



5. LE CLIMAT DE L'EUROPE changerait considérablement si la circulation océanique était perturbée. Dublin (*en haut à gauche*) aurait en été le climat que connaît aujourd'hui le Spitzberg (*en*

haut à droite), et les hivers londoniens (*en bas à gauche*) seraient aussi froids que les hivers actuels à Irkoutsk, en Sibérie (*en bas à droite*).

mètres d'altitude dans les Andes tropicales, contiennent 200 fois plus de poussière fine que les échantillons les plus récents : il s'agit probablement de poussière transportée par les vents qui soufflaient sur une Amazonie aride. La glace la plus ancienne contient aussi moins d'oxygène 18 que celle qui s'est formée depuis 10 000 ans ; la température était inférieure d'environ dix degrés à celle d'aujourd'hui. En outre, la limite des glaces éternelles dans les Andes était 1 000 mètres plus bas qu'aujourd'hui : pendant les périodes de refroidissement, les tropiques étaient à la fois plus froides et plus sèches.

Notre compréhension partielle du passé ne nous permet guère de tirer des conclusions définitives en ce qui concerne l'avenir du climat. L'accumulation actuelle de gaz à effet de serre modifiera-t-elle la circulation océanique globale et le climat ? Selon les relevés paléographes, les brusques variations des climats passés ont été limitées à des périodes où l'Atlantique Nord était entouré d'immenses

couches de glace, pendant la dernière glaciation ou juste à la fin : nous sommes loin de cette situation. Toutefois l'ampleur de l'effet de serre provoqué par les activités humaines risque d'être bien plus grande qu'aucun autre événement au cours d'un intervalle interglaciaire, et l'on n'a pas de certitude que le système climatique global reste figé dans son mode actuel de fonctionnement.

Un arrêt de la circulation océanique ou une autre perturbation comparable sont improbables, mais si cela

se produisait, les conséquences seraient catastrophiques. La probabilité d'un tel événement atteindra son maximum dans 50 ou 150 ans, alors que la population mondiale sera trop nombreuse, menacée par la famine et par les maladies et qu'il faudra lutter pour préserver la vie sauvage de la pression toujours croissante sur l'environnement. Nous devons prendre cette éventualité au sérieux et faire tous les efforts possibles pour mieux comprendre le système climatique de notre planète.

Wallace BROECKER est professeur de géologie à l'Observatoire terrestre Lamont-Doherty de l'Université Columbia.

Wallace S. BROECKER et George H. DENTON, *Les cycles glaciaires*, in *Pour la Science*, n° 149, mars 1990.

W. DANSGAARD et al., *Evidence for General Instability of Past Climate from a 250-KYR Ice-Core Record*, in *Nature*, vol. 364, pp. 218-220, 15 juillet 1993.

D.R. MACAYEAL, *A Low-Order Model*

of the Heinrich Event Cycle, in *Paleoceanography*, vol. 8, n° 6, pp. 767-773, décembre 1993.

J. CHAPPELLAZ, T. BLUNIER, D. RAYNAUD, J.M. BARNOLA, J. SCHWANDER et B. STAUFFER, *Synchronous Changes in Atmospheric CH_4 and Greenland Climate between 40 and 8 KYR BP*, in *Nature*, vol. 366, pp. 443-445, 2 décembre 1993.

Jean-François MINSTER, *Les océans*, Éditions Flammarion, 1994.

Les mémoires holographiques

DEMETRI PSALTIS • FAI MOK

Après plus de 30 ans de recherches, les physiciens parviennent à utiliser l'holographie pour le stockage massif de données dans des mémoires très rapides.

Le stockage optique des données est une des grandes réussites techniques des 15 dernières années : les disques compacts (CD) dominent aujourd'hui le marché de l'audiovisuel, enregistrant des textes, des images et des sons ; les utilisateurs d'ordinateurs personnels acquièrent des jeux vidéo, des journaux et des encyclopédies multimédia sous la forme de disques compacts.

Le stockage optique des données est indiscutablement aisé, peu coûteux et fiable. Les disques compacts contiennent environ 640 méga-octets, soit l'équivalent d'une heure et quart de musique haute fidélité ou de 300 000 pages dactylographiées en double interligne. Néanmoins les utilisateurs apprécieraient des mémoires encore plus vastes et encore moins coûteuses : l'industrie du spectacle aimerait enregistrer un ou plusieurs films sur un seul disque optique de la taille d'un disque compact ; les hôpitaux, les cabinets juridiques, les administrations et les bibliothèques ont besoin de mémoriser tant de données qu'ils ont recours à des «juke-box», dont le bras robotisé pioche parmi des centaines de disques.

Les ingénieurs de l'industrie informatique ont répondu à ces demandes en essayant de tirer le maximum des systèmes à disques compacts. Certains étudient des lasers à semi-conducteurs, qui émettent des longueurs d'onde plus courtes que celles des lecteurs de disques actuels, afin d'augmenter la densité d'informations écrites sur les disques compacts ;

d'autres explorent les techniques de compression de données et de «super-résolution», qui permettent aussi une densité supérieure (au prix d'une augmentation du bruit de fond) ; d'autres encore étudient des disques multicouches, où plusieurs couches de stockage des données sont superposées et lues par un système optique que l'on focalise sur une couche particulière. D'ici cinq ans, ces perfectionnements devraient porter la capacité de stockage des disques compacts jusqu'à quelques dizaines de milliards d'octets (giga-octets).

Toutefois, pour enregistrer beaucoup plus de données – quelques centaines de milliards d'octets, par exemple, dans un disque –, on devra changer complètement de technique. Quelques équipes étudient une méthode prometteuse : l'holographie. L'idée remonte à 1964, lorsque Pieter van Heerden, de la Société *Polaroid*, proposa pour la première fois l'utilisation de cette méthode pour le stockage tridimensionnel des données. On pense aujourd'hui qu'une mémoire holographique pourrait stocker des centaines de milliards d'octets ; elle les transférerait à une vitesse supérieure à un milliard de bits par seconde et sélectionnerait une donnée élémentaire, choisie au hasard, en moins de 100 microsecondes. Ces atouts ont incité de grandes compagnies comme *Rockwell*, *IBM*, *Thomson*, *Sony* ou *GTE* à s'intéresser de près à la mise au point des mémoires holographiques.

Quand les premières de ces mémoires seront commercialisées, leur



1. LES MÉMOIRES HOLOGRAPHIQUES sont des systèmes où l'information est stockée dans des cristaux de niobate de lithium à peine plus grand qu'un morceau de sucre (*en avant-plan*). Les hologrammes sont formés dans le cristal, par la rencontre d'un faisceau laser de référence, large et lumineux (*à gauche*), avec un faisceau qui contient les données, plus fin et plus faible (*à droite*).