



Collection privée J.-C. Chapuis



7. HARMONICA DE VERRE DU XVIII^e SIÈCLE ; l'axe qui porte les cloches de verre est entraîné par un pédalier. L'instrument a été modernisé : un moteur électrique entraîne maintenant les cloches, tandis qu'un brumisateurs maintient les doigts humides.

mobile qui ne s'appuie que d'une jambe sur la caisse de résonance. Lors de la mise en vibration de la corde, cette jambe percute périodiquement une petite plaque de verre, engendrant un son sec. L'effet obtenu quand on ne joue que les notes harmoniques sur la corde est celui d'un cor ou d'une trompe de chasse. Cette plaque peut être également en métal ou en ivoire : le facteur d'instruments choisit le matériau selon le timbre qu'il souhaite donner à l'instrument.

Les aérophones dont la structure comporte du verre sont plus variés : des facteurs ont construit des orgues en verre (avec des tuyaux fermés, comme la flûte de Pan en verre), des flûtes traversières (tuyau ouvert), des trompes droites, des embouchures de clarinette et des saxophones de verre. Ces instruments (de construction difficile) sont superbes, et l'emploi de mélanges verriers pour leur réalisation se justifie par la très faible dilatabilité des verres d'oxydes. Les flûtes métalliques, par exemple, ont l'inconvénient de s'allonger ou de se raccourcir selon les variations de températures (de la pièce, de l'instrument chauffé par l'exécutant) : les facteurs doivent généralement construire le corps de ces instruments en plusieurs morceaux, que l'on enfonce plus ou moins les uns dans les autres. Ayant observé cette faible dilatation des verres, au début du XIX^e siècle,

le facteur français Claude Laurent eut l'idée de les employer pour construire ses belles flûtes de cristal ; aujourd'hui, d'autres verres peuvent être mis en œuvre à cette même fin. Cette faible dilatation a intéressé certains facteurs de flûte de Pan ou d'orgues. Ces derniers employèrent des bouteilles selon le principe des flûtes globulaires, faisant vibrer la colonne d'air interne à la cavité à partir du jet de l'air sur un rebord de bouteille. Les bouteilles étant de tailles différentes, on obtenait des notes différentes.

À la famille des idiophones appartiennent les harmonicas, séraphins, cloches déjà examinés, et aussi d'autres instruments, qui ont été inventés après la Renaissance. Par exemple, des cristallophones (vibraphones à lame de verre) furent perfectionnés. L'euphone, lui, se sert du verre comme corps excitateur. Au sein de ce groupe d'instruments, les verres musicaux et l'harmonica occupent une place à part : avec la scie musicale, ce sont les seuls instruments qui émettent par friction des sons de hauteurs différentes et déterminées. Le facteur de séraphin ou d'harmonica, qui n'est pas limité à l'utilisation de verres à boire, peut explorer des formes variées, qui facilitent le jeu, améliorent le timbre et augmentent la puissance sonore. Pour ces optimisations, il doit tenir compte de l'excitation particulière qui est mise en œuvre : les frottements du buvant,

dans le séraphin, ou de la zone plane qui jouxte le buvant pour l'harmonica, engendrent des sons différents. Ce qui est recherché ici, c'est un timbre « chaud et rond », et le son entretenu qui permet d'explorer de nouveaux horizons sonores par des notes maintenues.

D'autres améliorations sont possibles : par exemple, j'ai motorisé l'instrument (qui était naguère actionné par un système de pédalier) et l'ai équipé d'un brumisateurs qui conserve l'exacte humidité des doigts de l'instrumentiste.

On comprend aujourd'hui les causes des vibrations inédites des instruments de verre, mais la compréhension des phénomènes physiques n'épuise pas la poésie qui se dégage des timbres, variés et rares, de cet instrumentarium. Le public contemporain ressent toujours la « nouveauté » et la richesse d'expression de ces instruments.

Jean-Claude CHAPUIS est musicien, compositeur et facteur d'instruments. Il a créé l'ensemble *TransparenceS*, où figurent des instruments décrits ici, à côté d'instruments plus connus.

Daniel MOUGIS et Michel BARQUINS, *Stick Slip and Peeling of Adhesive Tapes*, in *Adhesion*, vol. XII, pp. 205-222, K.W. Allen, Elsevier, Londres, 1988.

John PIERCE, *Le son musical*, Éditions Belin-Pour la Science.

La surveillance du climat

MICHAEL KING • DAVID HERRING

Un satellite qui embarque cinq groupes de capteurs collecte les données nécessaires à la prévision des évolutions climatiques.

Le satellite *Terra* survole notre planète à 705 kilomètres d'altitude. Chaque jour, il surveille les phénomènes qui déterminent le climat : les nuages, la croissance des végétaux, les variations du rayonnement solaire, la formation des glaces... Dans son orbite autour de la Terre, en passant par les pôles, il observe toutes les régions qui traversent son champ de vision et il dresse un état de santé du Globe.

Aujourd'hui, l'atmosphère et la biosphère se transforment avec une rapidité sans précédent dans l'histoire de la Terre. Chaque année, on allume des centaines de feux de forêts pour défricher : cette pratique a quadruplé au cours du XX^e siècle. On brûle en moyenne 142 000 kilomètres carrés de forêt tropicale par an, soit l'équivalent du quart de la surface de la France. Certains capteurs de *Terra* détectent les flammes, d'autres mesurent l'étendue des terres brûlées ou observent les déplacements des fumées et des gaz émis dans l'atmosphère. Grâce à la haute résolution de l'un de ses capteurs (15 mètres), *Terra* localise même les braises qui risquent de repartir en flammes. Il fait partie du Système d'observation de la Terre (SOT) de la NASA, un ensemble de satellites qui surveillent le climat global, afin de comprendre l'influence des facteurs naturels et humains et de prédire les changements futurs.

Depuis la formation de la Terre, il y a 4,5 milliards d'années, les bouleversements géologiques, telles les éruptions volcaniques, les variations des courants marins et les cycles de glaciations ont modifié la surface des terres émergées, ce qui a transformé le cli-

mat. Aujourd'hui, l'activité humaine est le principal facteur de changement (voir *Modifions-nous le climat ?*, par Thomas Karl et Kevin Trenberth, *Pour la Science*, janvier 2000).

Pour prévoir ces variations, un grand nombre de mesures, dans le monde entier, sur une période prolongée, doivent être collectées et prises en compte dans les simulations. Nous avons identifié 24 facteurs principaux qui influent sur le climat, notamment les flux d'énergie entre la surface de la Terre et l'atmosphère (les rayonnements visible et infrarouge), les concentrations en gaz à effet de serre, la couverture de neige et de glace, les nuages, les aérosols, les changements de végétation, etc. Le satellite *Terra* mesure 16 de ces facteurs (voir la liste page 78).

En 1988, la NASA avait proposé le lancement d'un satellite de surveillance du climat global, qui collecterait des données fiables en nombre suffisant (voir *La Terre vue du ciel*, par Diane Evans, Ellen Stofan, Thomas Jones et Linda Godwin, *Pour la Science*, février 1995). En 1991, le programme SOT fut décidé ; un budget de 44 milliards de francs fut alloué pour une durée de dix ans. La construction et le lancement de *Terra*, le satellite du SOT le plus récent, a coûté 55 milliards de francs.

Une nouvelle génération de systèmes de mesure

Depuis son lancement, le 18 décembre 1999, *Terra* est commandé depuis le Centre de Greenbelt, dans le Maryland. Contrairement aux instruments qui émettent des rayons laser ou des

faisceaux radar, puis qui analysent leur réflexion sur la surface de la planète, les systèmes de mesure de *Terra* sont passifs. À la manière de caméras numériques, ils mesurent l'intensité de la lumière qui sort de l'atmosphère. Des détecteurs sont sensibles aux différentes plages de longueurs d'onde. À partir de la lumière visible, on forme alors des images qui sont de véritables photographies. À partir des rayonnements infrarouges et ultraviolets, on forme des images en «fausses couleurs».

Chaque jour, les satellites du SOT envoient sur Terre des dizaines de millions de méga-octets de données. Celles-ci sont traitées par ordinateur, mémorisées, puis interprétées par une équipe de 850 scientifiques du monde entier. Naguère, les données collectées par satellite n'étaient accessibles qu'aux organismes qui disposaient d'un budget suffisant pour les acheter. Les satellites *Landsat*, dont le premier date de 1972, produisent des images qui coûtent chacune des milliers, voire des dizaines de milliers de francs. En revanche, certaines données de *Terra* seront accessibles à toute personne en possession d'une station de réception adéquate et d'équipements capables de traiter et de mémoriser les informations. Les données sont exploitables commercialement : les cartes des zones océaniques de haute productivité intéressent les entreprises de pêche, car ces zones sont les plus poissonneuses ; grâce aux images des cultures, les agriculteurs identifient les terres les plus riches, les zones de ruissellement des eaux, etc., et ils peuvent améliorer l'irrigation et l'amendement des champs.