

# Postface

**topographie  
de surface**

**antarctique  
et groenland**

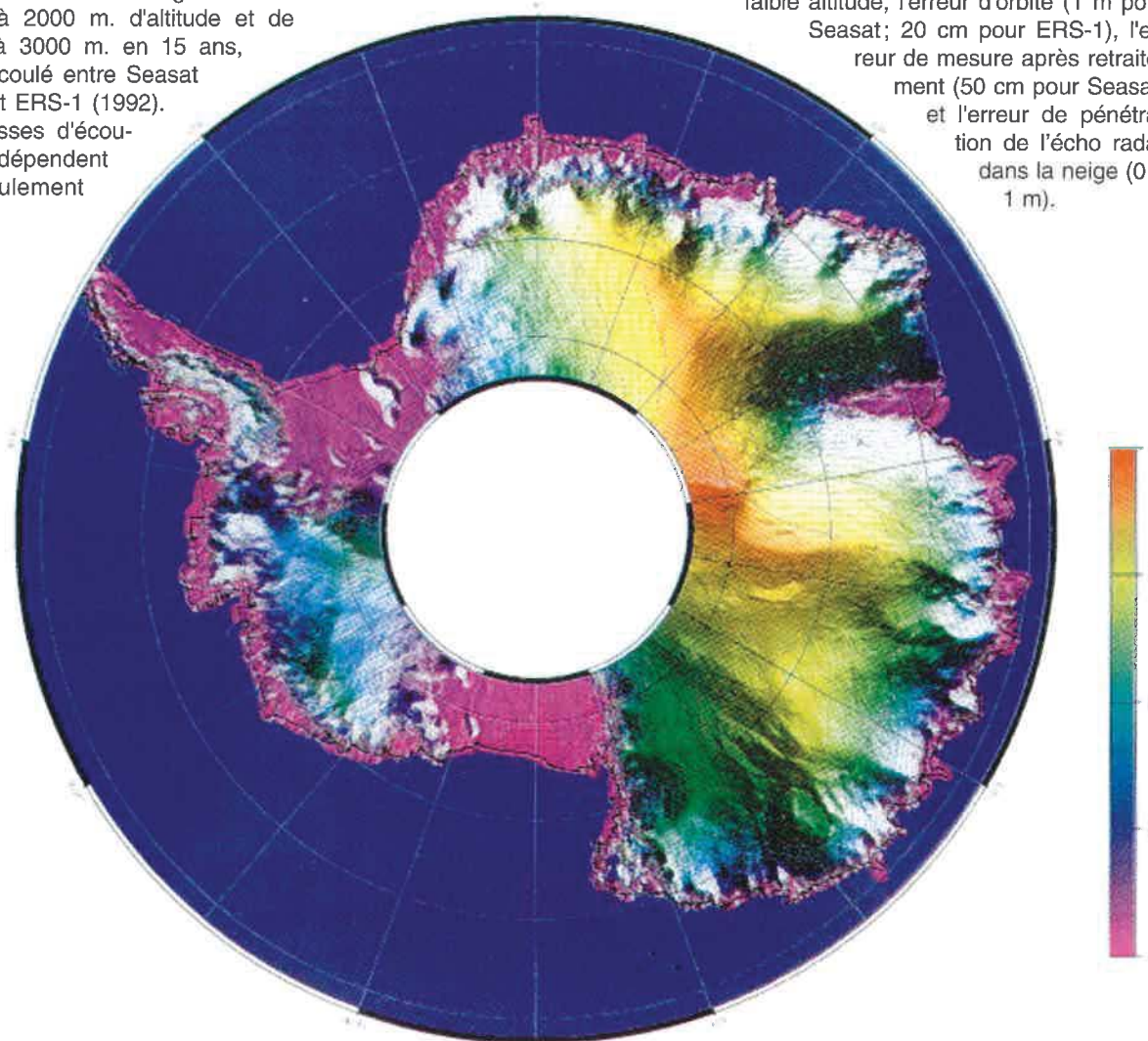
Groupe de Recherche en Géodésie Spatiale – (GRGS) – Frédérique Rémy

## POURQUOI LA TOPOGRAPHIE, À QUOI ÇA SERT ?

La topographie de surface a un rôle unique : d'un point de vue climatique, seules des mesures répétées de la topographie de surface peuvent estimer le bilan de masse actuel de l'Antarctique. D'un point de vue dynamique, elle est à la fois le résultat de l'évolution passée et la condition initiale de l'évolution future. Elle peut servir aussi bien à tester les modèles, à les contraindre ou à les initialiser, ou à mettre en évidence des processus physiques qui jouent un rôle. Quel que soit l'objectif, la précision doit être la meilleure possible et s'approcher de la dizaine de cm. Une variation des taux d'accumulation, de l'ordre de 10 %, conduirait à un signal de l'ordre de 30 cm à 2000 m. d'altitude et de 15 cm à 3000 m. en 15 ans, temps écoulé entre Seasat (1978) et ERS-1 (1992). Les vitesses d'écoulement dépendent non seulement

de la contrainte mécanique appliquée, donc de la pente de la surface sur une échelle d'une dizaine de kilomètres, mais aussi du chemin suivi depuis le dôme, c'est-à-dire de la courbure de la surface. Les pentes moyennes étant de l'ordre de 1/1000, une précision de 15 cm sur la topographie de surface fournit la pente à une précision de 3 %. Si, par ailleurs, les vitesses d'écoulement dépendent du cube de la pente de la surface, comme il est admis, cette précision fournira les vitesses d'écoulement à 10 % près.

Cependant, la précision altimétrique brute est 10 à 20 fois moins bonne que celle souhaitée. En effet, il existe quatre sources d'erreur majeures : l'erreur de pente (0 à 15 m), dominante surtout dans les zones de plus faible altitude, l'erreur d'orbite (1 m pour Seasat; 20 cm pour ERS-1), l'erreur de mesure après retraitement (50 cm pour Seasat) et l'erreur de pénétration de l'écho radar dans la neige (0 à 1 m).



Topographie de l'Antarctique, donnant une idée très précise de l'altimétrie du continent, du niveau de la mer jusqu'à plus de 4000 m (le Mt Winston culmine à 4897 m) (altimétrie rader du satellite ERS, avec une résolution de 1/30°, par le GRGS).

## TRAITEMENT ALTIMÉTRIQUE

La mesure altimétrique est extraite à partir des formes d'ondes (toutes les 0.05 s ou 350 m le long de la trace du satellite). Elle est ensuite corrigée de l'erreur de troposphère sèche à partir d'une relation théorique reliant l'altitude et la pression atmosphérique. Le signal de marée solide est également soustrait. L'erreur de troposphère humide et l'erreur ionosphérique, négligeables devant les autres erreurs, ne sont pas corrigées. L'orbite utilisée est l'orbite précise calculée par l'Université de Delft. L'erreur résiduelle sur cette mesure est, après corrections, de l'ordre du mètre (entre 80 cm et 1 m d'écart type aux points de croisement des traces du satellite).

La topographie haute résolution est construite à partir du cycle géodésique, très dense (répétitivité 2 fois 168 jours). Respectivement, 30 millions de formes d'onde et 2 millions de formes d'onde, ont été utilisées pour les topographies au 1/30° de l'Antarctique et du Groenland. L'erreur d'orbite est retirée après ajustement d'une constante et d'un biais, obtenus par minimisation de la différence d'élévation aux points de croisement. L'erreur de hauteur liée à la pente de la surface est corrigée après la construction de la carte, en estimant en chaque pas de grille la pente à partir d'une forme biquadratique ajustée sur 9 pas, et en tenant compte de la pente et de la courbure de la surface. L'erreur finale peut dépasser plusieurs mètres au bord de la calotte, ceci à cause de la pente de la surface et de la présence d'ondulations importantes, mais est inférieure au mètre dans les régions intérieures.

## DESCRIPTION

Les détails obtenus à partir de l'orbite dense sont surprenants. Par exemple, sur un agrandissement de la Terre Adélie, nous voyons la signature du lac de Vostok (95°E, 72-76°S) : la glace glisse à cause de la présence d'eau subglaciaire, il y a donc un fort relâchement local des contraintes d'écoulement dont la signature se reflète en surface. La même signature est observée près de l'Astrolabe (68°S, 140°E), lac subglaciaire entouré de chaînes de montagnes. Ces lacs sont entourés de bour-

relets causés par les transitions brusques frottement fort/frottement faible. En revanche, à gauche de l'axe Dumont d'Urville/dôme C, nous voyons la marque d'une forte contrainte causée par le passage de la glace sur une chaîne de montagnes.

Au premier ordre, et à grande échelle, le relief des calottes est « quasi-parabolique » comme tout corps plastique reposant sur un socle : de la côte vers le centre, la hauteur augmente et la pente de surface diminue. À cette échelle, le relief est contrôlé par l'équilibre entre précipitation et évacuation, et dépend par conséquent des conditions climatiques. Si l'on retranche ce profil quasi-parabolique du profil réel, apparaissent alors d'autres signaux. À l'échelle de la centaine de kilomètres, on découvre un double réseau de structures variant de 20 m d'amplitude à la côte à quelques dizaines de centimètres au centre ; l'un, orienté perpendiculairement aux lignes de niveau, l'autre, parallèlement. Ce premier réseau traduirait des anomalies d'écoulement entre chenaux attenants qui se transmettent de la côte aux dômes. Une partie de la forme des calottes serait donc contrôlée par la vitesse d'écoulement des glaciers émissaires. À l'échelle de la dizaine de kilomètres, nous observons des ondulations extrêmement régulières de 20 km de longueur d'onde et d'amplitude 5 m, très caractéristiques de la topographie des deux calottes polaires. Ces ondulations, plus fortes aux bords et plus faibles à l'intérieur des continents, seraient dues à la présence du socle rocheux amorti par l'épaisseur de glace. Elles sont statistiquement inclinées de 45° par rapport aux lignes d'écoulement.

Ces différentes signatures, qu'elles soient liées à la dynamique ou la climatologie, permettent de quantifier les processus physiques connus qui agissent au Groenland ou en Antarctique, ou d'en découvrir. C'est le cas de l'alternance des lignes d'écoulement rapide et des lignes d'écoulement lent qui se fait à une longueur d'onde caractéristique d'environ 250 km, ou encore du réseau de structures parallèles aux lignes de niveau qui restent encore à expliquer.

Frédérique Rémy, GRGS  
(Groupe de Recherche en Géodésie Spatiale)  
e-mail : frederique.remy@cnes.fr

## Association Française de Topographie **ADHEREZ**

Pour le contact permanent avec la profession, la prise directe avec la science et la technique du métier. Pour se situer dans la topographie dont l'université est probante. L'une des solutions est d'adhérer à l'AFT.

L'AFT est le lieu géométrique où se rencontrent les grands organismes de la topographie, le cadastre, le Service Hydrographique, l'IGN... les grands Ecoles de la profession, l'ENSAIS, l'ENSG, l'ESTP, l'ENC... les hommes et les femmes des grandes Ecoles de la Nation, Polytechnique, Centrale... et aussi tous les ingénieurs, techniciens, hommes de terrain, qui font chaque jour le tissu expérimenté d'un métier que l'AFT a pour vocation de faire partager par tous, en promouvant la solidarité professionnelle.