les régions polaires reste difficile du fait de conditions météorologiques extrêmes, du manque de connection internet et de l'absence d'un technicien sur place qui puisse intervenir en cas de problème à la station Princesse Elisabeth pendant l'hiver austral.

Si la température moyenne annuelle est de 10°C en Belgique, elle est de -15°C à Utsteinen avec des températures pouvant descendre jusqu'à -60°C. De plus, la vitesse moyenne annuelle des vents dans nos régions n'est que de 20 km/h alors qu'en Antarctique, cette moyenne est de l'ordre de 50 km/h avec des vents catabatiques (vent gravitationnel produit par le poids d'une masse d'air froide dévalant un relief géographique) pouvant atteindre les 300 km/h. Toutes ces conditions extrêmes ont été prises en compte lors de la conception et de l'installation du matériel GNSS.

Installation d'ELIS

La station ELIS (ELISabeth) est la station GNSS de l'Observatoire Royal de Belgique installée depuis février 2009 à 300 m au Nord de la station Princesse Elisabeth. Une station GNSS se compose d'une antenne, qui capte les signaux des satellites en orbites, et d'un récepteur relié à cette antenne qui enregistre ces signaux.

L'antenne GNSS est spécialement conçue pour résister aux conditions de vents extrêmes. Cette antenne est fixée à un mât rigide qui est lui-même ancré dans la crête granitique d'Utsteinen. Ainsi, les déplacements de l'antenne sont identiques aux déplacements de cette ride rocheuse qui n'est autre que la partie superficielle de la croûte terrestre dans cette zone géographique.

Le récepteur GNSS de la firme belge Septentrio est situé dans le local scientifique baptisé "Émile Danco" en hommage à l'explorateur belge de l'équipage de la Belgica qui décéda en 1898 en Antarctique lors de l'expédition polaire belge.

Comme les conditions thermiques en Antarctique sont extrêmes, un dispositif a été spécialement conçu afin de surveiller la température dans le local scientifique. Ceci dans le but de pouvoir activer une source chauffante en cas de températures fortement négatives, qui restent le principal obstacle au bon fonctionnement du matériel.

Une fibre optique longue de 300 m assure la liaison entre le matériel installé à l'extérieur de la station et les installations informatiques dans la station Princesse Elisabeth. Pour les 13 000 km restant, une antenne satellite permet depuis début mars 2010 d'envoyer les données depuis l'Antarctique jusqu'en Belgique afin que celles-ci soient analysées et traitées.

Les éoliennes qui fournissent le courant pendant l'hiver austral.

© ORB/KSB



Vents catabatiques à la station polaire le 20 février 2009 à 21h.

© ORB/KSB

Antenne ELIS fixée sur la crête granitique d'Utsteinen

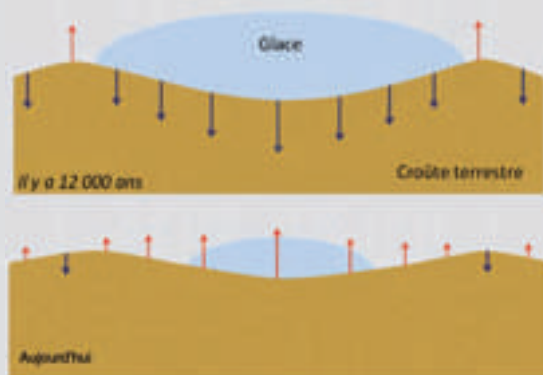
© ORB/KSB

PLUS

Le GNSS :
www.gnss.be
www.septentrio.com

La station Princesse Elisabeth :
www.antarcticstation.org

Le Solar-Terrestrial Centre of Excellence :
www.stce.be



Le rebond post-glaciaire. Flèches rouges et bleues :
soulèvement et enfoncement de la croûte terrestre.

Un dispositif opérationnel

À ce jour, le matériel GNSS d'ELIS est totalement opérationnel. Le local Émile Danco est alimenté en électricité à partir des panneaux solaires et des éoliennes de la station Princesse Elisabeth. Les données d'ELIS sont téléchargées et traitées quotidiennement à l'Observatoire Royal de Belgique. Les déplacements de la croûte terrestre liés aux variations climatiques et à leurs conséquences sur les variations de masses de glace devraient être de l'ordre du millimètre au centimètre par an. Les premiers résultats sont encourageants avec des précisions de l'ordre de 2 à 4 millimètres sur les positions calculées. Avec de telles précisions, les premières estimations de vitesses de déplacement de la partie supérieure de la croûte terrestre aux abords de la station seront disponibles à la fin de l'année 2010.

Enfin, un autre challenge important dans les années futures sera d'améliorer notre connaissance concernant l'atmosphère terrestre dans les régions polaires. Dans le cadre du *Solar-Terrestrial Centre of Excellence* (STCE), qui est un projet scientifique dédié à la recherche sur la relation entre l'activité du Soleil et notre atmosphère (la météo spatiale), les données de ELIS seront également utilisées afin d'apporter des informations complémentaires sur les paramètres atmosphériques encore mal connus dans cette région du globe. □

