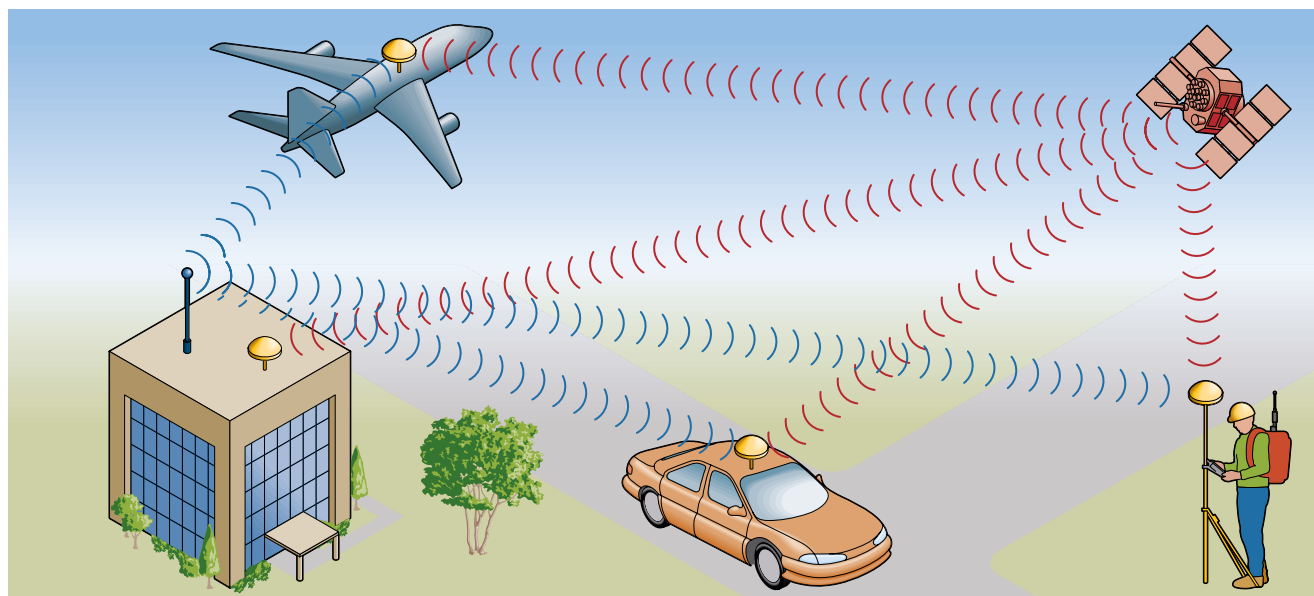




6. L'UTILISATION DU GPS EN MODE DIFFÉRENTIEL permet d'obtenir des précisions supérieures à celles que la Défense américaine voulait imposer. Un récepteur fixe, de position connue, calcule l'erreur d'horloge contenue dans le signal émis par le satellite (en rouge) et

envoie, par radio, les corrections à appliquer aux récepteurs mobiles voisins (en bleu). La méthode fait passer la précision du système d'une centaine de mètres à moins d'un mètre. De nombreux fournisseurs proposent aujourd'hui ce service.

côtes transmettent les corrections près des principaux ports.

Les militaires américains doivent-ils continuer de coder les informations en temps de paix, obligeant ainsi d'autres services publics à dépenser de l'argent pour corriger les erreurs et transmettre les résultats? La question s'est posée avec encore plus d'acuité pendant la guerre du Golfe et lors de l'intervention américaine en Haïti, quand le Département américain de la Défense a désactivé les procédures de sécurité du GPS, parce qu'il ne disposait pas d'assez de récepteurs militaires

à envoyer en opérations et qu'il avait besoin de récepteurs civils (les troupes américaines en ont même acheté par correspondance). Les autorités militaires américaines ont parié que l'ennemi n'aurait pas de missiles guidés par le GPS et qu'il n'avait pas l'habitude de la vente par correspondance.

De surcroît, la Russie achève la mise au point d'un système de positionnement précis par satellite nommé GLO-NASS, semblable au système GPS. Le système russe ne sera pas codé, de sorte que n'importe quel possesseur d'un récepteur adapté pourra l'utiliser. L'existence de ce système ouvert et la large diffusion des corrections GPS annuleront les éventuels avantages militaires qui résultaient de la dégradation de la précision des horloges des satellites du GPS. L'Académie des sciences américaine a recommandé la suppression du décalage des horloges, mais la position du Département de la Défense reste... décalée.

Chaque semaine, de nouvelles utilisations de la localisation par satellites sont proposées. Les météorologues obtiennent des informations sur l'état de l'atmosphère en analysant la propagation des signaux GPS. En outre, le GPS est de plus en plus utilisé pour aider la navigation maritime ou aérienne, ainsi que pour le guidage automobile. Des récepteurs expérimentaux guident même les aveugles. L'Agence spatiale européenne pilote le projet GNSS-1 de navigation aérienne

fondé sur le GPS. En ajoutant quelques satellites sur des orbites géostationnaires, les problèmes de précision ou de fiabilité, tel celui évoqué au début de cet article, seraient éliminés. Le premier de ces satellites devrait être lancé à la fin de 1997.

Les usages civils sont bien plus nombreux que les utilisations militaires et, au début du prochain millénaire, la vente des services du GPS devrait rapporter environ cinq milliards de francs par an à l'économie américaine : cet outil militaire est devenu une source de revenu national. Dans les prochaines années, une question deviendra alors inévitable : qui doit contrôler le système GPS?

Thomas HERRING est professeur à l'Institut de technologie du Massachusetts.

Bradford H. HAGER, Robert W. KING et Mark H. MURRAY, *Measurement of Crustal Deformation Using the Global Positioning System*, in *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, vol. 19, pp. 351-382, 1991.

Tom LOGSDON, *The Navstar Global Positioning System*, Van Nostrand Reinhold, 1992.

GPS World, magazine bimensuel publié par Advanstar Communications, 859 Williamette Street, Eugene OR 97401, États-Unis.

Sur le World Wide Web : <http://igsceb.jpl.nasa.gov/> et <http://www.unavco.ucar.edu/>



7. LA DÉFORMATION DE LA CROÛTE TERRESTRE est mesurée par le suivi de récepteurs GPS dans des zones géologiquement actives comme celle de Tien Shan, en Asie centrale. Le GPS permet de surveiller l'accumulation des contraintes dans le sol.

L'imagerie acoustique dans l'océan

MICHAEL BUCKINGHAM • JOHN POTTER • CHAD EPIFANIO

En enregistrant les réflexions et les diffusions des bruits de la mer sur les objets immergés, on forme des images en couleurs de ces objets sans recourir à des sonars.

Le cinéma nous a souvent fait entendre le bruit caractéristique des sonars : les échos indiquent au sous-marinier la position des cibles. Naguère, le bruit de fond de l'océan était considéré comme une nuisance, car il masquait les signaux intéressants : les vagues qui déferlent, les bateaux qui passent, la pluie qui tombe et les diverses espèces marines, telle la crevette, qui produisent des bruits caractéristiques, contribuent à la cacophonie de ce que l'on a mal nommé «le monde du silence». Aussi les ingénieurs ont-ils longtemps cherché à éliminer le bruit de fond pour obtenir les signaux.

Aujourd'hui, on cherche à utiliser le bruit de fond plutôt qu'à le supprimer, car les objets plongés dans l'océan modifient ce champ sonore ambiant en fonction de leur forme, de leur composition et de leur position. Le son ambiant dans l'océan est analogue à la lumière du jour dans l'atmosphère : à l'extérieur, nous voyons les objets parce qu'ils diffusent et réfléchissent la lumière du jour. De même, les sons qui emplissent l'océan jouent le rôle de «lumière du jour acoustique», et nous pouvons réaliser des images d'objets sous-marins en utilisant le bruit ambiant comme source d'«éclairage». Nos premiers résultats montrent que la nouvelle imagerie acoustique devrait être utile dans de nombreuses circonstances, de la sécurité des ports à la détection des mines sous-marines.

À ce jour, les images obtenues sont assez grossières, et leur résolution est bien inférieure à celle des images

optiques. Notre vue est précise, parce que la pupille dilatée est 10 000 fois plus grande que la longueur d'onde de la lumière visible, ce qui permet à l'œil de recevoir un grand nombre de longueurs d'onde. L'obtention d'une résolution acoustique analogue nécessiterait un récepteur de 600 mètres de diamètre ! Cependant, comme l'eau absorbe presque tout le rayonnement électromagnétique (notamment la lumière), le son est le moyen privilégié (et souvent le seul) d'obtenir des informations sur ce qui se passe dans les profondeurs océaniques.

Les Anciens se préoccupaient déjà du son dans l'eau, Aristote et Pliny le Jeune se demandaient si les poissons entendaient. Dans la Chine antique, les pêcheurs localisaient les bancs de poissons en plongeant une tige de bambou dans l'eau : ils écoutaient le bruit de la mer à l'extrémité placée dans l'air. Plus tard, Léonard de Vinci développa cette idée : il écrivit dans ses études sur les propriétés de l'eau que, «si l'on se place sur son bateau immobile, et si l'on place le bout d'un long tube dans l'eau et l'autre extrémité sur son oreille, on entendra les bateaux éloignés».

Néanmoins, c'est seulement durant la Première Guerre mondiale que les inventeurs fabriquèrent les premiers systèmes de localisation sous-marine pour faire face à la menace des sous-marins. Ces appareils rudimentaires sont à la base de tous les sonars suivants, dont la mise au point s'est accélérée au cours de la Seconde Guerre mondiale. Le principe de fonctionnement des sonars les plus perfectionnés

reste identique à celui de leurs ancêtres : ils transmettent activement les sons dont ils reçoivent l'écho produit par la cible, ou bien ils reçoivent passivement les sons produits par un émetteur.

L'important rôle historique des techniques active et passive explique pourquoi on n'a cherché que récemment une manière nouvelle de «voir» dans l'océan. En comprenant, au milieu des années 1980, que la vision n'est ni active, ni passive (dans le sens de regarder des sources de lumière directe), l'un d'entre nous (M. Buckingham) posa les bases d'une visualisation acoustique sous-marine analogue à celle de l'œil. Cette nouvelle technique pallierait les principaux inconvénients des techniques classiques de détection sous-marine : l'écholocalisation révèle la présence de l'opérateur, tandis que la détection passive, indécidable, ne repère pas les cibles silencieuses.

La première expérience

En 1991, nous avons effectué les premières expériences d'imagerie acoustique dans l'océan Pacifique, au large de la Californie. Le dispositif principal était un récepteur acoustique, formé d'un réflecteur parabolique de 1,2 mètre de diamètre et d'un hydrophone (un microphone sous-marin) en son foyer.

Le réflecteur servait de lentille acoustique. L'expérience devait indiquer si un objet placé dans le «faisceau» (ou champ d'écoute) du récepteur modifiait le bruit perçu. Un panneau