

pas toujours intéressant : une trompette en verre n'a pas de qualité musicale particulière ; un violon de verre stimule l'imagination, mais, en termes d'amplification des mouvements vibratoires des cordes et de leur transmission par un chevalet, le gain est nul...

À la famille des idiophones appartiennent la majorité des instruments de verre. Ils produisent des sons par

leur propres vibrations sans le concours d'une colonne d'air, d'une membrane ou d'une corde. L'harmonica, le séraphin, les cloches, le cristalophone et le glacechord se servent du verre comme corps vibrant et comme corps résonateur.

Parmi les cordophones, la trompette marine fait usage du verre : une corde unique est tendue sur un chevalet

Le verre frotté et le bruit du ruban adhésif

Pourquoi le verre frotté vibre-t-il ? À cause du phénomène de glisser-coller, ou *stick-slip*. Ce principe d'émission sonore agit dans des situations variées : quand on joue du violon, quand on fait glisser le doigt sur une surface mouillée, quand on tire de son dévidoir un morceau de ruban adhésif ou quand on rompt un solide. Examinons d'abord ce dernier cas.

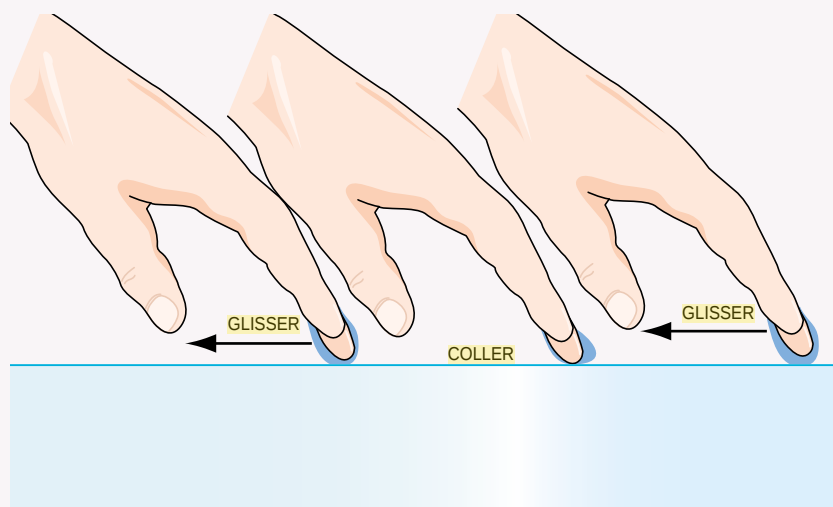
Rompre un solide, c'est créer une fissure à partir d'un défaut préexistant, et provoquer la propagation de cette fissure. Cette propagation consomme de l'énergie, car il faut briser les liaisons interatomiques. L'énergie est apportée sous la forme d'une contrainte qui déforme d'abord le matériau dans les limites de son élasticité. Quand les liaisons chimiques qui assurent la cohésion du matériau sont rompues, la fissure apparaît tandis que l'énergie des liaisons est brusquement libérée. La vitesse de propagation de la fissure dépend de la différence entre le taux de restitution de l'énergie et l'énergie superficielle, c'est-à-dire l'énergie nécessaire pour rompre les liaisons chimiques. Pour un matériau idéalement élastique, la fissure accélérerait jusqu'à atteindre la vitesse des ondes de Rayleigh (soit la vitesse du son). Toutefois, pour les matériaux réels, une partie de l'énergie

est perdue, notamment sous forme acoustique. De ce fait, la propagation de la fissure cesse momentanément, avant de reprendre quand la contrainte est redevenue suffisante.

On peut étudier le *stick-slip* à l'aide d'un dévidoir automatique de ruban adhésif, que l'on couple à un système qui mesure la force de tirage du ruban. Les expériences, bien interprétées par un modèle théorique, montrent que les oscillations sont sinusoïdales ou en dent de scie, selon l'inertie du système.

Dans le cas des verres frottés, le phénomène est du même type, mais compliqué par la présence du liquide. Quand le doigt est mouillé (l'eau entre par capillarité dans les interstices de la peau), l'eau facilite le glissement. Toutefois, le déplacement du doigt laisse de l'eau sur le verre, par le même phénomène que celui qui fait qu'un pinceau dépose de la peinture sur un mur (la vitesse d'un liquide est nulle au contact d'un solide). Après s'être déplacé sur une courte distance (glisser), le doigt est sec, de sorte qu'il ne glisse plus ; c'est la phase du coller. Puis l'eau environnant la zone sèche revient, par mouillage, humecter le doigt, et le glissement reprend.

Michel BARQUINS, E.S.P.C.I.





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 brumisateur 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 brumisateur 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.
