

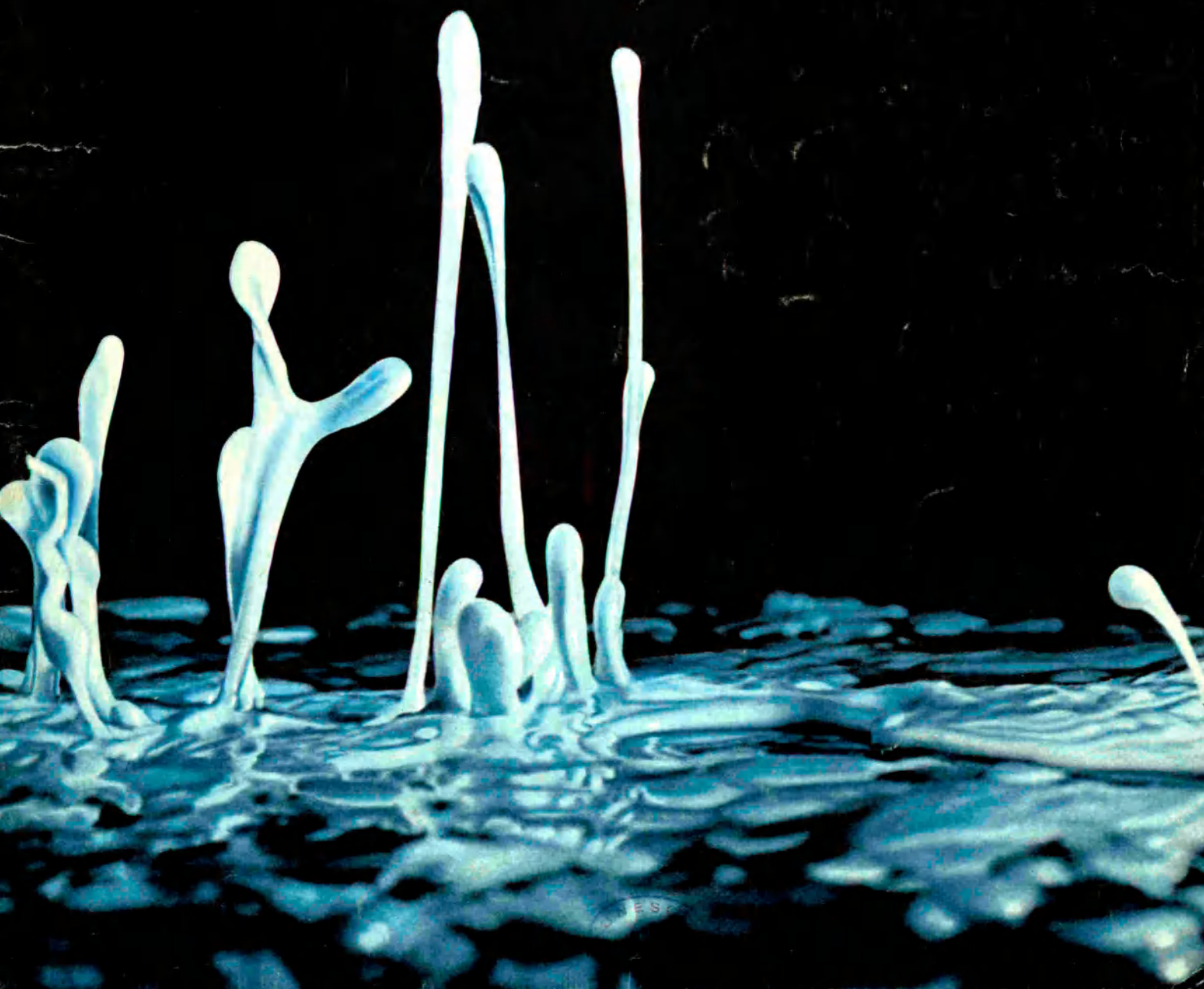


Une fenêtre ouverte sur le monde

Le Courrier

Décembre 1969 (XXII^e année) - France : 1,20 F - Belgique : 17 F - Suisse : 1,20 F

IMAGES DES VIBRATIONS





TRÉSORS DE L'ART MONDIAL

39

Joannerie carthaginoise

Délicat chef-d'œuvre du bijou bon marché, ce masque punique n'est autre qu'une perle en pâte de verre de 3 cm de diamètre (à droite), pendentif de collier; le visage est blanc, les yeux, les cheveux et la barbe d'un bleu intense. Fondée par les Phéniciens vers le 8^e siècle avant notre ère, Carthage imposa vite sa domination commerciale en Méditerranée occidentale; elle écoulait dans les comptoirs étrangers une production de grande série, qui n'excluait pas, comme on en juge ici, une finesse d'exécution héritée de l'artisanat phénicien.

Photo Musée du Bardo, Tunis. © Luc Joubert



1 000 1969

DÉCEMBRE 1969
XXII^e ANNÉE

PUBLIÉ MAINTENANT
EN 13 ÉDITIONS

Française	Italienne
Anglaise	U. S. A.
Espagnole	Hindie
Russe	Tamoule
Allemande	Hébraïque
Arabe	Persane
Japonaise	

Mensuel publié par l'UNESCO
Organisation des Nations Unies
pour l'Éducation,
la Science et la Culture

Ventes et distributions :
Unesco, place de Fontenoy, Paris-7^e

Belgique : Jean de Lannoy,
112, rue du Trône, Bruxelles 5

ABONNEMENT ANNUEL : 12 francs français; 170 fr. belges; 12 fr. suisses; 20/-stg.
POUR 2 ANS : 22 fr. français; 300 fr. belges; 22 fr. suisses (en Suisse, seulement pour les éditions en français, en anglais et en espagnol); 36/-stg. Envoyer les souscriptions par mandat C. C. P. Paris 12598-48, Librairie Unesco, place de Fontenoy, Paris.

★

Les articles et photos non copyright peuvent être reproduits à condition d'être accompagnés du nom de l'auteur et de la mention « Reproduit du Courrier de l'Unesco », en précisant la date du numéro. Trois justificatifs devront être envoyés à la direction du Courrier. Les photos non copyright seront fournies aux publications qui en feront la demande. Les manuscrits non sollicités par la Rédaction ne sont renvoyés que s'ils sont accompagnés d'un coupon-réponse international. Les articles paraissant dans le Courrier expriment l'opinion de leurs auteurs et non pas nécessairement celles de l'Unesco ou de la Rédaction.

★

Bureau de la Rédaction :
Unesco, place de Fontenoy, Paris-7^e, France

Directeur-Rédacteur en chef :
Sandy Koffler

Rédacteur en chef adjoint :
René Caloz

Adjoint au Rédacteur en Chef :
Lucio Attinelli

Secrétaires généraux de la rédaction :
Édition française : Jane Albert Hesse (Paris)
Édition anglaise : Ronald Fenton (Paris)
Édition espagnole : Arturo Despouey (Paris)
Édition russe : Georgi Stetsenko (Paris)
Édition allemande : Hans Rieben (Berne)
Édition arabe : Abdel Moneim El Sawi (Le Caire)
Édition japonaise : Takao Uchida (Tokyo)
Édition italienne : Maria Remiddi (Rome)
Édition hindie : Annapuzha Chandrahasan (Delhi)
Édition tamoule : T.P. Meenakshi Sundaran (Madras)
Édition hébraïque : Alexander Peli (Jérusalem)
Édition persane : Fereydoun Ardalan (Téhéran)

Illustration et documentation : Olga Rödel
Maquettes : Robert Jacquemin

Toute la correspondance concernant la Rédaction doit être adressée au Rédacteur en Chef

Pages

4	LA CYMATIQUE IMAGES DES VIBRATIONS
6	(I) Le modelé infini d'un monde sans repos
10	(II) Sons et musique devenus formes et lumières à trois dimensions
29	(III) Les grands rythmes de la nature <i>par Hans Jenny</i>
13	BALLET CYMATIQUE
19	HUIT PAGES EN COULEURS
31	COMMENT LE PONT VIBRA A SE ROMPRE
32	LES QUASARS ET LA NAISSANCE DU COSMOS <i>par György Marx</i>
35	L'ARAIGNÉE STRUCTURALISTE Un ingénieur étudie la construction d'une toile d'araignée <i>par Bert E. Dugdale</i>
42	LATITUDES ET LONGITUDES
2	TRÉSORS DE L'ART MONDIAL Joannerie carthaginoise (Tunisie)

N° 12 - 1969 MC 69-1-251 F



Notre couverture

La cymatique est un nouveau champ de recherches pour l'étude des effets des vibrations rythmiques dans la nature. Elle découvre un monde toujours changeant de formes singulières dans lesquelles apparaissent d'étranges silhouettes, où des courants se déploient, où des structures se délimitent et des modelés prennent contour. Les formes que l'on voit ici dansent et sautent quand des vibrations sont transmises à un liquide visqueux (voir aussi les photos des pages 13, 14 et 15).

Photo © J.C. Stuten, Dornach, Switzerland



LA CYMATIQUE

IMAGES DES VIBRATIONS

Ce que montre cette photo n'est pas un cygne plongeant pas davantage un cheval marin, mais un extraordinaire modelé d'un son à haute fréquence. On l'obtient en mettant une pâte plastique dans un champ magnétique, puis en la soumettant à des vibrations. Les masses affectent alors des formes sculpturales qui reflètent les caractères du champ magnétique.

Photo © J.C. Stuten, Dornach, Suisse



On découvre dans la matière comme dans le monde vivant certains rythmes périodiques dans lesquels tout existe à l'état de vibrations, d'oscillations et de pulsions. On peut observer ces schémas rythmiques aussi bien dans les battements du cœur, la circulation du sang, les mouvements respiratoires que dans la formation des cellules et des tissus, le mouvement rythmique des océans, les ondes sonores et les vibrations supersoniques, et dans tout l'immense univers qui s'étend du système solaire et des galaxies au monde infiniment petit de l'atome et des structures nucléaires. Dans l'article ci-dessous, le Dr Hans Jenny, savant et artiste suisse, décrit quelques-unes des expériences qu'il a menées au cours de ses longues études des vibrations rythmiques, et présente quelques-uns des étonnants phénomènes que dévoile la « cymatique » (du grec « kyma », onde), nouveau champ de recherche. Selon le Dr Jenny, ces expériences ouvrent des perspectives dans le monde des vibrations — terrestres et extra-terrestres — qui peuvent déboucher sur de nouvelles découvertes dans le domaine de la biologie et de l'astrophysique.

par Hans Jenny

Photos : J. Christiaan Stuten
et Hans Peter Widmer



LA CYMATIQUE

1 - Le modelé infini d'un monde sans repos

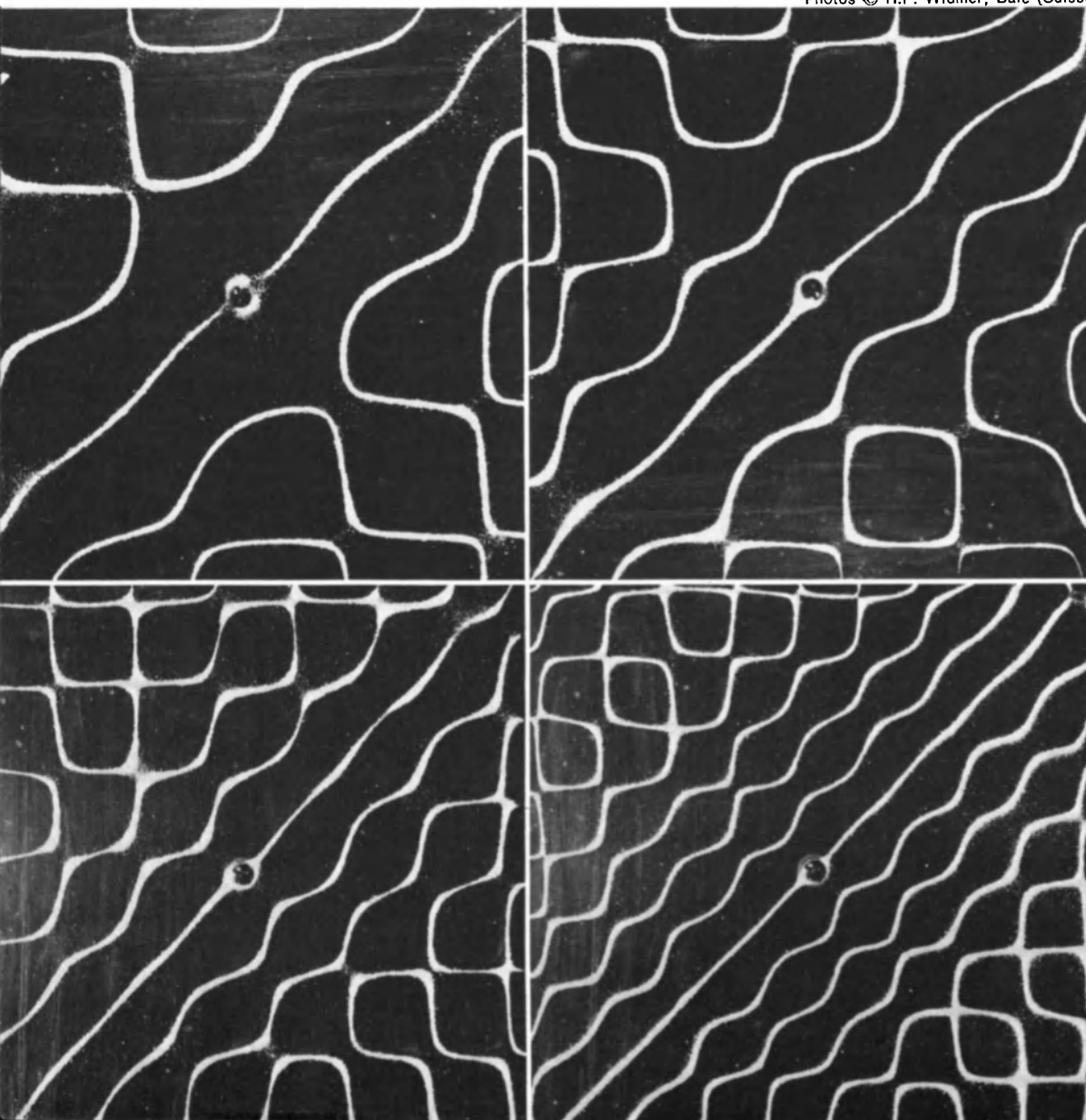
LE monde où nous vivons est parcouru d'ondes et de vibrations. Quand nous entendons un bruit, notre oreille est frappée par des ondes qui se propagent dans l'air. Quand nous parlons, nous produisons nous-mêmes ces ondes à l'aide de notre larynx. Quand nous allumons notre poste de

HANS JENNY, né à Bâle (Suisse) a étudié les sciences naturelles et la médecine, qu'il a exercée pendant plusieurs années. Il a entrepris de vastes recherches dans le domaine de la morphologie animale, et les problèmes de la physiologie l'ont amené à étudier les phénomènes de la périodicité, y compris les effets des vibrations. (Voir « *Cymatics, the Structure and Dynamics of Waves and Vibrations* », par H. Jenny, texte bilingue anglais-allemand, Basilius Presse, Bâle, Suisse, 1967.)

radio ou de télévision, nous utilisons une certaine longueur d'ondes. On parle d'ondes électriques et nous connaissons tous les ondes lumineuses. Au cours d'un tremblement de terre, c'est la terre tout entière qui vibre et il se produit des ondes sismiques (tremblement de terre). Certaines étoiles sont même tout entières animées par une pulsation rythmique particulière.

Mais les vibrations n'affectent pas seulement le monde où nous vivons (pensons encore aux vibrations atomiques) — elles se produisent au sein même de notre corps. Quand notre sang circule, il est parcouru par des ondes. Les battements du cœur s'entendent. Nos autres muscles vibrent également quand nous les faisons tra-

Photos © H.P. Widmer, Bâle (Suisse)



QUARTZ EN QUATUOR

On voit sur les photos de gauche comment l'expérience cymatique « donne à voir » le son. Sur une plaque d'acier, un fragment de quartz est « mis en mouvement » par des vibrations provoquées avec un oscillateur de cristal. Dans les quatre illustrations, il s'agit à peu près de la même configuration, mais le modèle se complique au fur et à mesure que le niveau d'excitation acoustique s'élève. Ici, les fréquences utilisées sont de gauche à droite et de haut en bas : 1 690 hertz (cycles par seconde), 2 500, 4 820 et 7 800 hertz. (Voir aussi pages couleur du centre, photo n° 5).





Photo © J.C. Stuten

NAISSANCE D'UNE TURBULENCE

Cette photo, toute en courbes gracieuses et chatouillements montre le détail d'une turbulence en formation. Le dessin de la formation de cette turbulence est parfaitement visible parce qu'on a employé des colorants qui, dans le liquide, cernent très exactement chaque courant.

vailler, par exemple, chaque fois que nous plions le bras ou la jambe. Il est même possible d'entendre les muscles vibrer et de transmettre ces bruits par téléphone. Cela revient simplement à dire que les multiples processus complexes de nature chimique, énergétique et bioélectrique qui affectent les fibres musculaires prennent une forme vibratoire. Un problème se pose aussitôt : quels effets tangibles les processus ondulatoires et vibratoires produisent-ils dans un matériau spécifique, dans un milieu particulier ?

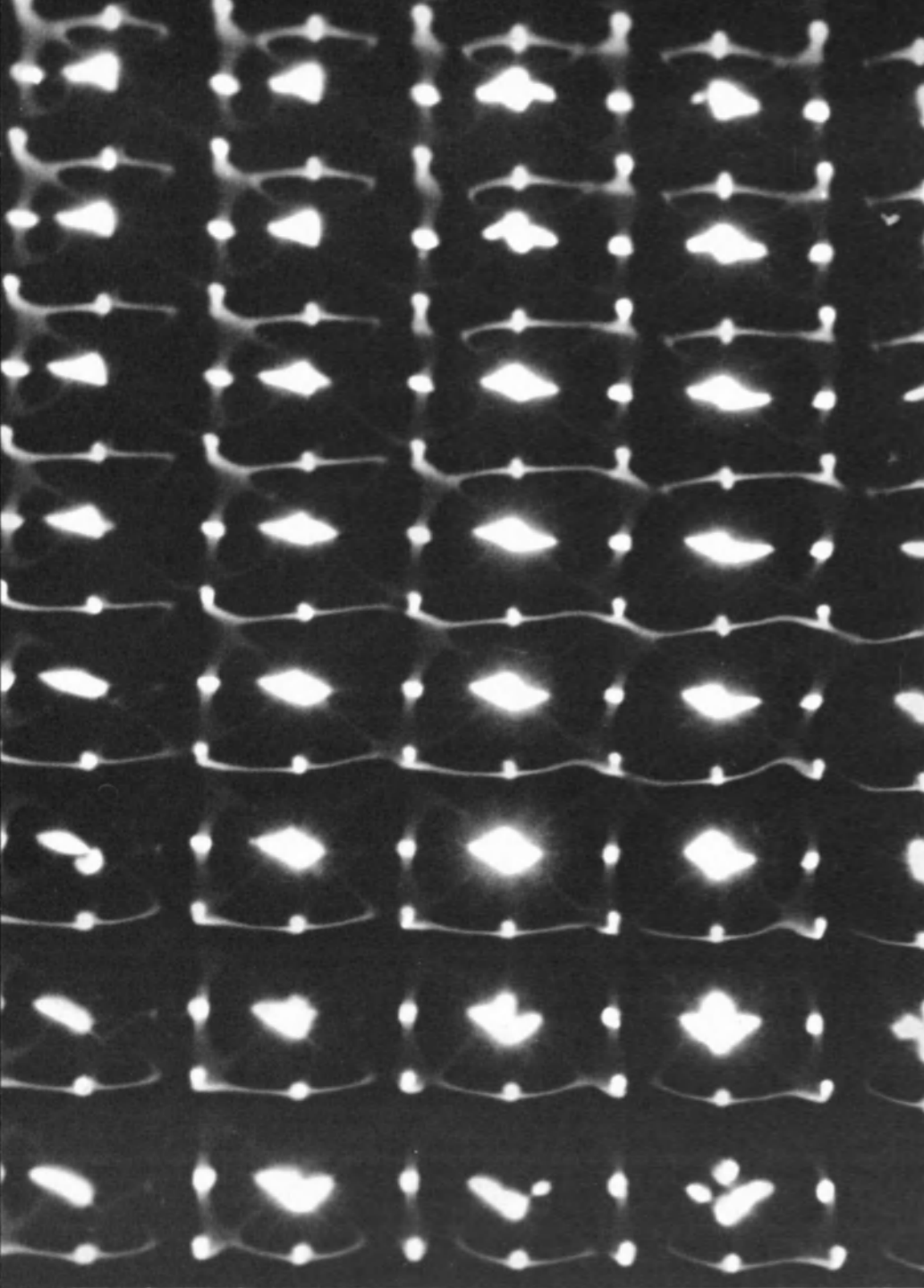
C'est à cette question que nous allons répondre ici. On a imaginé des expériences destinées à produire une foule de phénomènes curieux, qui permettent de faire apparaître des formes, de provoquer des courants et des tourbillons, de créer des structures, de rendre visibles des modèles de pulsations harmoniques, etc.

La première réaction devant ces phénomènes est celle de l'étonnement ; ils piquent la curiosité du chercheur et de l'artiste. Toutefois, il ne s'agit pas seulement d'observer les

formes obtenues, il faut également chercher à savoir comment elles sont engendrées. Le mouvement se surajoute à la forme. Ainsi l'on peut dire qu'on a le phénomène entier sous les yeux. C'est une particularité qui peut avoir les plus heureux effets sur l'esprit de l'artiste créateur.

Non seulement la forme obtenue nous séduit par sa beauté, mais elle se présente également à nous comme un modèle vivant de mouvement qui se manifeste par exemple dans un tas de sable. Les vibrations s'emparent des

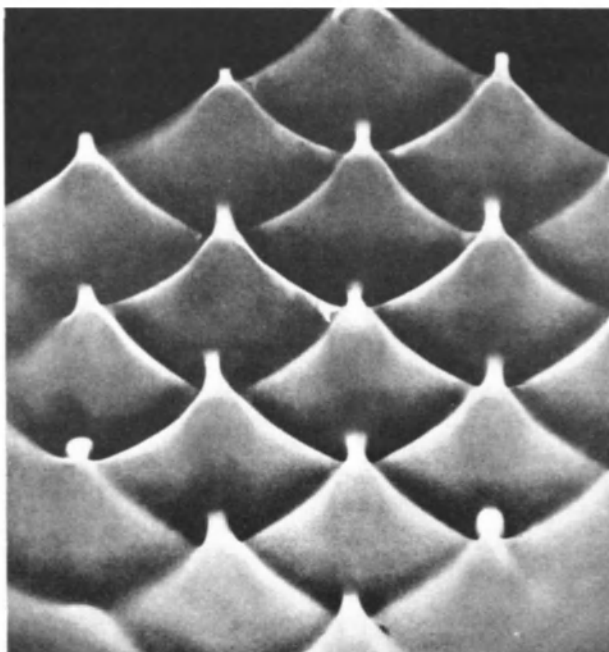
SUITE PAGE 8



Photos © J.C. Stuten

TISSÉ PAR LES SONS

Quand on provoque la vibration des liquides, il en résulte des modelés très particuliers. Ci-dessus, modelé cellulaire, analogue à ceux que l'on trouve dans la nature. A droite, structures en forme d'écailles (techniquement qualifiées d'imbriquées). Les schèmes sont différents selon les matériaux et les fréquences, et l'on peut voir apparaître des structures rangées, hexagonales, rectangulaires, chevauchées, en forme de nid d'abeilles, de filets ou de treillis. Parfois, une texture donnée subit un changement radical qui entraîne des effets étonnants.



LA CYMATIQUE (Suite)

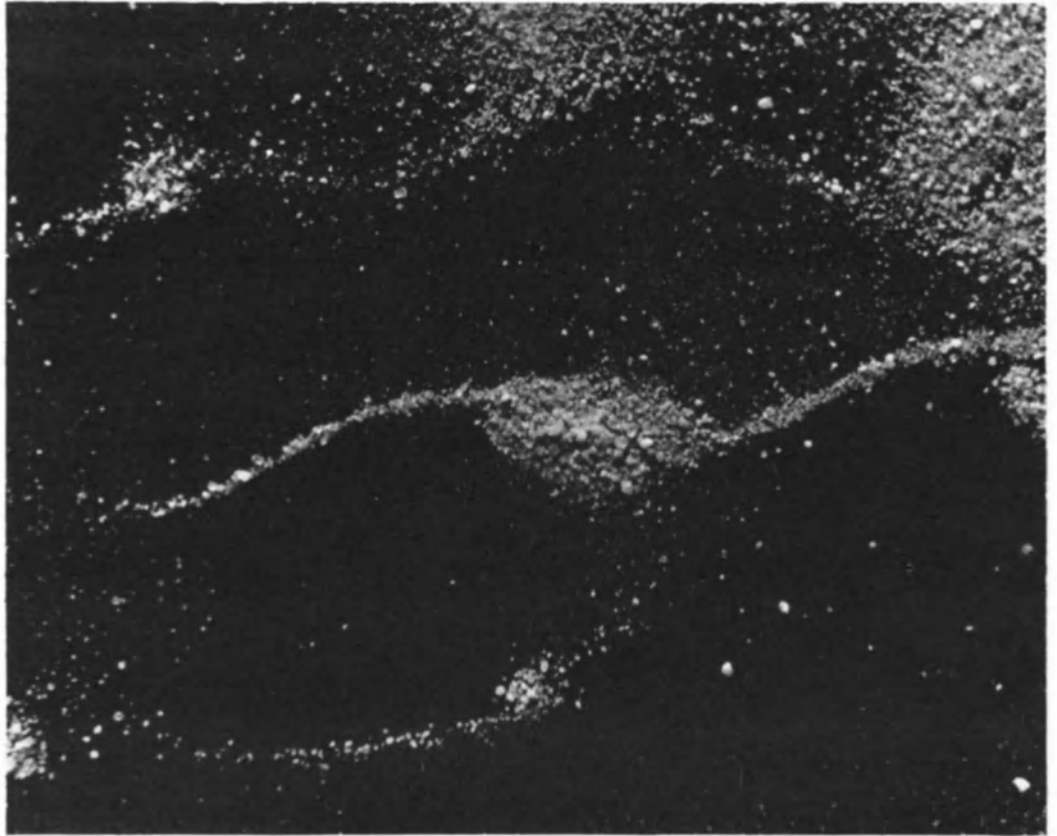
grains de sable et les déplacent selon les lois du champ vibratoire. Les artistes qui s'intéressent à l'art cinétique trouveront ici un domaine naturel où les lois de la cinétique et de la dynamique jouent librement jusqu'à l'apparition d'une forme. Et cela met bien en lumière une importante caractéristique de processus ondulatoires et vibratoires : d'une part il y a le mouvement et un jeu de forces ; de l'autre la création de figures et de formes.

Mais les éléments cinétiques et structuraux ont invariablement pour support des phénomènes vibratoires. Ainsi donc nous avons toujours affaire à trois composantes : onde ou vibration qui se manifeste (a) dans des figures et (b) dans la dynamique et la cinétique. On peut donc parler d'un phénomène triple ou de triade. Déjà, au 18^e siècle, le savant allemand Ernst Chladni (1756-1827) produisait des figures sonores. Il répandait du sable sur une plaque de métal, faisait vibrer celle-ci à l'aide d'un archet de violon et observait le tracé caractéristique du son émis par la plaque. Les vibrations transportent le sable de zones appelées ventres ou antinœuds vers des zones linéaires appelées lignes nodales. Toutefois, on ne pouvait pas déterminer à volonté les conditions de l'expérience, ni apercevoir l'ensemble des résultats tant qu'on n'utilisait pas convenablement de nouvelles méthodes de recherche.

EN voici un exemple : on utilisait ce qu'on appelle des oscillateurs à cristal, dont la structure réticulaire se déforme lorsqu'on les soumet à des excitations électriques. Si l'on soumet le cristal à une série d'excitations, il commence à être parcouru d'oscillations et les vibrations sont sensibles à l'oreille. On peut transmettre ces vibrations à des plaques, à des diaphragmes, à des cordes, à des tiges métalliques, etc. (voir photos page 6 et photo couleur n° 5, page 24). Par cette méthode, il est possible de choisir librement et de déterminer précisément les conditions de l'expérience. On connaît exactement le nombre des vibrations par seconde (fréquence), l'amplitude du mouvement vibratoire et le point d'excitation. On peut faire porter l'expérience sur plusieurs tons acoustiques à la fois ; on peut en étendre le champ à volonté et surtout en reproduire exactement les conditions. Grâce à ces méthodes, la recherche pouvait aboutir à une véritable phénoménologie des effets vibratoires. On a choisi d'appeler *cymatique* cette branche de la recherche (du grec *kuma*, onde et *kumatica*, ce qui a trait aux ondes).

SPIRALE DE SABLE

A droite et ci-dessous, les photos montrent les effets rotationnels produits par une vibration. On a ici un plateau d'acier couvert de sable quartzique. Sur la droite on voit des monticules de sable tournant sous la vibration. Le sable coule comme une rivière vers le monticule central en un étroit et long chenal venant de diverses directions. Ces formes rappellent étrangement les masses se déroulant en spirales observées par télescopes dans les nébuleuses, et autres phénomènes galactiques. Ci-dessous, des monticules de sable en forme de disque ont été formés par le flux des courants. Chaque disque tourne sans cesse et porte en son centre un mamelon de sable semblable à un noyau.



Photos © J.C. Stuten



2 - Sons et musique devenus formes et lumières à trois dimensions

Il est possible d'engendrer systématiquement des vibrations par l'intermédiaire d'une série continue de sons et de les communiquer à un objet quelconque. Il s'ensuit que les figures sonores ne sont pas les seuls phénomènes que l'on puisse produire ainsi (photos page 6). Dans certaines conditions (phases), les vibrations ne disposent pas les particules selon des figures stationnaires, mais les entraînent dans des courants. Ces courants se déplacent parallèlement et en sens contraire, comme s'ils obéissaient à une loi. Toute la structure vibratoire est alors en mouvement. Ces ondes continues provoquent également des déplacements circulaires. Le sable se met à tourner autour d'un foyer. Ces mouvements circulaires ne sont pas

continus. Il n'y a pas d'éjection des masses. Si l'on utilise des grains de sable colorés pour repérer les piles animées d'un mouvement circulaire, le schéma du mouvement ainsi mis en évidence est continu et dû intégralement à la vibration (photos page 9).

Il est intéressant de remarquer que tous les mouvements cymatiques ont été non seulement photographiés mais également — puisque le phénomène est toujours caractérisé par le mouvement — filmés. Photos et films se complètent.

De même qu'on peut communiquer des vibrations aux particules solides (sable, matières pulvérulentes), on peut les communiquer aux liquides. Nous retrouvons tout le spectre de la

cymatique. On peut mettre en évidence un champ de structures extrêmement divers. On fait apparaître de délicats treillis, puis des structures hexagonales, des structures imbriquées, disposées comme des écailles, et des courbes complexes (photos pages 8 et 28).

Si l'on supprime l'excitation acoustique, toutes les figures disparaissent naturellement. Des courants se forment également dans les liquides. Dans une pellicule liquide, on voit tourner en sens contraire des paires de tourbillons à symétrie bilatérale analogues à celles qu'a découvertes G. von Bekesy à l'intérieur de l'oreille

SUITE PAGE 12





DON JUAN DE MOZART

L'image de gauche est un son musical de la 27^e mesure de l'ouverture de l'opéra de Mozart, « Don Juan ». Le son a été rendu visible en imprimant un modèle de vibration sonore sur un liquide. Les images sont d'autant plus complexes qu'il s'agit de musique orchestrale. Voir aussi page suivante une photo de musique de Bach.

A LA CRÊTE DES VAGUES

Ci-dessus, béant comme quelque masque théâtral de l'Antiquité, ces orifices sont en réalité une série de crêtes de vagues (photographiées d'en haut), et produite quand un liquide visqueux est irradié par un son. Quand il est versé sur un diaphragme vibratoire, le liquide forme une masse où l'on décèle des pulsations, et où des vagues apparaissent bientôt. Des changements dans l'étendue et la fréquence des vibrations, des modifications dans la viscosité du liquide produisent ultérieurement d'étranges effets. (Voir les photos en pages 13, 14 et 15.)

LA CYMATIQUE (Suite)

(voir photo page 7 et photo couleur n° 7, page 25, en bas). Il est caractéristique que, dans l'oreille interne, ces doubles tourbillons se forment dans le limaçon sous l'action d'un phénomène acoustique. On peut mettre les tourbillons en évidence en versant dans le liquide étudié quelques gouttes de réactif coloré. La rotation est continue. Plus le son est intense, plus la rotation est rapide.

Il faut faire un sort particulier aux turbulences ou ondes instables (photo page 16, en bas). Dans les franges d'un champ ondulatoire ou lorsque deux trains d'ondes sont contigus, on voit apparaître des formations ondulatoires perturbées qui changent constamment. Les vibrations provoquent des « turbulences » dans les liquides. Or, le propre de ces turbulences, c'est de sensibiliser le milieu (liquide, gaz ou flamme) à l'action du son. Ainsi, c'est seulement lorsqu'une flamme de gaz est rendue turbulente qu'elle devient réceptive à l'action du son — c'est-

à-dire qu'elle crée des figures sonores. Ces turbulences jouent un rôle important dans la facture des instruments de musique à vent (anches, embouchures de trompettes).

Etant donné que ces expériences impliquent la transmission de phénomènes vibratoires régis par les lois de la nature, il était logique d'essayer de rendre la musique visible (voir photos pages 10 et 12). Et il est possible, en effet, à l'aide de diaphragmes, de faire apparaître les schèmes vibratoires de la musique dans des pellicules liquides. On utilise le même diaphragme pour émettre les vibrations musicales et pour faire apparaître dans un liquide les figures sonores correspondantes. On peut donc ainsi voir ce qu'on entend et entendre ce qu'on voit. Certes, l'œil n'a pas l'habitude de « voir du Mozart » ou de « voir du Bach » ; quand on projette le film de cette musique visible sans donner la clé sonore, il est impossible de reconnaître visuellement la symphonie de Jupi-

ter. Ce n'est qu'en rétablissant le son qu'on peut avoir l'expérience visuelle de l'impression sonore.

Il est particulièrement intéressant de se demander s'il est possible de matérialiser la voix humaine. Un appareil spécial, appelé tonoscope (« qui voit les sons »), permet de produire à lui seul la structure vibratoire d'une voyelle (voir photo couleur n° 6, page 25). Les figures mettent en lumière les traits spécifiques de la voyelle articulée, son spectre de fréquence, son intensité et le timbre du locuteur. Si tous ces éléments sont maintenus constants, on voit apparaître la même forme. Chez les sourds-muets, cette articulation matérialisée peut remplacer les facultés auditives, et ils peuvent s'entendre eux-mêmes. Le sourd-muet voit ce qu'il dit. Il peut s'entraîner à produire au tonoscope les mêmes formes que les personnes normales. S'il y parvient, cela signifie qu'il produit correctement les sons. Il

SUITE PAGE 16

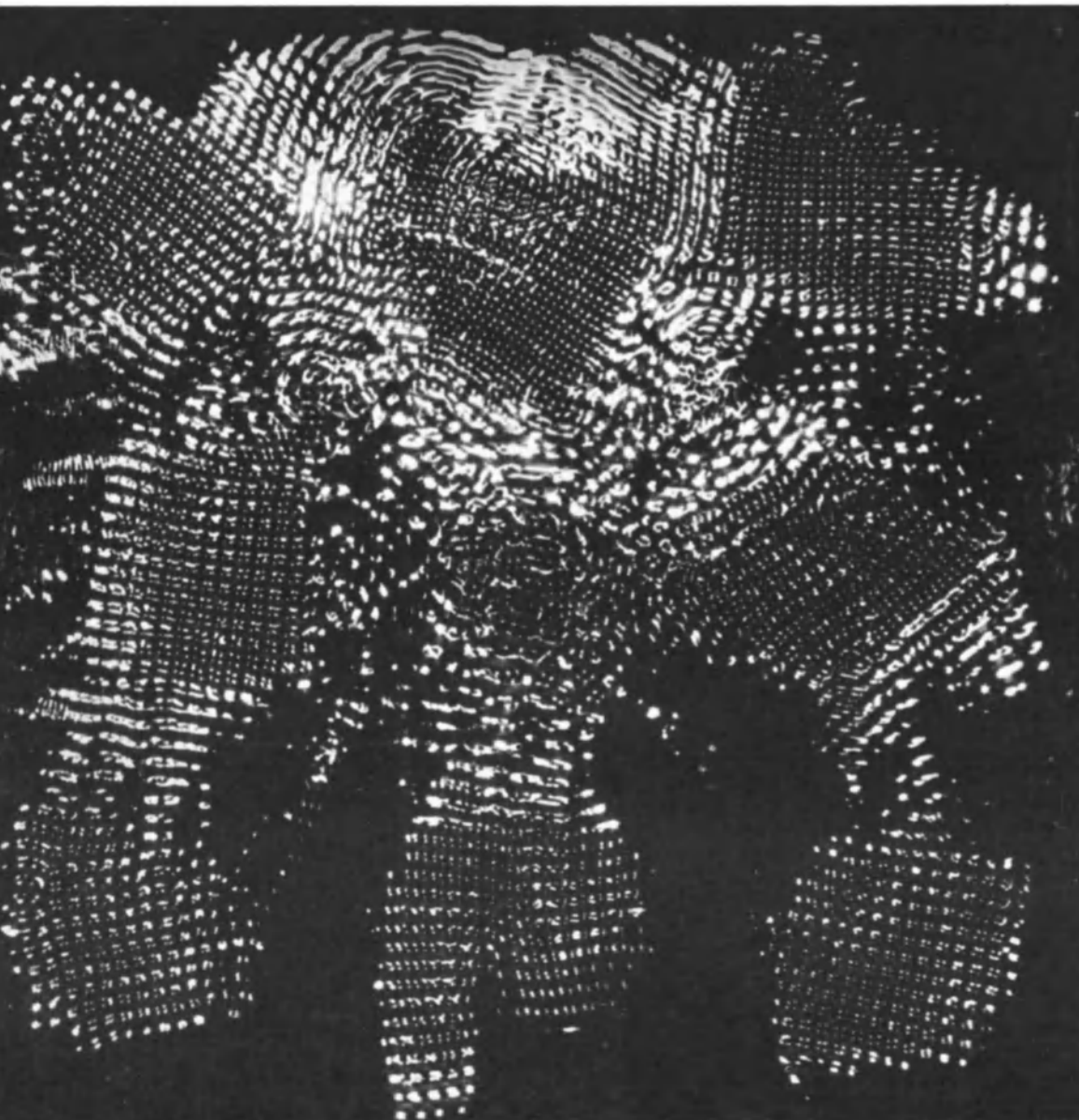


Photo © H.P. Stuten

TOCCATA DE BACH

Les notes de musique de la photo ci-dessous représentent un fragment de la 28^e mesure de la fameuse Toccata en ré mineur (1^{er} mouvement) pour orgue, de Jean-Sébastien Bach. La photo de gauche montre les mêmes notes de musique telles que les révèle la cymatique.

MANUEL

PÉDALE





Photo © H.P. Widmer

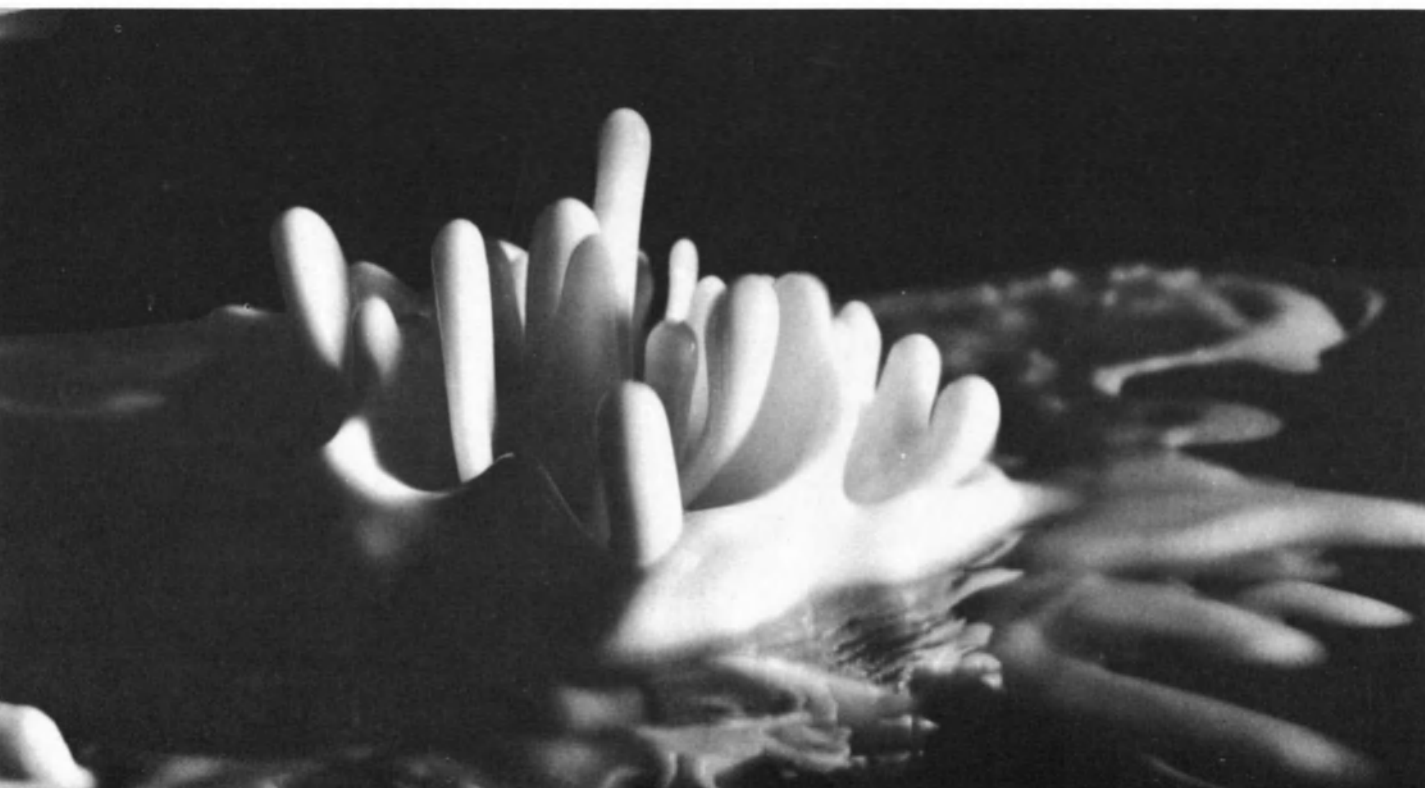
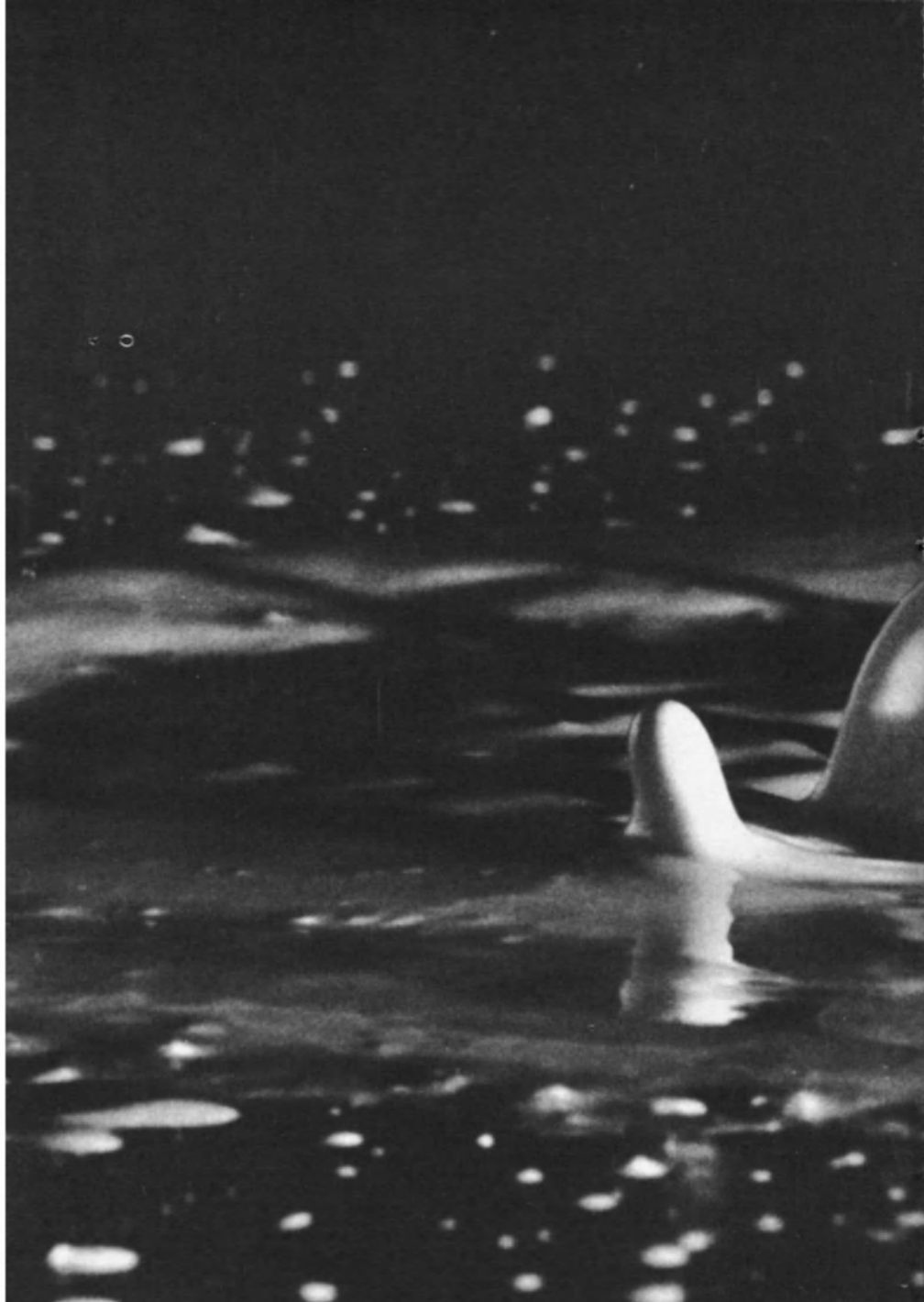
BALLET CYMATIQUE

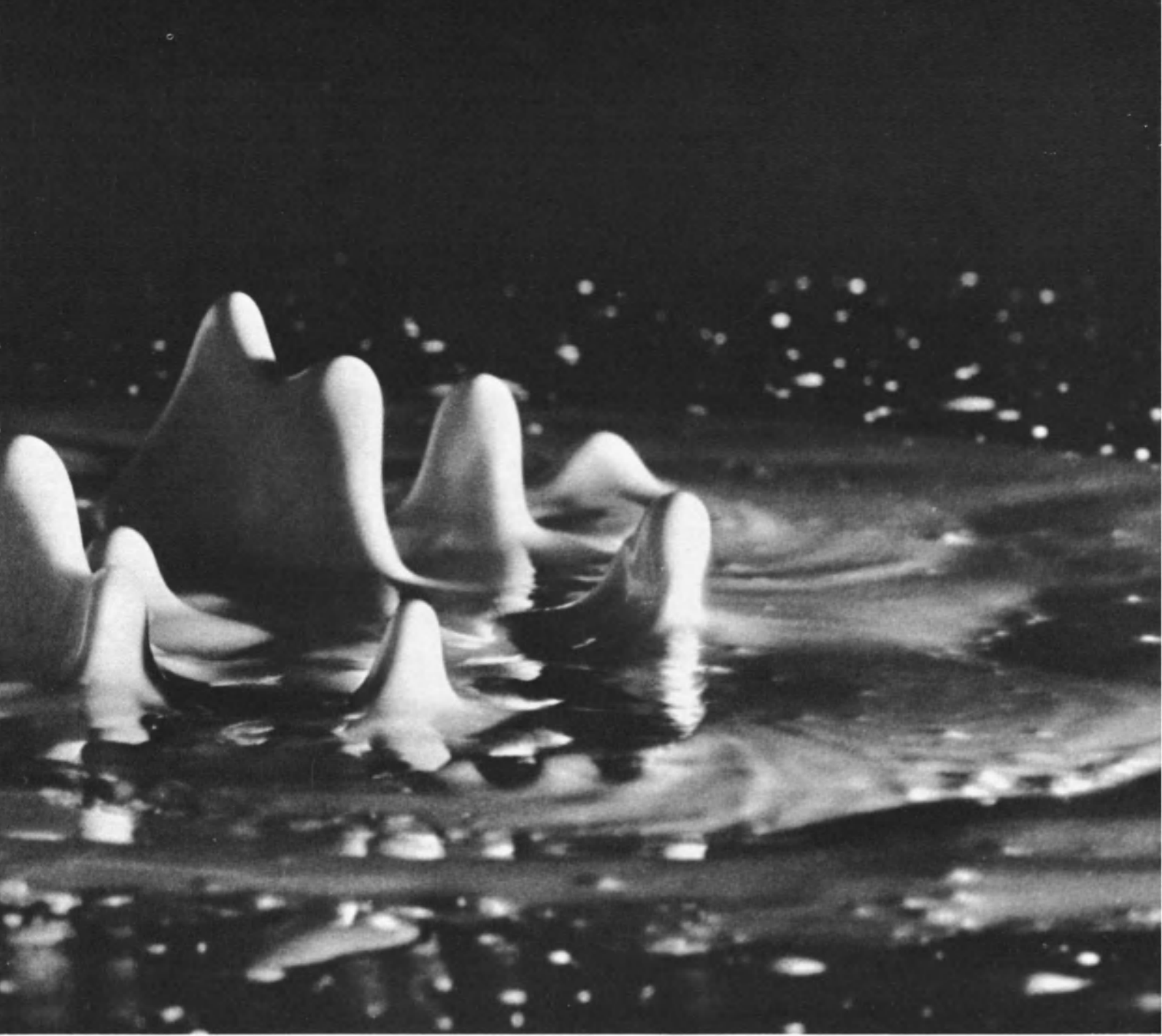
Ces silhouettes, qui sautent et tournent comme des danseurs dans un frénétique ballet ne sont autres que quelques « sculptures » dynamiques, créées au cours d'une série d'expériences qui montrent les effets produits par les vibrations dans certaines conditions. Dans ces expériences, un liquide visqueux versé sur une membrane vibratoire produit d'abord une, puis une série de vagues annulaires. Si l'on modifie et la fréquence, et la viscosité du liquide, apparaît un monde changeant de formes inattendues, dont nous montrons quelques-unes dans la page suivante.

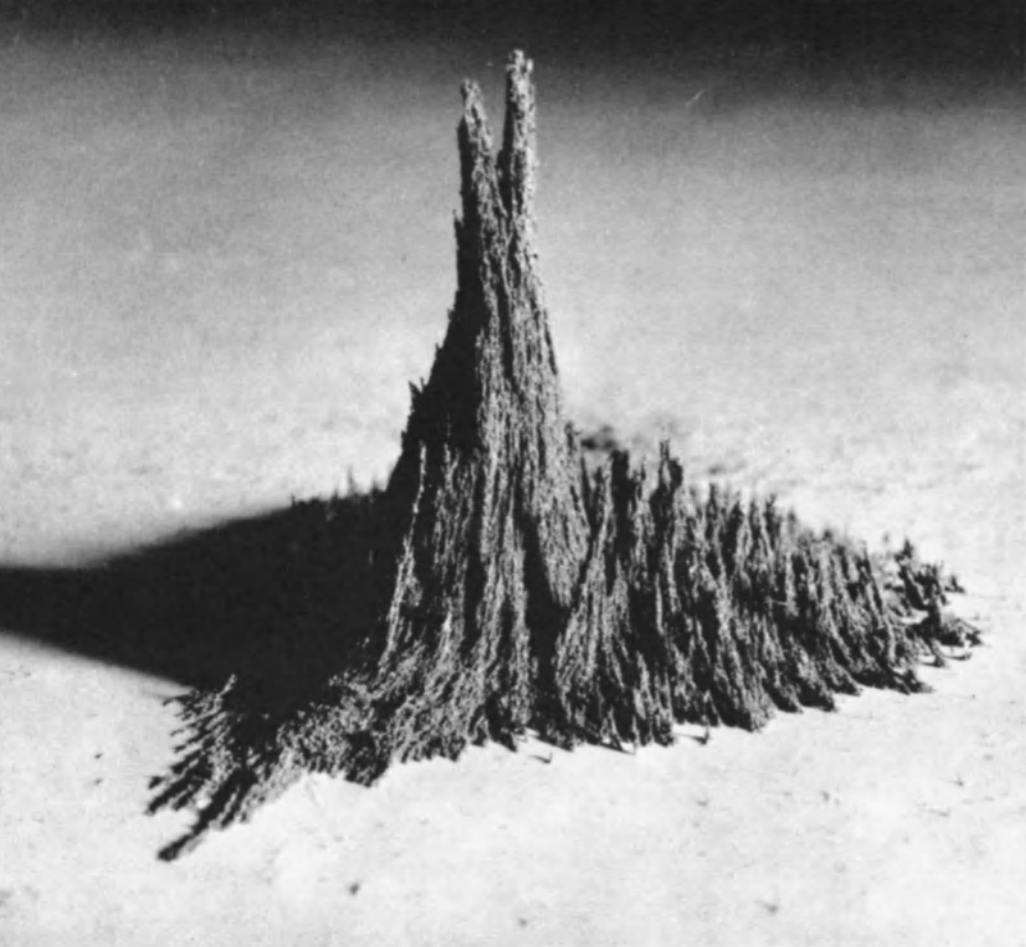
LE BRUIT ET LA FUREUR

Evoquant les vagues soulevées en mer par la tempête, ou un océan de lave en fusion qui déferle sous la poussée volcanique, ces remarquables photos montrent en fait un ouragan de laboratoire, créé par les vibrations d'un liquide à l'aide d'ondes sonores. L'accroissement des vibrations est provoqué par une membrane oscillatrice qui déclenche des troupes d'icebergs. Si le liquide est plus fluide et les vibrations plus fortes, les vagues prennent de la hauteur, se modelant en colonnes et en pics (ci-dessous à gauche). Enfin, la masse liquide, animée de pulsations, de courants et de turbulences s'éparpille en fines gouttelettes qui forment un rideau de vapeur (ci-dessous à droite). On peut pousser l'expérience jusqu'à ce que le liquide ne soit plus que léger brouillard.

Photo © J.C. Stuten

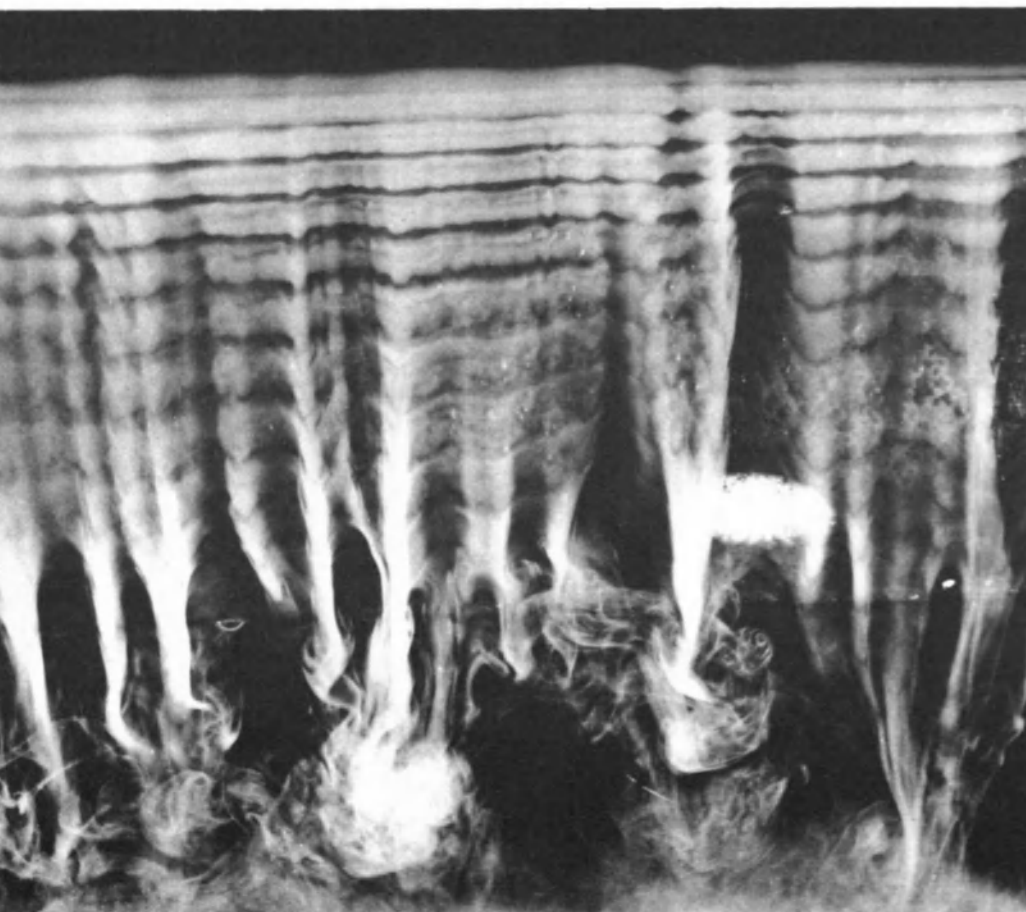






LA VIE SECRÈTE DE LA LIMAILLE

Quand elle vibre dans un champ magnétique, la limaille de fer produit les escarpements que l'on voit ci-dessus. La vibration réduit l'adhérence des particules, qui acquièrent une liberté de mouvement toute nouvelle. Alors la limaille semble danser dans l'enceinte du champ magnétique. Ici, l'objectif a saisi la danse des particules. Ci-dessous, un écran de fumée se mue en empilement de couches distinctes quand il est irradié par un son à haute fréquence. Le gaz en proie à des turbulences est sensible au son ; des structures apparaissent alors, dont les formes dépendent des ondes sonores.



LA CYMATIQUE (Suite)

peut également apprendre à régler la hauteur des sons qu'il émet et son débit.

Pour donner une idée de la richesse et de la diversité des effets cymatiques, nous allons examiner un exemple de plus près. Communiquons des vibrations à de la poudre de lycopode (« soufre végétal », spores de pied-de-loup) ; nous obtenons de curieux résultats. Les particules de cette poudre sont très fines et très homogènes. Si l'on excite une plaque ou un diaphragme après les avoir uniformément recouverts de cette poudre, on obtient un certain nombre de piles circulaires (photos page 17). Ces formations circulaires sont extrêmement caractéristiques des effets cymatiques. Les piles sont animées d'un mouvement circulaire continu, c'est-à-dire que les particules se déplacent constamment de l'intérieur vers l'extérieur, puis de l'extérieur vers l'intérieur sous l'effet des vibrations.

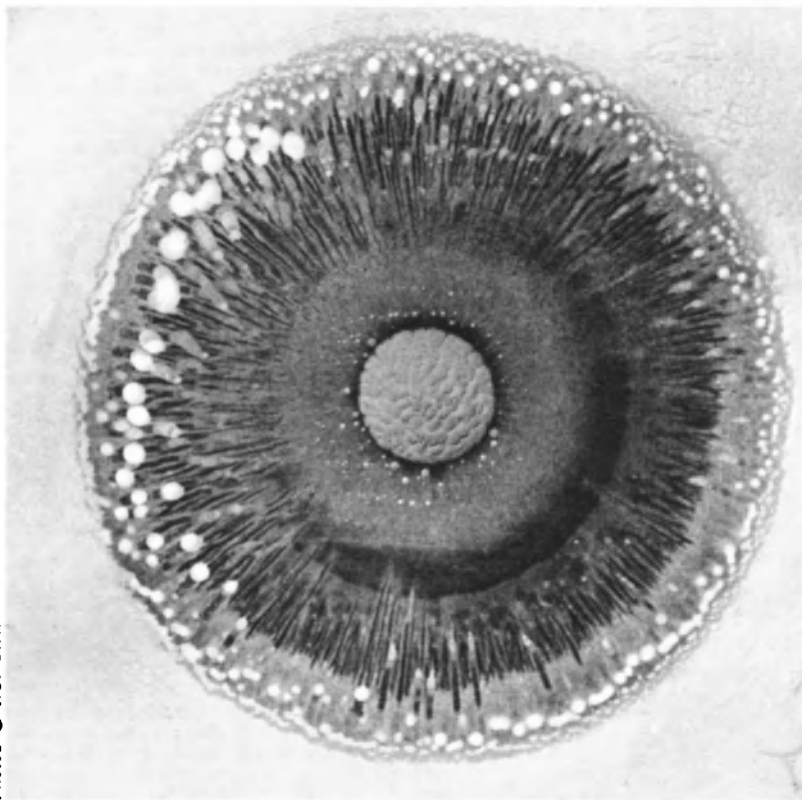
Ce mouvement caractérise parfaitement l'action des ondes. Si l'on augmente l'intensité de la source sonore, ce que l'oreille perçoit sous forme d'un crescendo, les piles circulaires se mettent à graviter les unes autour des autres et viennent se confondre en une pile plus grande, mais qui continue néanmoins son mouvement circulaire (voir page 17 et photo couleur n° 4, double page 22, 23). Si l'on augmente encore l'intensité, les particules sont agitées très violemment. Elles sont précipitées et parfois expulsées sans que le phénomène circulaire cesse pour autant. On peut également produire des courants dans la poudre de lycopode qui suit à vive allure des itinéraires très précis (voir photos page 30). Si l'on rajoute alors une nouvelle quantité de particules dans la zone des courants, ce n'est nullement le chaos, car ces particules sont immédiatement absorbées dans le système du champ vibratoire. La dynamique de la figure et la forme visuelle de la dynamique ne sont pas affectées par les changements et les transformations.

Quand ces amas se déplacent, ils le font de manière caractéristique. Ils se déplacent toujours d'un seul bloc, et s'il se forme une excroissance, le reste de la pile suit le mouvement comme ferait une amibe. Il n'y a jamais ni émiettement ni comminution. Que les piles se réunissent pour constituer des amas plus importants ou bien qu'elles se fragmentent en unités plus petites, elles forment toujours un **tout**.

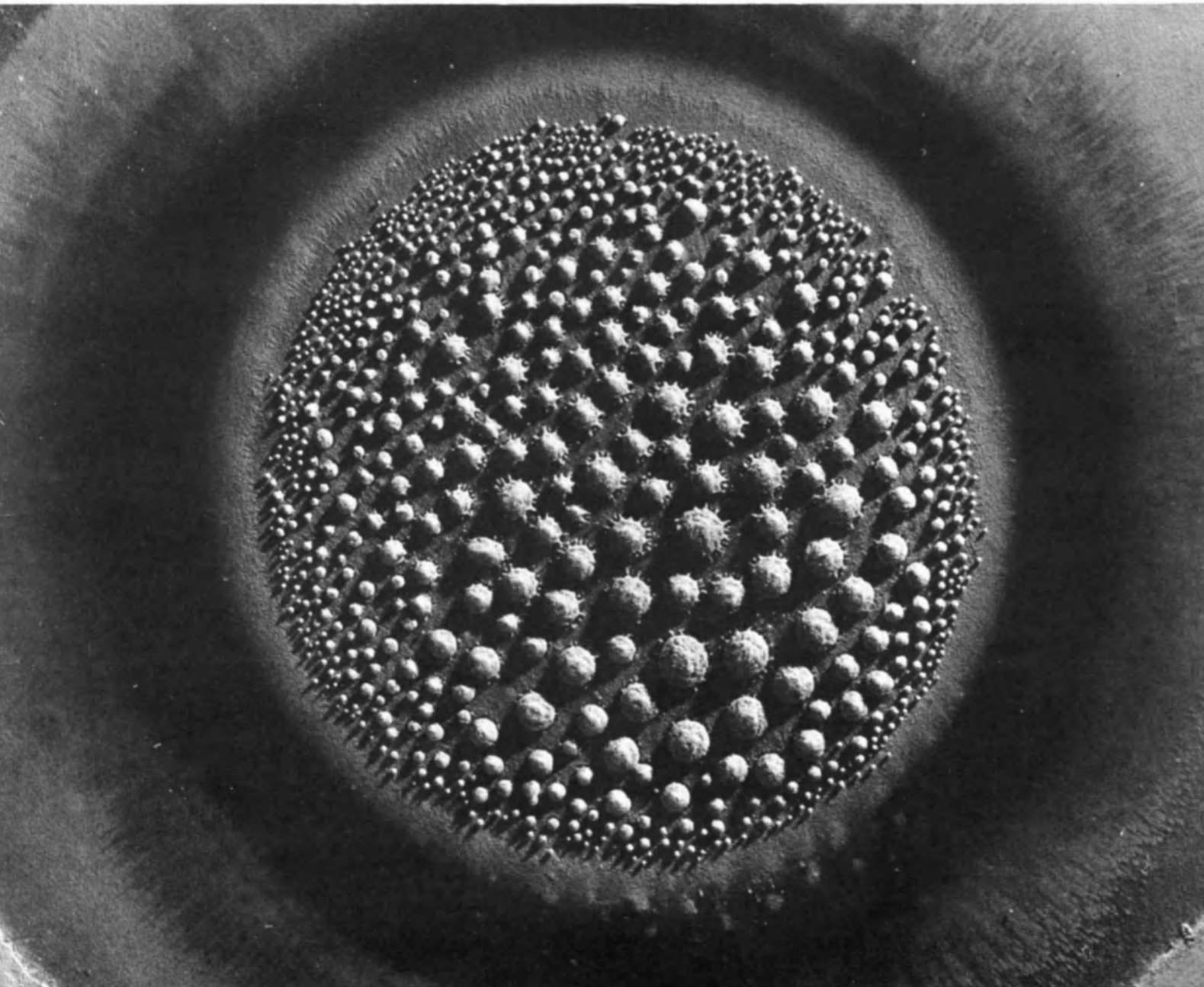
Chacune est solidaire du tout, tant dans sa structure que dans son mouvement. Et cela nous amène à formuler un principe caractéristique des effets vibratoires : on peut dire, en effet,

MIGRATIONS CENTRIPETES

Quand des spores de lycopode (pied-de-loup) sont répandues sur un diaphragme en vibration, elles forment une galaxie de minuscules amoncellements (photo ci-dessous). Chaque amoncellement pivote sur son axe et pivote également, comme formation particulière, à la manière des éléments de notre système solaire. Quand on augmente les vibrations, les amoncellements se déplacent vers le centre (photo de gauche), où l'on peut discerner, en lignes enrubannées, les voies de migration.



Photos © J.C. Stuten



qu'ils manifestent le principe de totalité : chaque élément est un tout et conserve son unité quelles que soient les mutations auxquelles on le soumet. Ce sont toujours les phénomènes vibratoires sous-jacents qui maintiennent ainsi l'unité dans la diversité. Le tout est présent dans chaque élément, sous forme manifeste ou latente.

Pour étudier les effets vibratoires dans l'espace, on a commencé par utiliser des gouttes de mercure qui, animées de mouvements oscillatoires, se mouvaient selon les schémas réguliers. On voyait apparaître des systèmes ordonnés en séries arithmétiques de 3, 4, 5, 6, 7, etc. On peut donc parler d'harmoniques et de symétries. Cette structure polygonale se manifeste aussi dans les gouttes d'eau, avec cette différence que le liquide se déplace régulièrement du centre vers la périphérie et de la périphérie vers le centre.

Il faut donc imaginer que ces vibrations se produisent en gros dans des systèmes à 5, 4 et 3 segments. Les formes obtenues rappellent à s'y méprendre celles des fleurs des espèces supérieures. Ainsi la série des phénomènes cymatiques laisse-t-elle apparaître une réelle harmonie. Des bulles de savon, lorsqu'on les fait vibrer, nous entraînent encore plus loin dans le domaine tridimensionnel (voir photos pages 26 et 27). On y décèle une pulsation régulière comparable à une respiration. Plus le son qui produit l'oscillation est aigu, plus le nombre des zones de pulsation est élevé.

La vibration diminue l'adhérence des matériaux examinés sur leurs supports et les rend ainsi plus mobiles, ce qui donne lieu à de curieux phénomènes. Si par exemple, dans un champ magnétique, on saupoudre de la limaille de fer sur un diaphragme en état de vibration, l'adhérence de la limaille diminue et elle acquiert une certaine mobilité. Elle forme des figures qui semblent danser dans le champ magnétique et révèlent par leur mouvement la densité et la configuration de ce champ (voir photo page 16, en haut).

Les vibrations influencent aussi étrangement les changements d'état de la matière. Par exemple, si l'on fait refroidir une goutte de kaolin très chaud, en la soumettant à des vibrations, on constate qu'elle ne se solidifie pas de manière homogène, mais que, sous l'effet des torsions et des bouillonnements, il se forme de curieux motifs ramifiés, qui sont dus uniquement aux vibrations. Cette expérience produit une grande diversité d'éléments structurés qui finissent par se solidifier (voir photo couleur page 19).

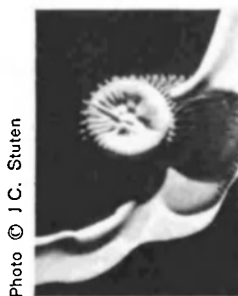


Photo © J.C. Stuten

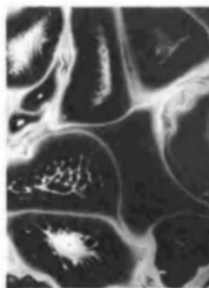


Photo © J.C. Stuten



Photo © H.P. Widmer



Photo © J.C. Stuten

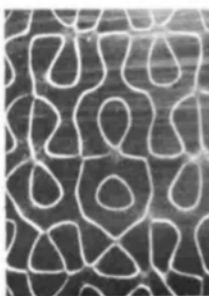


Photo © J.C. Stuten



Photo © J.C. Stuten



Photo © J.C. Stuten

1. GATEAU DE KAOLIN

Quand une matière vibre alors qu'elle passe du liquide au solide, de curieuses configurations apparaissent. Ici, un pâte de kaolin chaud se transforme en gâteau côtelé au fur et à mesure qu'il se solidifie et se refroidit. Le modèle côtelé est animé de pulsations et pousse les courants de kaolin plastique de la périphérie vers le centre du gâteau. Quand le kaolin se solidifie, des formations ramifiées commencent à apparaître sur le rebord extérieur de la masse en vibration.

2. RYTHME DE L'ENCRE DE CHINE

Ces volutes du flux et ces courants en méandre, provoqués par une goutte d'émulsion rouge versée dans une solution d'encre de Chine noire, montrent un processus périodique dans lequel n'intervient aucune vibration extérieure. L'émulsion se dissout lentement dans l'encre avec un mouvement périodique et rythmique de va-et-vient, qui crée le fouet d'un étroit serpent, et des formes délicates peu à peu évanescentes.

3. POTIER FANTOME

Ce double anneau parfait n'est pas le dessin accompli tourné par la roue du potier, mais une « image fluide », qui se forme quand un liquide très visqueux vibre sur un diaphragme. Son aspect statique est décevant. En fait, la structure entière est en mouvement, en rotation constante, la matière fluant sans cesse d'avant en arrière, l'ensemble étant entièrement créé et maintenu par des vibrations. D'autres formes provoquées par cette expérience sont montrées dans les pages 11, 13, 14 et 15.

4. PAYSAGES D'AILLEURS

Ce paysage poussiéreux, comme pétrifié, qui n'est pas sans ressemblance avec certaines photos de la Lune, est fait de spores de pied-de-loup (poudre de lycopode) animées par des vibrations. Chaque colline de poussière fine, petite et large, tourne sur son axe et sa surface entière est en rotation. Les dessins changent selon la fréquence des vibrations. En les augmentant, on peut créer des « tempêtes de sable » ou unifier de petites collines en une seule grande colline, comme on le voit dans les photos de la page 17.

5. LA CHANSON DU CUIVRE

S'inspirant des recherches d'Ernest Chladni, physicien et musicien allemand du 18^e siècle qui, le premier, a analysé divers types de vibrations des objets solides, Hans Jenny a rassemblé (en employant des techniques plus délicates) une collection d'images sonores. Le dessin de son que l'on voit ici a été créé en parsemant une plaque d'acier de limaille de cuivre, avec fréquence de 2 200 cycles par seconde.

6. LA VOYELLE "O"

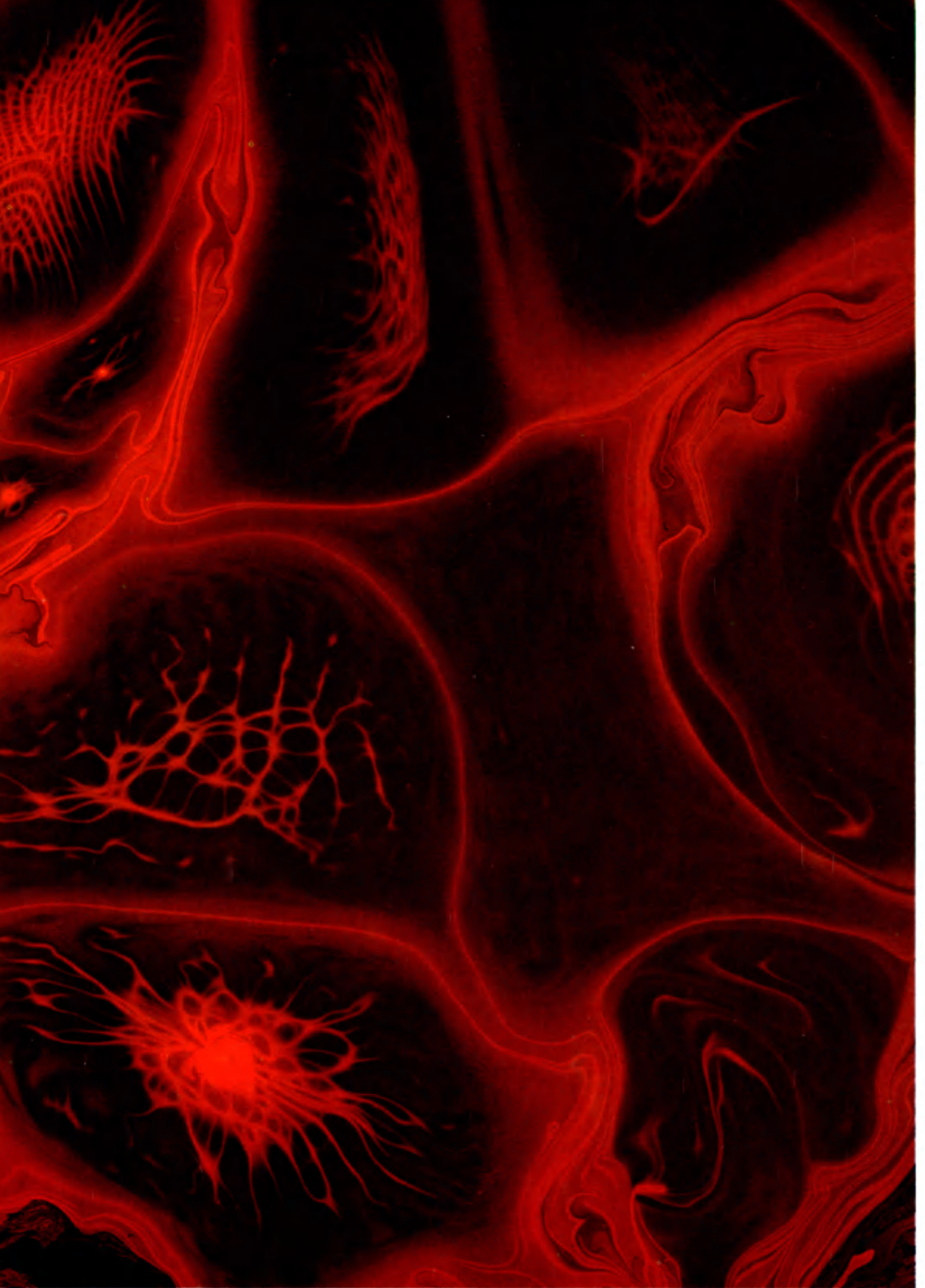
La voyelle « O » produit un dessin de vibration quand elle est prononcée dans un tonoscope, ou voyant sonore, appareil construit pour visualiser les composantes fondamentales de la parole humaine. En se servant du tonoscope, les sourds et les muets peuvent s'accoutumer aux formes de la parole et s'exercer à les reproduire.

7. DESSINS DU SON DANS L'OREILLE

Dans ce tourbillon graphique, il faut voir un modèle vibratoire du comportement aérodynamique du limaçon (partie de l'oreille interne enroulée en spirale), où les tourbillons sont formés par l'action des sons. Les tourbillons, rendus visibles par un marqueur coloré, tournent continuellement dans des directions opposées. Plus le son est bruyant, plus la rotation est rapide.

Photo © J.C. Stuten















6
Y



7
Y

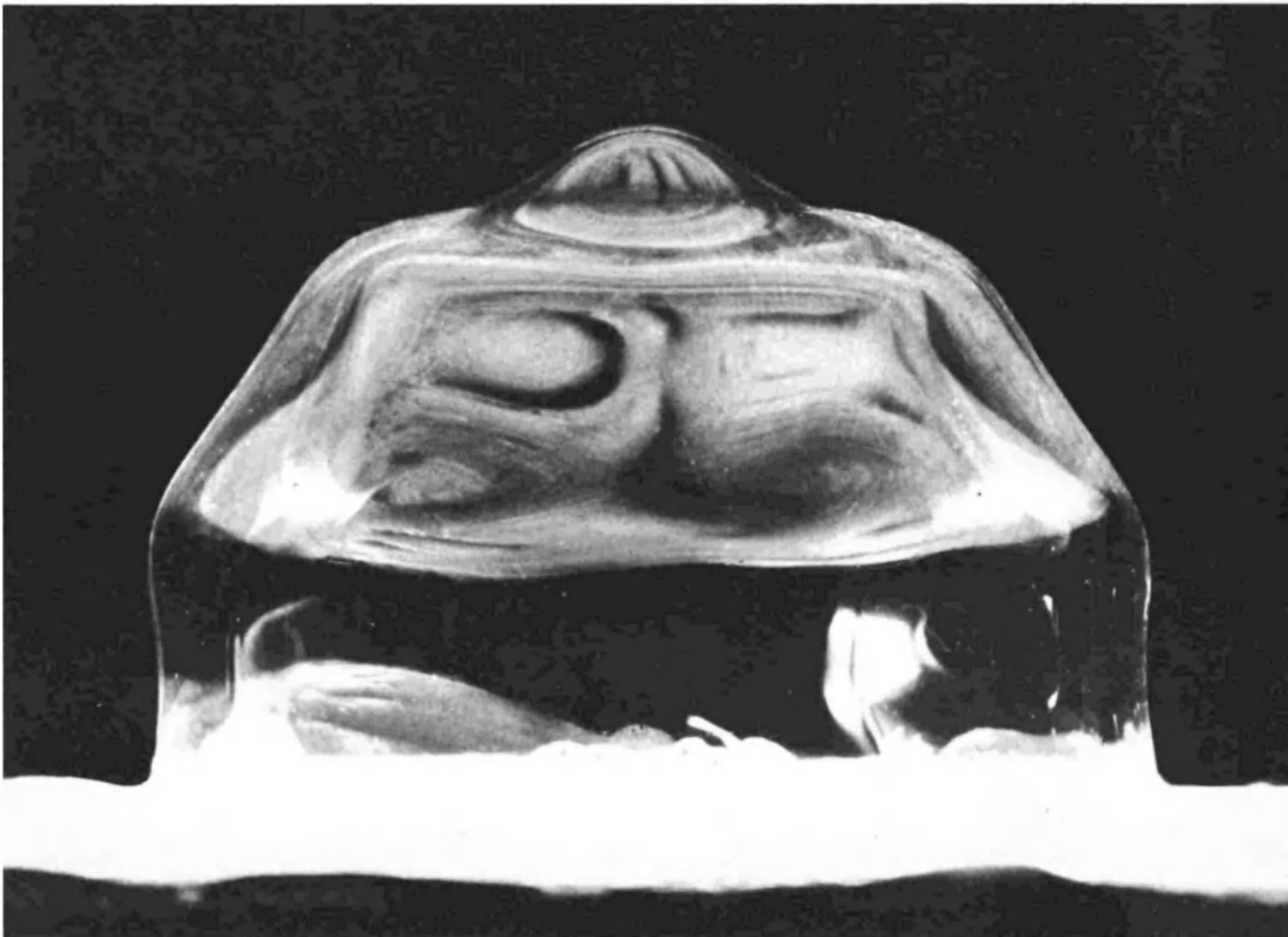


DANSE DE BULLES

Il se passe bien des choses extraordinaires dans une bulle de savon quand elle vibre sur un diaphragme. On pourrait presque dire qu'elle se met à respirer quand les pulsations rythmiques poussent leurs forces de l'intérieur vers la surface. Alors la sphère originelle commence à changer de forme. La photo de droite montre un premier stade pulsatoire, devenant de plus en plus compliqué, ci-dessous, quand les vibrations augmentent. Les pulsations apparaissent en zones régulières. La photo couleur, ci-contre, montre toute la bulle de savon, semblable à un charmant verre de cristal à pied, en pleine oscillation. On voit comment des sculptures à trois dimensions sont modelées par les vibrations.



Photos © J.C. Stuten



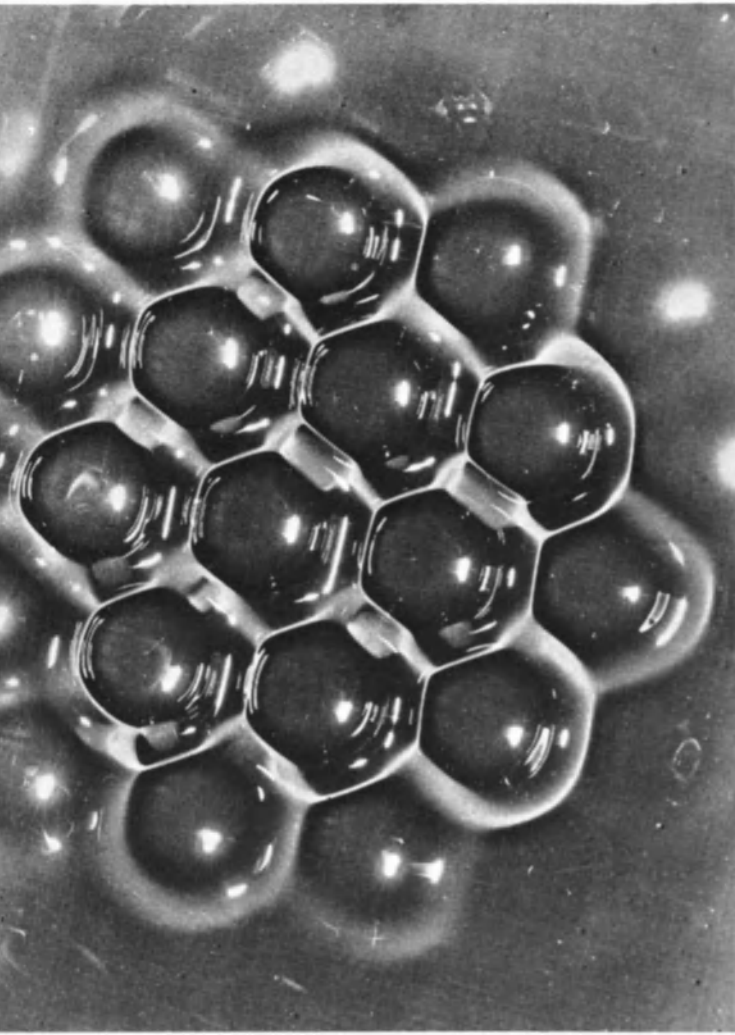
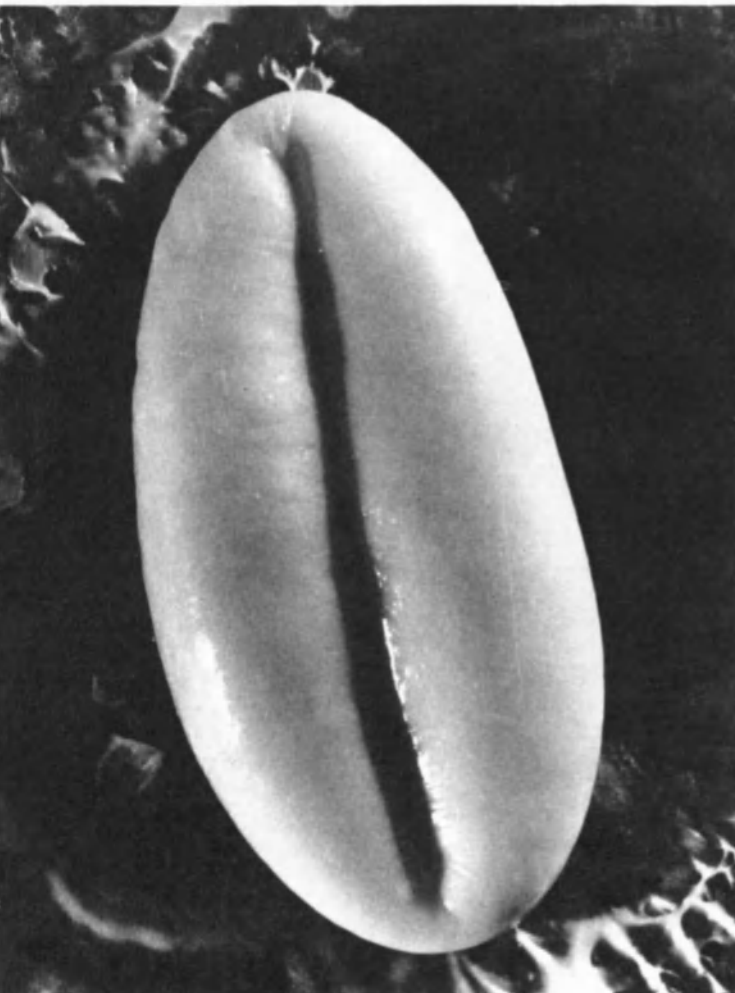


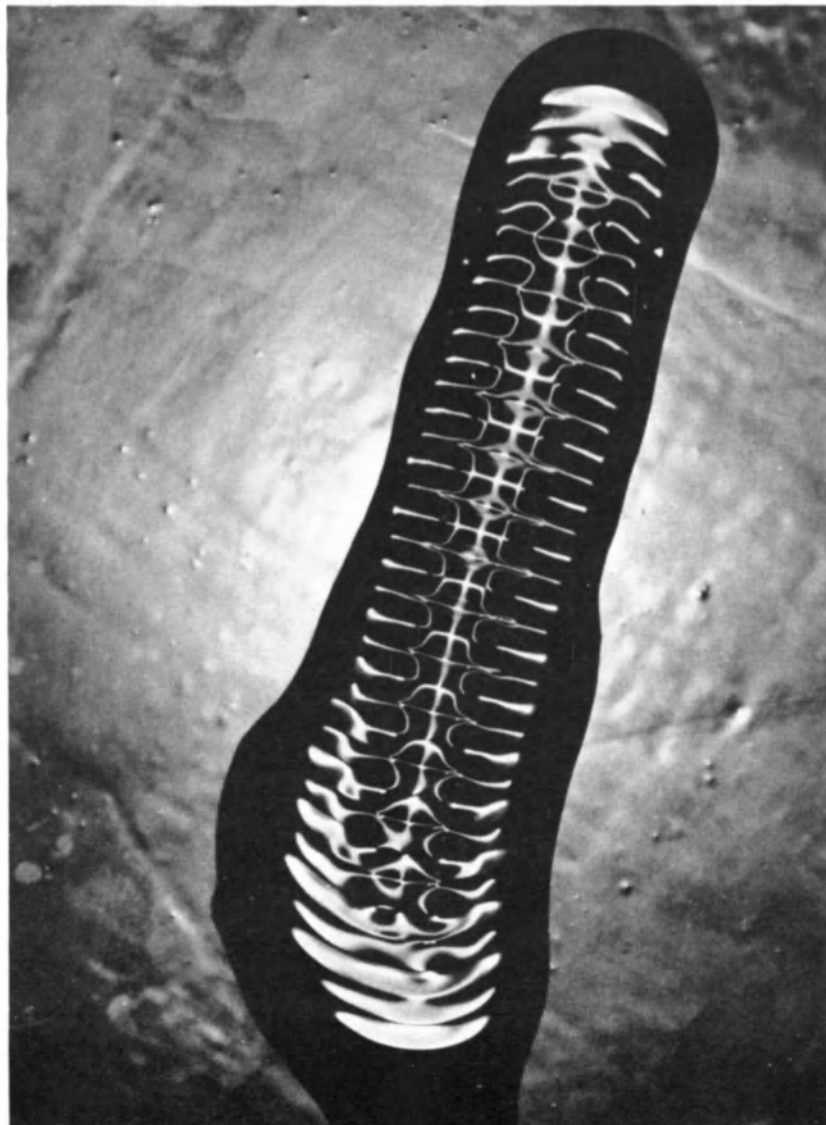
Photo © J. C. Stuten

CONSTANCE ET REVERSIBILITÉ DES STRUCTURES

L'étude des vibrations semble indiquer que, dans la nature, les mêmes formes structurelles caractérisent tour à tour le règne végétal, minéral et animal, comme si tout était régi par des lois permanentes et fondamentales. A gauche : pareilles aux nids d'abeilles, structures hexagonales d'un liquide mis en vibration par des ondes sonores à haute fréquence ; à droite, simulant le bourgeonnement végétal ou la croissance du corail, formes sculptées par les vibrations dans une matière visqueuse. Ci-dessous, à gauche, ni coquille de cauris ni fève, mais restitution de l'une des phases du phénomène de vibrations dans un liquide, évoqué également dans la photo 3 (pages couleur). Les vibrations articulent diversement la matière, reproduisant, ci-dessous à droite, un système analogue à celui des arêtes de poisson, quand elles sont provoquées par des ultra-sons sur une mince pellicule de glycérine.



Photos © H. P. Widmer



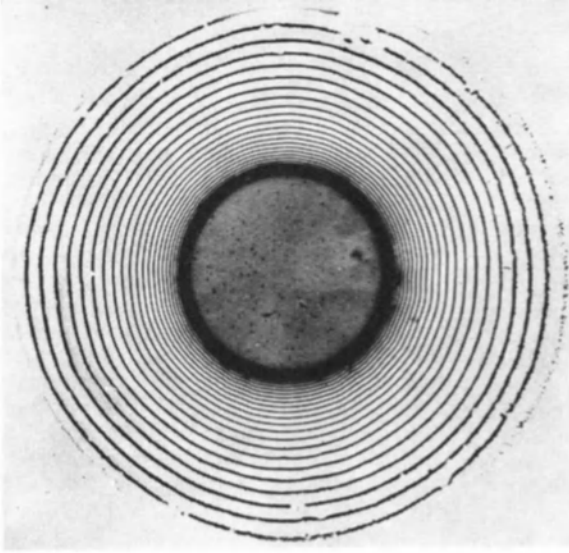


Photo © H. P. Widmer

Les cercles, à gauche, connus sous le nom « d'anneaux de Liesegang », démontrent un processus périodique bien connu de réactions chimiques. Quand on combine du bichromate de potasse et du nitrate d'argent, on obtient du chromate d'argent de formation singulière : une concentration de chromate d'argent, en série d'anneaux concentriques apparaît du centre vers la périphérie en cercles de plus en plus larges.

3 - Les grands rythmes de la nature

LES quelques exemples donneront une idée des immenses perspectives de recherche ouvertes par les phénomènes vibratoires. En observant ces structures, ces figures, ces courants et ces mouvements étranges, nous élargissons le champ de notre vision. Une multitude de choses jusqu'alors inaperçues se révèlent soudain à nous et, soudainement, nous découvrons combien la nature est pleine de rythmes, combien elle abonde en phénomènes périodiques.

On se rappellera que la périodicité est un trait caractéristique des tissus organiques. Les éléments de l'organisme se répètent sous forme de réseaux fibreux, de treillis et, à la lettre, de tissages infiniment diversifiés. Le rythme de ces formes est visible à l'œil nu, dans la foliation, par exemple. Optique ou électronique, le microscope montre l'empire du principe de répétition. La vie quotidienne offre d'autres exemples de rythmes, de séries de périodicité. Le moindre jet d'eau, la moindre surface liquide, la moindre goutte font apparaître des phénomènes complexes de nature cymatique. Les formations nuageuses véhiculent des océans entiers de trains d'ondes, de crêtes d'ondes et de champs ondulatoires. La fumée qui sort d'une cheminée est animée de tourbillons et de turbulences qui obéissent à des lois périodiques.

L'hydrodynamique (voir photo couleur n° 2, page 20) et l'aérodynamique présentent constamment des effets ondulatoires, des effets de turbulence, de pulsation et de circulation. Lorsqu'il saisit tous ces phénomènes comme un tout, l'observateur sent naître en lui ce qui est en fait l'intelligence intuitive des phénomènes rythmiques et périodiques. Il se met à percevoir le côté cymatique de la nature. Et c'est une constatation qui s'applique tout particulièrement à l'artiste créateur. Les nombreux échanges que nous avons eus avec des architectes, des peintres, des dessinateurs, industriels ou non, nous ont démontré que, pour eux, la cymatique ne consistait pas simplement à copier des figures sonores ou même à les utiliser à des fins purement décoratives.

Leur rencontre avec la cymatique a été plus féconde et l'on devrait plutôt la décrire ainsi : imaginons que quelqu'un manipule des figures géométriques, par exemple des cercles et des carrés. Il construit ses motifs à partir de ces éléments. Mais les formes qu'il manipule sont achevées et complètes, jamais à l'état naissant. Il sait pourtant que tout à un commencement, une genèse. Or ce processus de génération est précisément l'un de ceux que révèle de façon particulièrement saisissante le domaine ondulatoire et vibratoire.

En voyant prendre corps une figure sonore, on ne peut s'empêcher de constater que le processus de création se trouve précisément là où « rien » ne semble se passer, et les points vers lesquels se déplacent les particules de sable ou de poudre sont ceux justement où cesse le mouvement. La figure doit naître à partir de son milieu ; à la forme achevée est liée indissolublement l'espace ambiant qui la crée. La forme est inséparable de ce qui l'informe et l'objet façonné de ce qui le façonne. Ainsi, pour le sculpteur, pour l'architecte et pour le peintre, l'espace qui entoure les objets se met à vivre lui aussi. La forme rigide est perçue en fonction de ce qui lui a donné naissance. Mais l'inverse est également vrai.

IMAGINONS que quelqu'un s'intéresse à la cinétique, aux corps en mouvement et à l'interaction des forces. Il se demande un jour comment un système mobile peut donner naissance à une configuration. Comment un phénomène dynamique est-il lié à une forme, à une figure particulières ? Là encore, on trouvera la réponse dans les phénomènes vibratoires, car, si importants que soient les changements et les transformations, le champ vibratoire est caractérisé essentiellement par des figures précises. Et malgré leur instabilité, les turbulences elles-mêmes sont génératrices de formes récurrentes.

Il s'ensuit donc que les phénomènes ondulatoires et les effets vibra-

toires forment une sorte de tout (voir photo couleur n° 3, page 21, et photos pages 11, 13, 14 et 15). Ils expliquent aussi bien le procès génératif que la forme achevée ; ils expliquent le mouvement aussi bien que la forme stationnaire. Et ici encore il faut regarder par-delà les formes fixes pour voir les cheminements qui y aboutissent. La méthode qui s'impose est de déceler les moments qui précèdent l'achèvement des formes et de les observer d'extrêmement près. Et c'est là que nous allons mesurer toute l'importance des phénomènes cymatiques.

Il faut dire tout d'abord que la simple analogie entre les phénomènes naturels et les résultats des expériences ne suffit pas à garantir leur identité essentielle. Il ne fait pas de doute que beaucoup d'effets vibratoires font penser à tel ou tel phénomène naturel. Mais l'interprétation et l'analogie ne mènent nulle part ; elles passent à côté du vrai problème.

La question est, en effet, la suivante : l'observation des vibrations et des ondes met en évidence toute une série de phénomènes spécifiques. Il apparaît aussi que ces divers éléments se manifestent comme la propriété de tout le système vibratoire considéré. Dans un système vibratoire donné, nous trouvons du structural, du dynamocinétique et des phénomènes de pulsation. On peut donc, dans un système vibratoire, s'attendre à trouver, sous leurs formes propres, les effets cymatiques observés expérimentalement. L'expérimentation nous fournit donc des modèles conceptuels qui peuvent stimuler la recherche.

Sans empêcher de saisir l'originalité de chaque domaine, le recours à la cymatique, en stimulant l'intuition, fait découvrir de nombreuses interrelations qu'on avait jusque-là négligées. Tout en répétant avec force qu'il est totalement inutile de se livrer à des interprétations il faut se rappeler que dans les domaines concrets de l'expérience doivent se manifester les effets naturels de la cymatique. Prenons l'exemple de l'astrophysique ; on peut y escompter à coup sûr des effets vibratoires spécifiques répondant aux caractéristiques que nous venons de

LA CYMATIQUE (Suite)

décrire. Pour recenser les phénomènes cymatiques, il faudrait rassembler une multitude de caractéristiques et de relations vérifiables en astronomie planétaire, solaire ou galactique. De ce point de vue il est manifeste que dans les immenses phénomènes énergétiques du cosmos, on doit pouvoir déceler des systèmes oscillatoires et vibratoires sous forme de conglobations, de rotations, de pulsations, de circulations, d'interférences, de tourbillons, etc.

A cet égard notamment, on a observé le comportement de matières sensibles aux effets magnétiques lorsqu'on les soumet à l'action de vibrations dans un champ magnétique (voir photos pages 4 et 5). C'est ainsi qu'en magnéto-hydrodynamique apparaissent des éléments remarquables dus exclusivement aux vibrations. Du point de vue structural comme du point de vue dynamique, ces événements magnéto-hydrodynamiques sont caractérisés par la vibration. On serait en droit de parler de magnéto-cymatique. Il reste à trouver des phénomènes correspondants dans les champs magnétiques du cosmos. Il n'entre certainement pas dans nos intentions d'empiéter sur le domaine de l'astronome et du physicien. Nous voulons simplement rendre compte des résultats de telle ou telle série d'expériences. Seule la recherche astronomique peut déterminer comment les modèles correspondants prennent forme dans le cosmos.

On pourrait aussi faire appel à la biologie pour montrer comment on peut isoler des modèles conceptuels et les mettre au service de la recherche. La recherche cymatique, notamment, peut pénétrer au cœur de la science biologique. Les phénomènes décrits dans cette étude sont tous de nature macroscopique. Or il a été

possible de démontrer l'existence d'effets cymatiques dans le domaine de l'infiniment petit — autrement dit il est possible d'appliquer la méthode cymatique sous toutes ses formes aux phénomènes cellulaires.

On est ainsi conduit à observer non seulement les caractéristiques rythmiques et vibratoires des phénomènes cellulaires, mais aussi à étudier l'influence des vibrations et leurs effets sur les tissus sains et les tissus malades, ainsi que sur les cellules normales et les cellules dégénérées. La nature même des phénomènes carcinomateux leur donne une place de choix dans ce domaine de recherche.

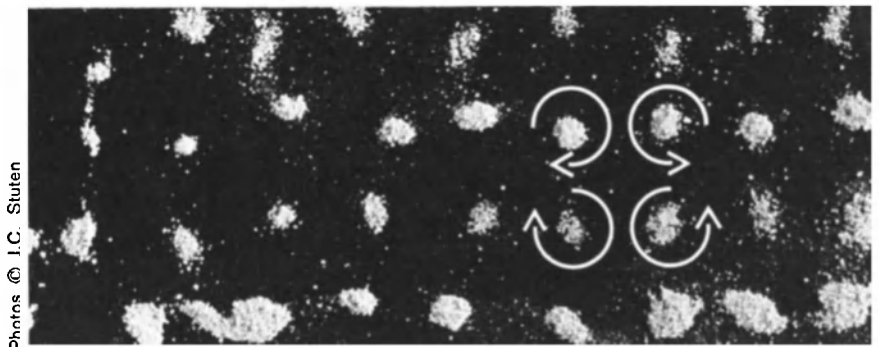
Ce qui nous reste à faire, c'est donc de provoquer des effets vibratoires spécifiques sur les événements cellulaires et d'observer les conséquences structurales et fonctionnelles qu'ils entraînent sur la division et la respiration cellulaires, sur la croissance des tissus, etc., dans des études sélectives.

Les recherches dont nous rendons compte ici battent actuellement leur plein. Les expériences se suivent sans discontinuer. C'est le sujet même qui veut qu'une expérience en appelle une autre ; la nature conduit l'enquêteur d'étape en étape. Et, chemin faisant,

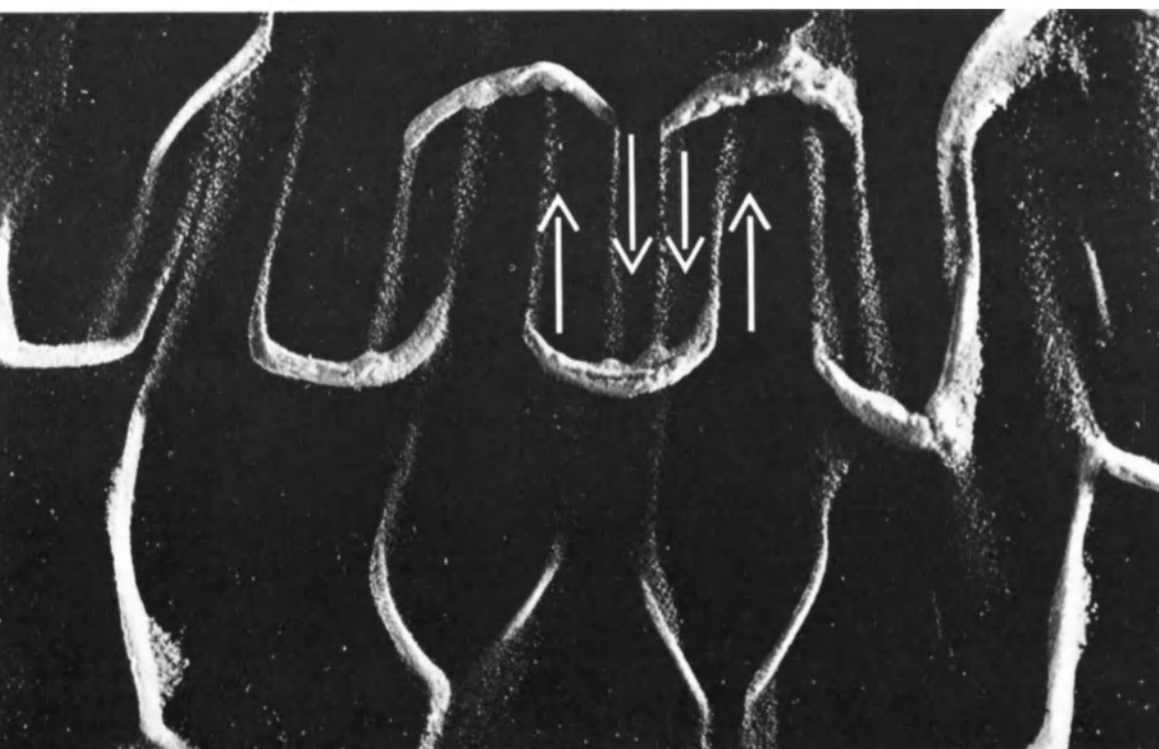
il remarque un certain nombre de phénomènes qui ne sont pas de nature vibratoire au sens propre du terme.

Nous pourrions citer par exemple les précipitations chimiques de caractère rythmique (les anneaux de Liesegang, voir photo page 29), les cristallisations rythmiques, les phénomènes rythmiques qui se manifestent dans les solutions colloïdales, la formation périodique de membranes semi-perméables, etc. On a donc tout lieu de penser que la périodicité se manifeste également dans les réactions chimiques. (Signalons pour le spécialiste que ces recherches nous amènent aux confins des problèmes de la catalyse).

Où conduisent toutes ces expériences ? Quelle importance peuvent-elles avoir pour l'humanité en général ? Si l'on fait abstraction de toutes les applications pratiques qu'elles laissent entrevoir, il reste un aspect fondamental : la cymatique nous enseigne à observer le monde de telle manière que l'expérience que nous en avons est renouvelée, enrichie et approfondie. En outre, cette expérience permet au savant et à l'artiste, au chercheur et au constructeur — et partant à tout homme — de développer son être et sa personnalité. ■



Photos © I.C. Stuten

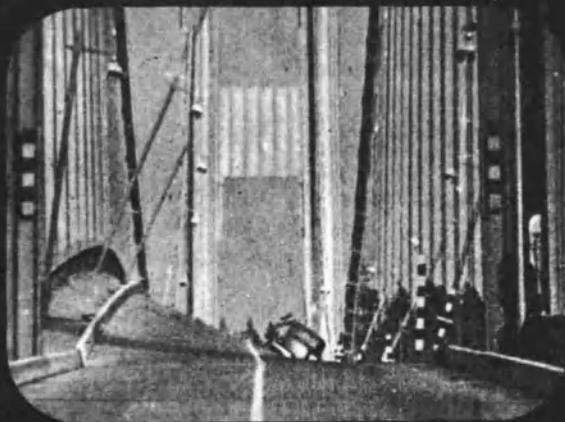


Ces deux photos (ci-dessus et à gauche), ne sont pas seulement graphiquement intéressantes en elles-mêmes, mais révèlent l'un des plus extraordinaires phénomènes de notre rotatif univers en vibration. Dans chaque photo, les éléments granulés — sable quartzique ci-dessus, poudre de lycopode à gauche — subissent des vibrations sur une plaque d'acier. Signalons, cependant, les flèches montrant de petites aires circulaires et des courants de particules en rotation et dérivation dans des directions opposées. La poudre de lycopode vibrant à 8 500 cycles par seconde forme des courants ; à plus haute fréquence, 12 400 cycles par seconde, le quartz se met en monticules tournants. Tout se passe comme si ces phénomènes obéissaient à une loi physique.

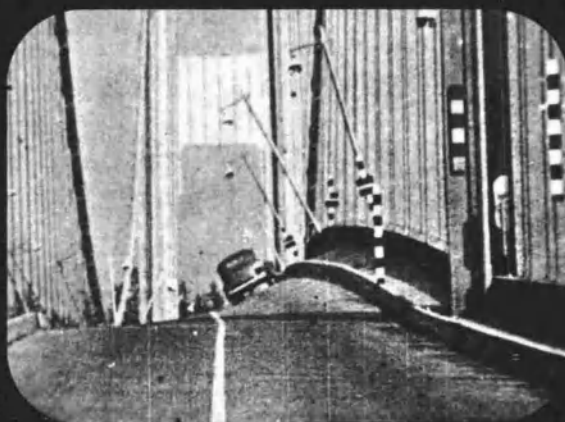
LE PONT QUI VIBRA A SE ROMPRE

Comme une corde de violon vibre sous l'archet, un pont suspendu, tendu entre ses deux piles, vibre sous l'action du vent. Il vibre aussi quand passe une colonne de soldats qui doit rompre le pas en le traversant. L'amplitude des oscillations peut atteindre une valeur élevée et il en résulte alors un travail intense et anormal des matériaux constituant l'ouvrage, et pouvant aboutir à la destruction complète. Le 7 novembre 1940, le pont du détroit de Takoma, aux Etats-Unis, se cassa. Ci-contre, le film de la catastrophe : 1) par un vent soufflant à 70 km/heure, le pont commence à subir une oscillation de torsion facilitée par le déblocage d'un câble ; 2) et 3) vue particulièrement nette de l'amplitude des oscillations de torsion : une voiture donne l'échelle du phénomène ; 4) et 5) les oscillations ont pris une amplitude telle que la rupture devient inévitable. Ci-dessous, image du pont totalement disloqué. A Venise, ce sont les oscillations des eaux de la lagune, répétées depuis des siècles (soit par des agents naturels, marées et vents, soit par les bateaux à moteur) qui ont entraîné une grave dégradation des immeubles et des monuments.

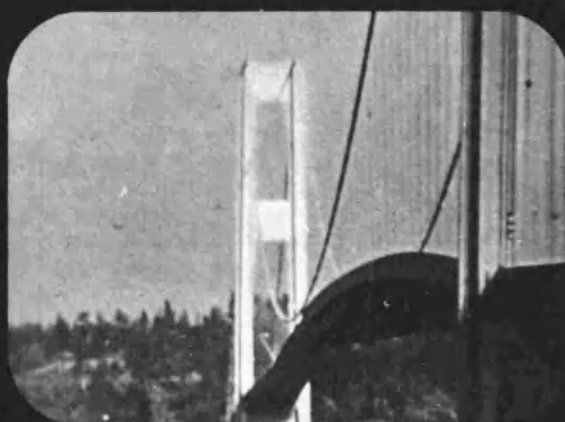
1



2



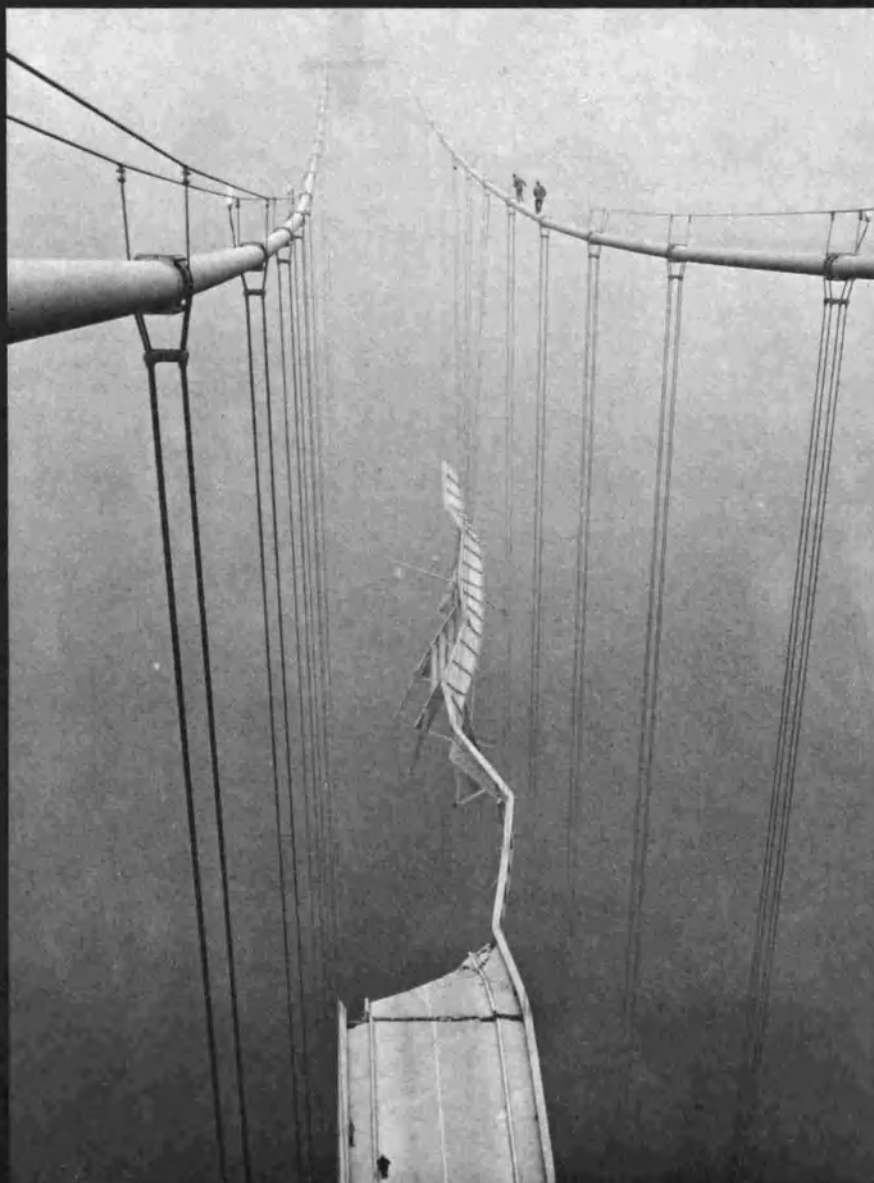
3



4



5



LES QUASARS ET LA NAISSANCE DU COSMOS

par György Marx

Texte © Copyright. Reproduction interdite

L'ŒIL qui se lève vers le ciel par une nuit claire peut y percevoir des milliers d'étoiles.

A l'œil nu, les étoiles les plus lumineuses sont visibles jusqu'à quelques milliers d'années-lumière. Avec les télescopes, elles peuvent être distinguées des milliers de fois plus loin, jusqu'à quelques millions d'années-lumière.

Plus loin encore, les étoiles individuelles ne peuvent plus être distinguées, mais on peut voir leurs grandes agglomérations, les galaxies semblables à celle dont notre Soleil fait partie, et qui réunissent des milliards et des centaines de milliards d'étoiles.

La lumière totale de telles galaxies peut être enregistrée jusqu'à des distances de quelques milliards d'années-lumière ; cette lumière que nous enregistrons sur la plaque photographique a commencé son voyage alors que la vie apparaissait à peine sur la Terre.

Pourtant, ce n'est qu'une partie infime de l'univers que nous pouvons sonder de cette manière. Il faudrait pouvoir pénétrer bien plus loin encore dans les profondeurs de l'espace et du temps pour connaître la structure et l'histoire de l'univers. Les corps célestes, étoiles, galaxies, que nous voyons à présent, ont commencé à se former il y a plus de dix milliards d'années. Il faudrait donc remonter au moins à dix milliards d'années dans le passé pour comprendre l'histoire génétique de la matière.

Avant Copernic, l'homme se formait de l'univers une image simple. La Terre en était le centre, le lieu naturel de

condensation de la matière. Copernic a délogé le globe terrestre de cette position privilégiée.

Giordano Bruno, savant italien contemporain de Galilée, et admirateur de Copernic, imaginait déjà un nombre infini de mondes, tous étant de même importance. Dès lors, on se représentait l'univers rempli de corps célestes uniformément distribués dans l'espace et dans le temps, avec une densité homogène, comme les molécules d'un gaz sont distribuées dans un réservoir.

Ce furent d'abord les étoiles et, avec elles notre Soleil, qu'on s'est représentées comme étant les molécules de ce gaz cosmique. Mais depuis les travaux de Hubble, ce sont plutôt les galaxies, îles de matière contenant des millions d'étoiles, qui sont devenues les molécules de la cosmologie.

Toutefois, les choses ne se présentent pas de façon aussi simple. Galilée nous a enseigné que les mêmes lois physiques sont valides dans le ciel et sur terre. Si on essaie d'appliquer les lois de la gravitation universelle à un gaz d'une extension infinie, comme celui dont les molécules seraient les galaxies, un calcul simple montre que ce gaz ne peut pas être en équilibre. Ou bien l'attraction y domine ou bien c'est le mouvement qui l'emporte. Un gaz formé de galaxies doit nécessairement ou se dilater ou se contracter.

Les observations de Hubble, en 1926, ont montré que la matière de l'univers est en voie de dispersion. Plus on regarde loin dans les profondeurs du ciel, plus les galaxies qu'on aperçoit nous fuient rapidement. Toutes les observations ont confirmé la loi établie par Hubble. La vitesse d'éloignement d'une galaxie est proportionnelle à sa distance.

Les galaxies qui se trouvent à une distance d'un milliard d'années-lumière

ont une vitesse de fuite de 30 000 kilomètres par seconde, soit dix pour cent de la vitesse de la lumière. Celles qui sont deux fois plus loin, à deux milliards d'années-lumière, nous fuient deux fois plus vite, etc. L'univers n'est pas une formation statique, invariable. Il déploie à nos yeux une image qui change avec le temps.

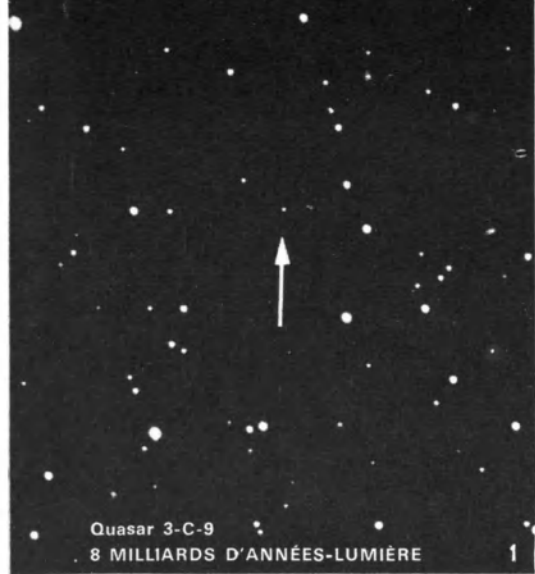
Vivant dans un univers en évolution, on ne peut s'empêcher de se demander ce qu'il a été dans le passé, ce qu'il sera dans le futur. Combien de temps dureront cette dispersion, cette expansion de l'univers ? Si elles doivent se poursuivre indéfiniment, les galaxies vont finir par se trouver à de telles distances les unes des autres que la lumière émise par une galaxie ne pourra même plus atteindre les galaxies jadis les plus proches. Notre propre système galactique, la Voie lactée, est-il alors destiné à nager comme une île solitaire dans le néant ?

Mais cherchons à dérouler le film dans le sens contraire, vers le passé. On doit voir alors les galaxies se rapprocher les unes des autres, et on peut en déduire qu'il y a environ dix milliards d'années, toute la matière de l'univers était fortement condensée. L'expansion a dû se faire à partir d'un état très dense et se déclencher comme une explosion.

Bien des astronomes, s'appuyant sur les calculs de Friedman, ont adopté cette hypothèse d'un état primitif très dense de la matière et ils ont essayé d'en déduire par le calcul les diverses conditions observables dans l'univers d'à présent. D'autres ont fait des réserves, faisant remarquer qu'une chaîne de déductions remontant aussi loin est à la merci de la moindre circonstance qu'on aurait négligée.

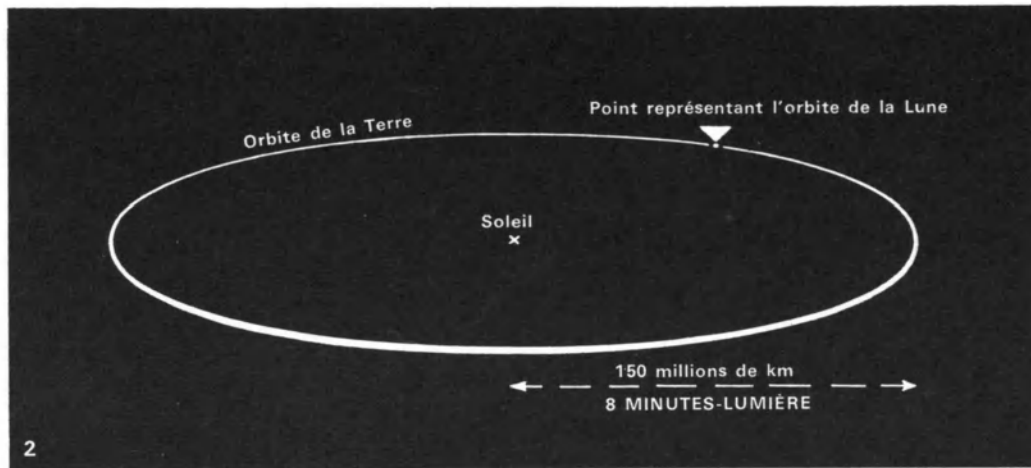
Au milieu d'un océan de spéculations, un premier point d'appui fut acquis en 1965-1966 par la découverte du bruit de fond radio universel.

32 GYÖRGY MARX est professeur de physique théorique à l'Université de Budapest et rédacteur en chef de la revue « Fizikai Szemle » (la Revue de la physique). Il a obtenu, en 1955, le prix Kossuth pour ses travaux dans le domaine de la théorie quantique des particules.



Quasar 3-C-9
8 MILLIARDS D'ANNÉES-LUMIÈRE

Photo © National Geographic Society
Palomar Observatory



DES MILLIARDS D'ANNÉES DANS LE RÉTROVISEUR

Grâce à l'étude des quasars par les radiotélescopes, les astronomes commencent à explorer les premiers âges de l'univers. Ci-dessus à gauche, le quasar 3-C-9, visible avec un puissant télescope (flèche), est un point minuscule au fond du ciel. Sa lumière nous parvient après un voyage de 8 milliards d'années à travers l'espace ; elle nous apporte ainsi un témoignage sur un événement qui fut contemporain de la naissance de notre galaxie. Les dessins ci-dessus et ci-dessous nous donnent, par combinaison, une idée des dimensions fabuleuses de l'univers. L'année-lumière est la distance que la lumière parcourt en une année, à la vitesse d'environ 300 000 km par seconde.

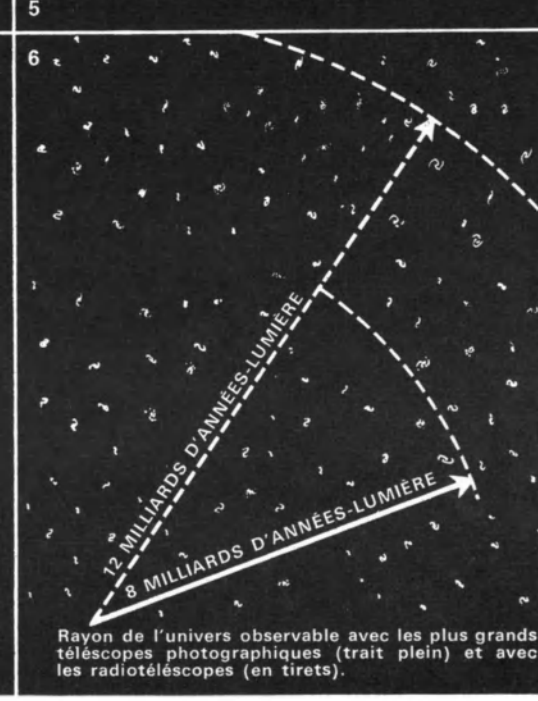
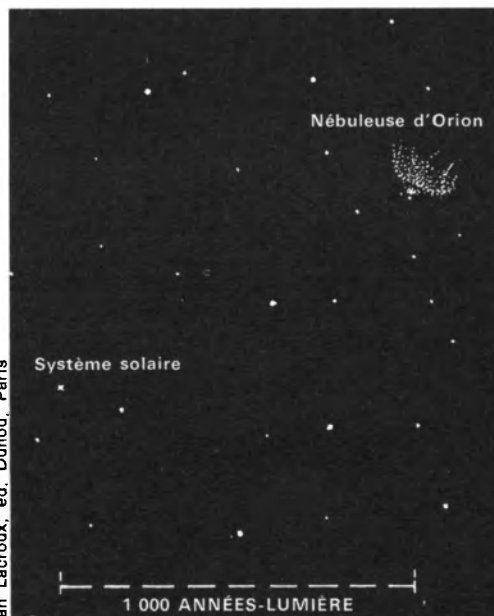
Dans le domaine des ondes métriques et plus grandes, l'univers est doté d'émissions radio provenant des galaxies et de divers corps célestes. Dans le domaine des ondes millimétriques, c'est notre atmosphère, notre ionosphère qui émettent. Dans l'intervalle, c'est-à-dire dans le domaine des ondes centimétriques, c'était le silence.

Mais en scrutant mieux ce domaine silencieux, on y a découvert une faible radiation thermique. Cette radiation incohérente ne provient pas de corps célestes déterminés ni de certaines directions dans le ciel. C'est un bruit de fond, remplissant l'univers entier de façon homogène, et identique dans toutes les directions. Il correspond à une température de 3 degrés absolus, c'est-à-dire 270 degrés au-dessous de zéro centigrade.

Cette radiation de fond se présente comme un faible bruit radio mais si on considère qu'il est présent de façon uniforme dans tout l'univers, on comprend son importance. Il contient un milliard de fois autant de photons qu'il y a d'atomes dans l'univers et la densité d'énergie de la radiation surpasse de cent mille fois celle de la lumière provenant de toutes les étoiles.

Si on extrapole dans le passé en supposant que l'univers a occupé un volume de moins en moins vaste à mesure qu'on recule dans le temps, on trouve des intensités de radiation de plus en plus grandes, des températures de radiation de plus en plus hautes. La température étant aujourd'hui de 3 degrés absolus, elle devait être de 6 degrés absolus il y a cinq milliards d'années, de 30 degrés absolus il y a sept milliards d'années.

L'existence de si nombreux photons dans tout l'espace n'a pu être expliquée que d'une seule façon : ils ont été produits au sein d'une matière très condensée et très chaude, comme



Dessins © tirés de l'ouvrage « A l'affût des étoiles », de Pierre Bourge et Jean Lacroux, éd. Dunod, Paris

Rayon de l'univers observable avec les plus grands télescopes photographiques (trait plein) et avec les radiotélescopes (en tirets).

elle devait l'être il y a dix milliards d'années, au début de l'expansion.

A partir de là, la radiation se répandant dans un volume de plus en plus grand, la température diminue. La radiation d'aujourd'hui, à 3 degrés absolus, garde la mémoire du fait que l'expansion de l'univers a eu pour point de départ un état singulier de la matière, alors que la température devait surpasser sans doute mille milliards de degrés, et les radiations prédominant sur la matière atomique.

Selon les calculs de Zeldovitch, au cours de la première seconde de l'expansion, la température s'abaisse à dix milliards de degrés, au bout de la première minute à quelques millions de degrés. A ce moment, la matière commença à dominer, avec la formation des premiers noyaux atomiques. Durant les dix premiers millions d'années, la température put s'abaisser jusqu'à quatre mille degrés et au sein du plasma ionisé, des atomes neutres, c'est-à-dire revêtus de tous leurs électrons périphériques, purent se constituer.

APRES cela, les vastes nuages de gaz ont pu se développer, chacun d'eux fournissant la matière d'une galaxie. L'univers prenait peu à peu le visage que nous lui connaissons et nous passons de la brume des spéculations pures à la recherche scientifique fondée sur des observations.

Naturellement, la radiation résiduelle à 3 degrés absolus ne donne qu'une image confuse de la naissance des atomes et des galaxies, sans en fournir aucun détail. L'information qu'on peut tirer de l'état actuel de la matière atomique ne fournit pas une image moins déformée.

Les éléments lourds sont fabriqués sans cesse dans l'univers actuel ; il est alors presque impossible d'en déduire la proportion initiale des éléments et de là, les conditions de température et de densité qui prévalaient au début. C'est pourquoi une valeur inestimable serait attribuée par les astronomes à la découverte d'un témoin direct, non déformé, et apportant une information spécifique sur l'époque initiale de l'univers.

Les quasars promettent-ils d'apporter une telle information ?

Nous aurions, en effet, besoin de phares qui soient visibles à d'énormes distances, qui soient mille milliards de fois plus lumineux que les étoiles, cent fois plus lumineux que des galaxies, pour être capables de nous orienter dans les profondeurs de l'espace et du temps, assez loin pour y découvrir la structure de notre univers.

Or, ce sont précisément des phares de ce genre que les astronomes ont cru avoir découvert dans les premières années de cette décennie. Ces astres ont été appelés quasars, mot forgé

par contraction de l'expression « quasi-stellaire ». En effet, ce sont des galaxies d'un genre spécial, qui ont été prises d'abord pour des étoiles.

Le quasar 3-C-9, qui a pu être identifié à la fois optiquement et par radiotélescope, a un spectre lumineux dont les raies sont déplacées de 215 pour 100 vers les grandes longueurs d'onde.

Si, comme on l'admet généralement, ce glissement du spectre vers le rouge est dû à la vitesse de fuite et si celle-ci est proportionnelle à la distance (autrement dit si notre univers est en expansion), un décalage de 215 pour 100 correspond à une vitesse de fuite de 240 000 km par seconde et à une distance de 8 milliards d'années-lumière. (Ce qui est extraordinaire, c'est que ces astres émettent assez de lumière ou d'énergie radio pour être décelables à pareilles distances ; leur émission d'énergie pourrait être évaluée à plus de mille milliards de fois la lumière du Soleil.)

Au-delà d'une telle distance, les objets sont trop pâles pour qu'on puisse mesurer le décalage de leur spectre et nos télescopes optiques ne peuvent pas voir plus loin. Mais 8 milliards d'années-lumière, cela signifie que la lumière du quasar 3-C-9 est en route depuis ce temps-là. Voir ce quasar, c'est donc voir dans le passé à 8 milliards d'années en arrière, c'est embrasser environ 80 pour 100 de l'histoire de notre univers.

Si 8 milliards d'années-lumière paraissent actuellement une limite extrême pour l'observation optique, la radio-astronomie peut accéder plus loin. En effet, des radiosources de même nature que les quasars et plus faibles que celle du 3-C-9 ont été détectées par les radiotélescopes. Si l'on suppose que toutes ces sources ont des intensités absolues analogues, leur intensité apparente permet de mesurer leur distance et c'est alors à 9 milliards d'années-lumière qu'on peut estimer la portée de nos radiotélescopes.

CETTE portée est largement dépassée par celle du nouveau radiotélescope géant qui remplit un cirque naturel à Porto Rico. On escompte qu'il permettra d'enregistrer l'émission de radiogalaxies et de quasars situés à des distances de 10 à 12 milliards d'années-lumière. C'est la possibilité d'être pour ainsi dire à l'écoute des débuts de l'univers en émission directe.

Cette possibilité, qui eût été considérée comme fabuleuse il y a quelques années à peine, est devenue réelle grâce à l'intensité extraordinaire de l'émission des quasars, aussi bien l'émission lumineuse que l'émission radio. Leur émission radio est le résultat d'une ou plusieurs explosions qui, en même temps, ont échauffé le noyau central de telle sorte qu'il pouvait briller comme un million de soleils pendant un million d'années ou davantage.

L'émission radio des radiogalaxies est due à une explosion du même genre, mais peut-être moins intense.

On peut utiliser ces phares situés aux confins de l'univers comme des bases de triangulation pour cartographier le monde sidéral entier dans l'espace et dans le temps. Il ne s'agit pas là d'un espoir lointain : ce lever cartographique a déjà été entrepris et les résultats obtenus sont d'un énorme intérêt.

Comment pouvons-nous imaginer le fonctionnement des quasars tel qu'il se déroule (ou s'est déroulé) dans le temps ? Durant les cent mille ans qui suivent le premier éclair, l'émission doit être d'une intensité constante. A partir de là, la puissance de la radiation commence à diminuer exponentiellement.

UN million d'années après cette mise à feu, la puissance n'est plus déjà que le millième du début et après dix millions d'années, elle a encore diminué de mille fois. Le quasar s'évanouit alors jusqu'à n'être plus observable. On n'a pas décelé de quasars dont l'âge soit évalué à plus de quelques millions d'années.

On peut évaluer leur distance par leur intensité apparente et déterminer leur distribution dans l'espace. On constate alors que leur densité spatiale est plus ou moins homogène dans les limites d'un à deux millions d'années-lumière.

Au-delà de cette distance, le nombre des quasars semble augmenter dans toutes les directions. Leur densité devient double sur une calotte sphérique d'un rayon de quelques milliards d'années-lumière. A partir de là, elle diminue de nouveau fortement et sur l'horizon radio, à 9 milliards d'années-lumière, elle n'est plus que le cinquième de la densité observée dans la proximité.

Cet arrangement spatial traduit en réalité une évolution temporelle, les quasars étant observés aux distances qui correspondent aux époques de leur existence. Si les quasars nous apparaissent plus nombreux à des distances de quelques milliards d'années-lumière, c'est que leurs éruptions étaient à ces époques lointaines un phénomène plus fréquent. Si on regarde plus loin, on ne voit plus guère de quasars, bien que nos radiotélescopes soient maintenant assez puissants pour déceler des sources encore plus lointaines. C'est donc que nous plongeons alors dans un temps plus ancien que les premiers quasars.

Si, comme nous l'avons vu, on peut assimiler les quasars à des noyaux de galaxies se consumant et vieillissant rapidement, l'époque de leur flambement doit être en rapport avec la naissance des galaxies. Les quasars doivent être contemporains ou l'avoir suivie à un intervalle de temps déterminé.

L'ARAIGNÉE STRUCTURALISTE

Un ingénieur étudie étape par étape
la construction millénaire d'une toile d'araignée

par Bert E. Dugdale

Texte © Copyright. Reproduction interdite

DE bon matin, un jour du mois d'août 1942, à Fayson Lake (New Jersey), j'eus enfin l'occasion que j'attendais depuis de nombreuses années. Une araignée venait de tendre l'armature de fils destinés à recevoir sa toile. Il m'était donc enfin possible d'étudier

BERT E. DUGDALE, ingénieur, spécialiste des constructions et structures, s'intéresse depuis son jeune âge aux araignées. Il devait être frappé, dans l'exercice de sa profession, par la similitude des problèmes que doivent résoudre et l'araignée construisant sa toile et l'ingénieur construisant un édifice, et se livra à des observations minutieuses sur le travail des araignées. Cet article a été publié dans « *Natural History* », revue du Musée d'histoire naturelle, New York, en mars 1969.

étape par étape le tissage d'une toile ; je rassemblai à la hâte ma planche à dessin, du papier, des crayons et un double mètre pour noter aussi exactement que faire se peut toutes les phases de l'opération. J'installai ma chaise de manière que l'insecte se trouvât à peu près à la distance de mon bras tendu pendant que je travaillais.

A mesure que l'araignée complétait sa toile, j'ajoutais des lignes à mon croquis, en notant l'ordre chronologique d'installation des fils. L'araignée m'imposait une cadence de travail rapide et je n'eus guère le temps de réfléchir à la signification de ce qu'elle faisait du point de vue technique.

Notre travail achevé, nous vaquâmes l'un et l'autre à nos occupations.

Le croquis échoua dans un de mes classeurs où je le retrouvai vingt-trois ans plus tard. Ces feuillets me fascinèrent et je commençai à reconstituer les diverses phases du travail de l'insecte sur des feuilles de papier ; j'eus conscience, pour la première fois, de la signification du phénomène observé : il s'agissait de l'exécution d'une véritable épure où presque rien n'était laissé au hasard.

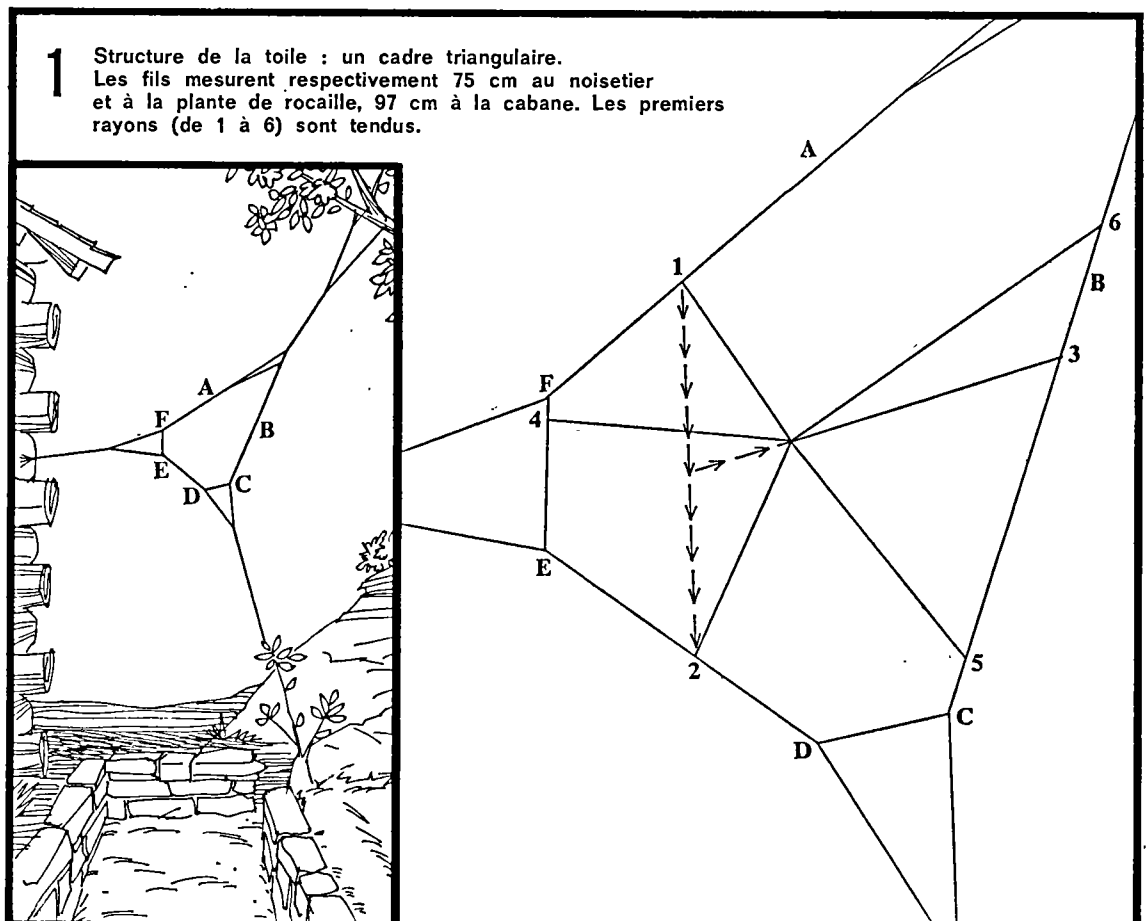
Le croquis ci-dessous montre le site choisi par l'araignée, à l'angle d'une cabane de rondins bâtie par des estivants amoureux de la nature. A 1,80 m environ du coin de la cabane s'élevait une rocaille ; dans une crevasse poussait un petit buisson. Une branche

SUITE PAGE 36

QUATRE ÉTAPES DE LA CONSTRUCTION D'UNE TOILE

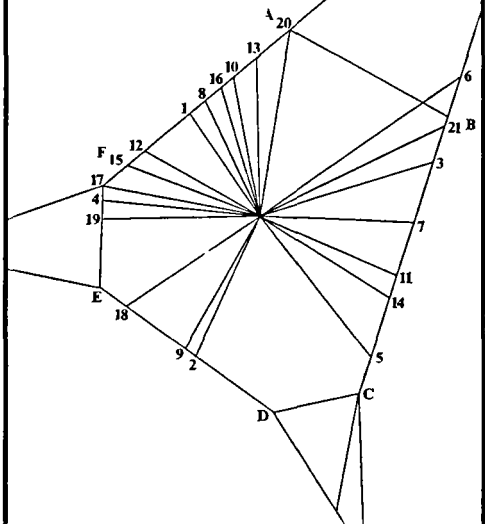
Tendre le piège en situation abritée, près d'une aire de nourriture qui attire la proie : telle est la technique millénaire de l'araignée tisseuse. Un ingénieur décrit dans ces pages les quatre étapes de la construction d'une toile, qu'il a observées dans son jardin, et dont il a fait le relevé graphique. A droite, le site choisi par l'araignée, entre une cabane de jardin, un noisetier et une plante de rocaille.

Dessins © de l'auteur

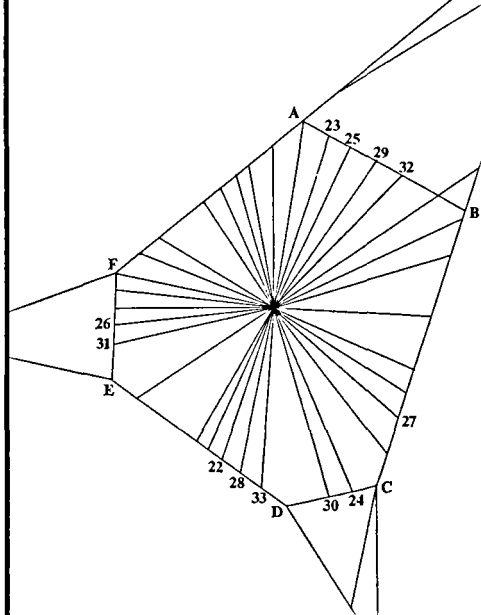


DEUXIÈME ÉTAPE

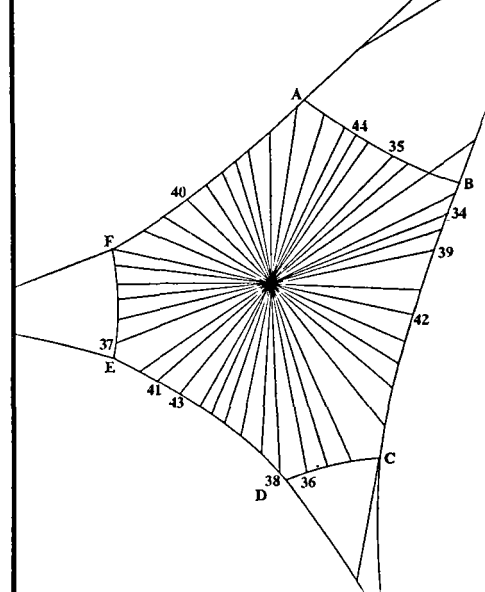
2 15 nouveaux rayons d'appui ont été tendus, du cadre au centre (7 à 21). Le cadre lui-même a été refermé par l'adjonction d'un fil supplémentaire, de A en B.



3 12 nouveaux rayons relient centre et cadre de la toile (de 22 à 33).



4 Encore 10 rayons viennent consolider la trame. Au total, 44. La structure de base est achevée.



ARAIGNÉE STRUCTURALISTE (Suite)

Une science innée de la géométrie

de noisetier s'étendait au-dessus de la rocaille, en direction de la cabane. Entre celle-ci et la rocaille poussait une petite colonie de fleurs sauvages — iris, pâquerettes, asters et autres fleurs des bois,

Il est probable que la protection fournie par l'avancée du toit de la cabane, la saillie des rondins, le passage d'un sentier entre la cabane et le tapis de fleurs sauvages et l'existence de marches de pierres menant à la rocaille, réunissaient en ce lieu les conditions idéales pour une araignée cherchant à tisser une toile orbiculaire. J'avais souvent remarqué des toiles de ce genre suspendues presque verticalement à cet endroit précis, et observé de nombreuses araignées de diverses espèces travaillant à construire leurs toiles, qu'il m'arrivait de déchirer en allant ramasser du bois.

Sans doute, ce matin-là, les courants d'air propices qui circulaient autour de la cabane et l'attraction que les fleurs ne manqueraient pas d'exercer sur les insectes, qui viendraient se prendre dans la toile tendue sur leur trajectoire, furent-ils pour *Micrathena gracilis*, araignée tisseuse de toiles orbiculaires, autant de raisons de se mettre à l'œuvre. D'une espèce apparemment très répandue en Amérique du Nord, cette araignée grisâtre, de 6 à mm de longueur, avait l'abdomen armé d'épines caractéristiques, en sus de

la paire d'appendices habituels appelés filières (c'est par ces organes que les araignées excrètent leur fil soyeux).

L'opération entière prit environ deux heures et demie et se divisa en quatre phases :

Première phase : Amarrage de fils structuraux destinés à recevoir la toile et formant un cadre triangulaire d'environ 15 cm de diamètre (le croquis 1 montre d'une part le coin de la cabane et les premiers éléments de la toile tels que je les trouvai quand je commençai mes observations et, d'autre part, la structure du centre de la toile).

Deuxième phase : Installation progressive d'un ensemble de fils reliant le centre de la toile à son cadre (croquis 2 à 4).

Troisième phase : Construction d'une sorte d'échafaudage provisoire en forme de spirale, à partir du centre de la toile (croquis 5).

Quatrième phase : Tissage final d'une spirale de fil gluant et enlèvement de l'échafaudage (croquis 6).

PREMIÈRE PHASE : Quand je commençai mes observations, les trois fils supports principaux étaient déjà en place (croquis 1) ainsi que les lignes transversales CD et EF, qui complétaient le cadre polygonal extérieur BCDEFA (auquel manquait cependant la transversale AB que l'araignée ins-

talla ultérieurement). L'insecte s'occupa aussi de renforcer les fils maîtres en les parcourant de temps en temps pour y ajouter des fils supplémentaires. Ces fils se ramifiaient à leur extrémité pour former des attaches multiples, semblables à celles que les ingénieurs utilisent habituellement pour amarrer les câbles des ponts suspendus de longue portée.

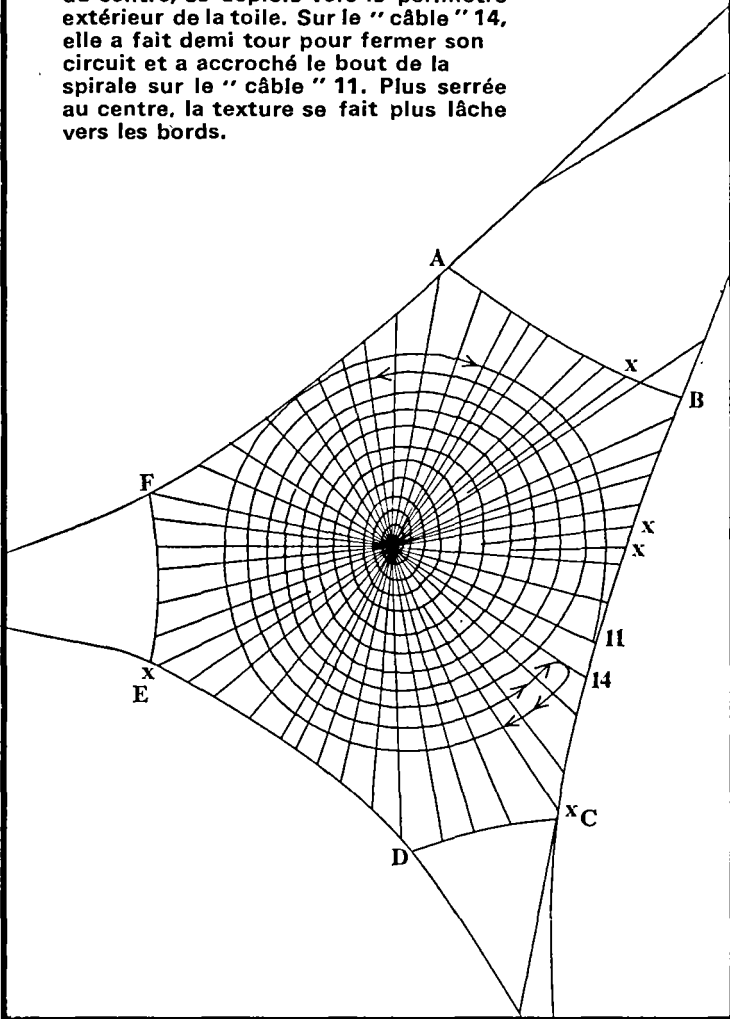
L'araignée commença ensuite à tisser le centre de sa toile (croquis 1). Après avoir attaché un fil libre au point 1 de AF, elle gagna le segment ED en passant par F et fixa l'autre extrémité du fil au point 2. Un mouvement rapide de ses filières suffit à l'insecte pour attacher le fil.

Se hissant le long du fil ainsi amarré, il s'arrêta à mi-distance de 1 et 2 pour y attacher l'extrémité d'un autre fil. Dévidant celui-ci pendant qu'elle progressait sur la toile, l'araignée gagna 2, puis, passant par DC, le segment CB au point 3 duquel elle fixa l'autre extrémité de son fil après l'avoir préalablement tendu.

C'est cette tension qui amena les fils radiaux 1, 2 et 3 dans la position représentée dans le croquis 1. Le point de jonction de ces fils détermina le centre de la toile, que l'araignée stabilisa à l'aide des radiales 4, 5 et 6. Le cadre de la toile et les fils 1 à 6 ne se trouvaient pas dans un plan abso-

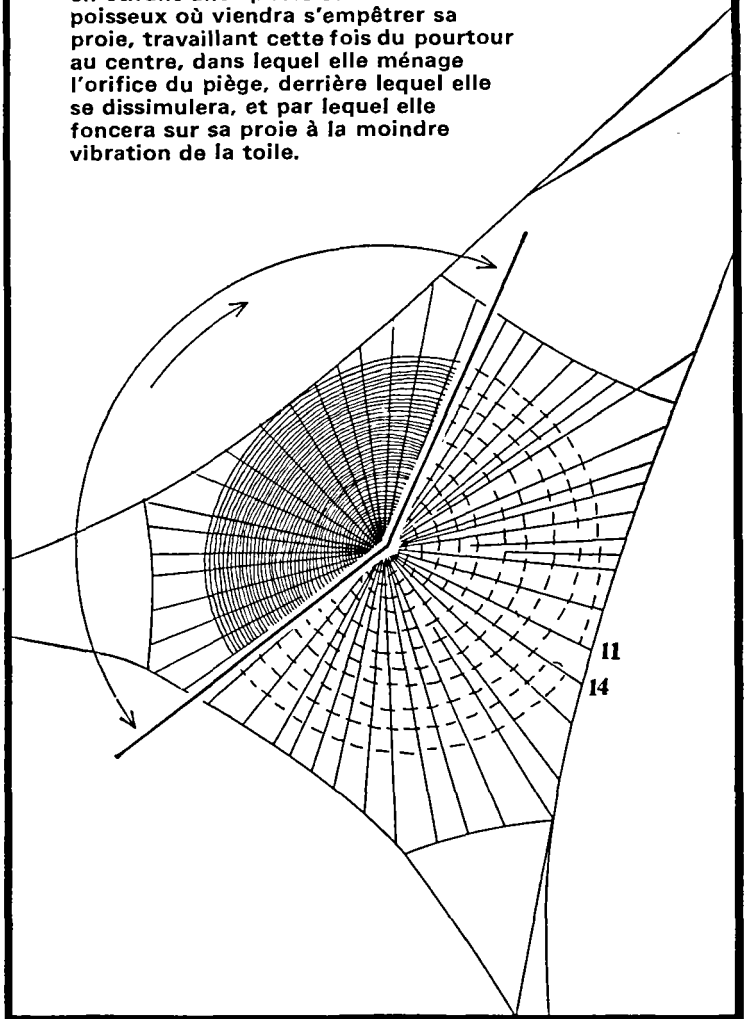
TROISIÈME ÉTAPE

5 L'araignée a mis en place son échafaudage : une spirale qui, partant du centre, se déploie vers le périmètre extérieur de la toile. Sur le "câble" 14, elle a fait demi tour pour fermer son circuit et a accroché le bout de la spirale sur le "câble" 11. Plus serrée au centre, la texture se fait plus lâche vers les bords.



QUATRIÈME ÉTAPE

6 L'araignée a terminé tout son échafaudage ; elle achève alors sa toile en étirant une spirale serrée de fil poisseux où viendra s'empêtrer sa proie, travaillant cette fois du pourtour au centre, dans lequel elle ménage l'orifice du piège, derrière lequel elle foncera sur sa proie à la moindre vibration de la toile.



lument vertical, mais incliné à environ 15°, le haut de la toile penchant du côté opposé au mien.

Je ne savais pas sur quelle face l'araignée travaillerait, mais la position la plus confortable étant pour moi de tourner le dos au soleil, Je fis toutes mes observations et tous mes croquis du côté opposé à celui où travaillait l'insecte. Ce choix se révéla excellent car il me permit, à mesure que le tissage progressait, d'observer de près la manière dont l'insecte se servait de son abdomen, de ses pattes, de ses mandibules et de ses filières.

Après avoir installé la structure centrale de sa toile, l'araignée aborda la seconde phase de son travail.

DEUXIÈME PHASE (croquis 2 à 4) : L'araignée entreprit de tisser un système complet de fils reliant le centre de la toile à ses bords.

Ces radiales supplémentaires furent installées de la même manière que les premières, à cette différence près que l'araignée commença par amarrer cha-

que nouveau fil radial au centre de la toile pour en attacher l'autre extrémité en un point choisi du cadre. L'insecte maintenait habilement l'une de ses pattes arrière dressée pour empêcher le fil libre de se prendre dans les lignes déjà tendues. Le fait qu'il avait choisi de travailler sur la face intérieure de la toile, légèrement inclinée hors du plan vertical, pouvait lui faciliter le travail, la pesanteur tendant à écarter son corps et le fil libre du plan de la toile.

Si l'on considère la séquence numérique des fils radiaux, on est frappé par le fait qu'à aucun moment, l'araignée n'a successivement fixé deux fils radiaux l'un à côté de l'autre, mais qu'elle a au contraire toujours choisi un point d'attache éloigné de celui du fil précédent, afin de maintenir l'équilibre des tensions exercées sur la toile et d'éviter ainsi toute translation de son centre.

S'il en avait été autrement, l'élasticité des fils aurait entraîné des déplacements continuels du centre de la

toile, dont le cadre polygonal aurait à son tour subi toute une série de déformations.

Dans les croquis 1 à 3, les fils du cadre structural sont représentés par des lignes droites, mais la réalité était un peu différente. A mesure que de nouveaux fils radiaux étaient fixés à ces câbles marginaux, la tension leur faisait prendre une forme plus incurvée. Pour me faciliter le travail, je conservai les lignes droites qui représentaient le cadre jusqu'à ce que tous les fils radiaux eurent été installés.

Au moment de la pose des radiales 20 et 21, le segment AB n'existait toujours pas. Après avoir installé la radiale 21, l'araignée retourna sans hésitation jusqu'au centre, remonta la radiale 20 jusqu'en A, pour refaire aussitôt le trajet en sens inverse en tissant un fil libre qui devint le segment AB, fixé au point d'intersection avec la radiale 6. Le cadre polygonal ABCDEF était ainsi fermé et l'insecte pouvait amarrer de nouvelles radiales sur AB.

SIGNATURE AVANT VERNISSAGE

Commune en Europe, l'argiope (15 à 25 mm de long) est facilement reconnaissable à son abdomen jaune vif rayé de noir. Individualiste en diable, elle signe sa toile d'un gros ruban de soie passé en zigzag entre 2 des rayons verticaux.

DES GRIFFES TOUTES NEUVES

Détail d'un dessin chinois de haute époque ? Non : mue d'une patte d'araignée. On voit, en haut, les griffes tarsi se détacher, faisant place aux nouvelles griffes. Pour atteindre le stade adulte, l'araignée subit de 5 à 10 mues au cours desquelles sa taille s'accroît régulièrement.



Photo © Jacques Six

ARAIGNÉE STRUCTURALISTE (Suite)

Crémaillère après

Il est intéressant de noter que, pendant toute cette opération de fixation sélective des fils radiaux, l'araignée ne choisit qu'une seule fois un point trop rapproché du point d'attache d'une radiale existante, en plaçant la radiale 22 à côté de la radiale 2. Dans quelques cas, l'espacement des radiales était trop grand, mais l'insecte combla par la suite ces lacunes avec des fils radiaux partiels.

L'étude de la pose des huit radiales suivantes (croquis 2) laisse penser que l'insecte a suivi une méthode de travail bien arrêtée pour que la toile garde approximativement la forme dessinée par les six premières radiales. Les lignes 8, 10 et 13 sont assez également réparties entre les points A et F, et l'espacement des radiales 7, 11 et 14 sur le segment BC est également régulier. La pose des radiales 15 à 21 corrobore aussi l'hypothèse d'une planification délibérée de cette phase de l'opération.

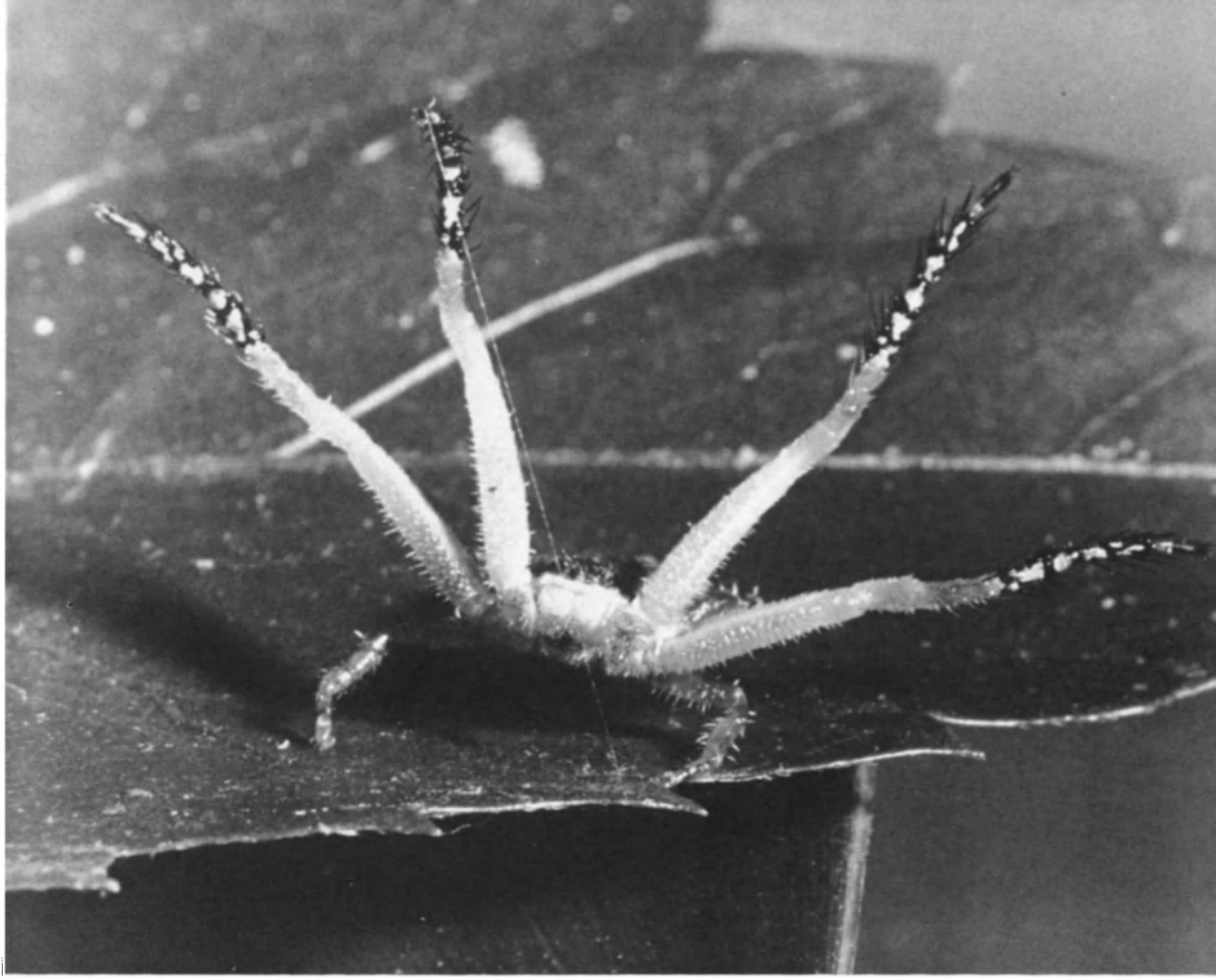
De même, le croquis trois montre que l'araignée a su préserver l'équilibre des tensions exercées sur le centre de la toile en choisissant judicieusement les points d'amarrage des fils 22 à 33. Ces nombreuses radiales placées, l'insecte aurait pu procéder avec moins de précautions, mais il continua à choisir les points d'attache des fils 34 à 44 avec soin (croquis 4).

Photo © Louis Jacques Laporte

LA COUTURIÈRE DE SINGAPOUR

L'une de ses pattes servant d'aiguille cette araignée de Singapour coud des feuilles bord à bord, passant délicatement son fil, pour y faire son nid. Après quoi, elle pourra paresser, car elle a d'autres talents : sa couleur changeant avec l'environnement, elle attend sa proie incapable de percevoir sa présence sur les végétaux.

Photo © F.G.H. Allen



démolition d'échafaudage

TROISIÈME PHASE : Après avoir installé tous les fils reliant le centre de la toile au cadre, l'araignée passa à l'opération suivante — la construction de l'échafaudage, qu'elle devait défaire après s'en être servie. Cet échafaudage consiste en une spirale tissée à partir du centre de la toile et aboutissant à son cadre (croquis 5).

Les sept premières spires étaient très rapprochées — distantes de 0,79 mm à 2,38 mm seulement. Les quatre ou cinq spires suivantes étaient distantes de 6,35 mm à 7,93 mm et l'espacement moyen des spires était 9,52 mm. Pour maintenir un espace égal entre les spires, l'araignée gardait une patte posée sur la spire qu'elle venait de tisser pendant qu'elle décrivait des cercles rapides sur la toile.

Je pus noter pendant cette phase plusieurs moments intéressants où l'araignée parut prendre des décisions. En quelques endroits où les fils radiaux, trop espacés, l'obligeaient à étirer ses pattes pour enjamber le vide, l'araignée interrompit le tissage de la spirale pour installer une radiale partielle assez longue pour atteindre le cadre extérieur et fixée à l'échafaudage.

Ces fils radiaux partiels sont désignés par X dans le croquis 5.

De même, quand l'insecte eut dévidé le fil de l'échafaudage jusqu'à l'extrémité extérieure du fil radial 14, ce qui pouvait faire croire que le travail était terminé, il fit immédiatement demi-tour et décrivit un cercle complet pour amarrer l'extrémité du fil de l'échafaudage au point de jonction de la radiale 11 avec le cadre extérieur.

C'est alors que l'araignée aborda la dernière phase de la construction de sa toile : tissage d'un fil visqueux, ou gluant, et dépose simultanée de l'échafaudage.

La toile gluante sert évidemment à capturer les insectes dont l'araignée se nourrit. Les filaments collants y réussissent si bien que les victimes, une fois prises, parviennent rarement à s'échapper. L'araignée, qui pourrait aussi être gênée par la substance gluante, sait se déplacer très agilement sur sa toile sans s'y prendre.

Pour tisser sa toile, l'araignée peut excréter du fil sec ou du fil gluant. Le fil sec sert à tous les usages, sauf la capture de la proie. Pendant les trois premières phases de la construction de la toile, le filament utilisé était toujours du type sec, non gluant. Je m'en assurai en vérifiant à de nombreuses reprises le degré d'adhésion des fils.

Les filaments peuvent cependant

prendre des formes différentes. Les filières de l'araignée lui permettent d'excréter soit un fil cylindrique et sec, formé par plusieurs filaments réunis, soit un fil de forme plus plate, semblable à un ruban.

Le fil sec comporte quelquefois une série de petite boules gluantes, Mais, c'est là une exception. Des observateurs ont noté que les filaments de ce genre sont recouverts, au moment de leur émission, d'une couche gluante qui forme ensuite une série de petites boules.

QUATRIÈME PHASE

Nous avons vu que l'araignée avait fixé l'extrémité de son échafaudage spirale au fil radial 11 après avoir fait demi-tour, à la spire précédente, à la hauteur du fil radial 14. Prévue ou non, cette inversion de sens eut son utilité car l'insecte commença sans la moindre hésitation à tisser la spirale gluante, en partant cette fois-ci de l'extérieur et non du centre de la toile.

Pour cette dernière phase de son travail (croquis 6), l'araignée disposait d'une meilleure surface d'appui que précédemment puisqu'elle pouvait poser ses pattes sur les spires du fil sec de l'échafaudage et sur les fils radiaux. Il ne faudrait pas en déduire que la spirale gluante épouse exactement la forme de l'échafaudage. Pour



LA MAISON AQUATIQUE DE L'ARAIGNÉE

Photos © Holmès-Lebel



L'argyronète est la seule araignée qui vive exclusivement dans l'eau ; elle y construit une maison où elle emmagasine l'air atmosphérique. D'abord, elle arrime quelques fils entre des plantes aquatiques, à la manière d'une charpente. Puis, nageant jusqu'à la surface de l'eau, elle fait émerger son abdomen et ses pattes postérieures vite recouverts d'une couche d'air (ci-dessus à droite). Elle plonge alors vers son futur logis, y dépose la bulle d'air recueillie, que maintient le lacis des fils tendus, et reprend son va-et-vient jusqu'à ce que sa provision d'air vital soit satisfaisante : 1 cm³ environ (ci-dessus à gauche). Elle file alors tout autour une coque de soie, dont elle ne sort que pour renouveler sa provision d'air et chasser (à gauche, une punaise au menu). Puis elle se marie et élève dans sa maison des eaux de petites araignées, complètement transparentes avant la première mue (à droite).



ARAIGNÉE STRUCTURALISTE (Suite)

chaque spire de celui-ci, l'araignée posa plusieurs spires de fil gluant.

Comme il était impossible de distinguer par la vue seule les filaments gluants des filaments secs de l'échafaudage, il me fut difficile, en prenant le croquis 6, de repérer les fils de l'échafaudage dans les parties de la toile où des fils gluants les entrecoupaient ou les doublaient.

Il me fallut attendre les derniers moments du tissage pour voir clairement que l'échafaudage avait disparu. La toile achevée, je remarquai, accrochée au centre, une boule de substance blanche que l'araignée dévora. Dans son ouvrage « *The Biology of Spiders* », (Biologie des araignées), Théodore Savory explique qu'à mesure qu'elle dévide son fil gluant, l'araignée enlève les unes après les autres les spires de l'échafaudage ; c'est ainsi que se forme la boule en question.

Différentes espèces d'araignées se reconnaissent au dessin caractéristique du centre de leur toile. Après avoir ingurgité l'échafaudage devenu inutile, *Micrathena gracilis* découpa la partie centrale de la sienne, pratiquant ainsi une ouverture par où passer d'un côté à l'autre. Le diamètre de cette ouverture était tel que l'insecte puisse la chevaucher sans difficulté de ses huit pattes.

En deux heures et demie de travail régulier, la toile était achevée, la maison prête à recevoir la propriétaire. L'araignée s'installa sur l'ouverture centrale (d'environ 12,7 mm de diamé-

tre), les pattes posées sur les fils radiaux. Elle pourrait ainsi percevoir toute vibration signalant la capture d'une proie, et en connaître le point d'impact.

L'expression « chef-d'œuvre technologique » est justifiée. L'utilisation de trois lignes structurales principales est une technique d'ingénieur fondée sur le postulat géométrique selon lequel trois points suffisent à définir, ou stabiliser un plan. De même, le triangle est la forme fondamentale utilisée en construction pour obtenir la stabilité et l'équilibre.

La division du tissage de la toile en quatre phases distinctes rappelle les méthodes utilisées pour la construction des bâtiments :

1. Construction des fondations ;
2. Mise en place de la structure du bâtiment ;
3. Edification de l'échafaudage qui permet de fermer la structure ;
4. Aménagement du bâtiment et enlèvement de l'échafaudage.

Après avoir construit sa toile, l'araignée aura d'autres problèmes technologiques, mais ceux-ci figureront sous la rubrique « entretien et réparation ».

Il était difficile, en regardant travailler l'araignée, de ne pas se poser, par-delà les questions purement techniques, des questions plus « humaines ». C'est ainsi que je m'interrogeai sur plusieurs points :

■ Pourquoi de si nombreuses toiles

avaient-elles été tissées à cet endroit précis, chaque araignée utilisant les mêmes points d'amarrage (rondins de la cabane, branche, rocher en saillie) pour suspendre sa toile au-dessus du minuscule jardin sauvage ? Les araignées peuvent-elles prendre suffisamment de recul pour observer sous tous ses aspects le site où elles envisagent de construire leur toile ?

■ Le site choisi, l'insecte est-il capable de déterminer quel rondin, quelle branche, etc., fourniront les meilleurs points d'amarrage ?

■ Après avoir tendu un fil entre l'extrémité d'un rondin déterminé et une branche distante de 1,80 m par exemple, l'araignée a-t-elle des facultés qui lui permettent de décider d'éliminer telles et telles possibilités afin de centrer la toile au-dessus du chemin, où les passages d'insectes seront les plus fréquents ?

Ces questions, comme beaucoup d'autres, demeurent sans réponse, du moins pour autant que je sache. Si je ne possède pas la clef du mystère, des années d'observation m'ont montré que d'innombrables araignées de différentes espèces ont tissé des toiles à cet endroit dans des conditions qui permettent de penser que la réponse à ces questions pourrait fort bien être affirmative.

Ce qui est certain, c'est que des problèmes de construction identiques se sont posés à une multitude d'insectes, qui les ont toujours résolus avec la même compétence. ■

QUASARS (Suite de la page 34)

Ils nous signalent donc cette naissance des galaxies qui, à son tour, nous signale un état critique de la matière de l'univers, déjà suffisamment refroidie après l'explosion initiale. L'agitation thermique devait déjà être assez affaiblie pour que la gravitation puisse accumuler les masses immenses de matière des protogalaxies, c'est-à-dire des galaxies en voie de condensation.

Il semble résulter des observations que la période de flamboiement des quasars a eu son point culminant il y a 8 ou 9 milliards d'années. Avant 9 milliards d'années, il est peu probable qu'il y ait pu avoir de nombreux quasars.

Nous vivons dans une période calme de l'univers, alors que la matière s'est déjà accumulée depuis longtemps en galaxies et en étoiles. Mais avec les radiotélescopes, nous pouvons balayer le passé et atteindre un état antérieur de l'univers, jusqu'à une époque où ce

n'était pas l'accumulation de la matière qui dominait la scène, mais le mouvement thermique.

Nous commençons à avoir accès à l'aube du monde, alors qu'il n'existait peut-être pas encore d'étoiles, mais seulement de la matière amorphe.

Les premiers résultats de cette investigation sont encore peu précis ; les données de distance et de temps nécessitent encore des contrôles et des corrections. Cette tâche sera celle des télescopes plus grands qui sont aujourd'hui en construction ou en projet. Les résultats qu'ils fourniront permettront alors aux astronomes et aux astrophysiciens de reconstituer l'histoire de notre univers.

Le premier radiotélescope a été construit il y a à peine un quart de siècle ; le premier télescope optique il y a trois siècles. L'humanité existe sur la Terre depuis un million d'années, la vie depuis un milliard d'années. Le Soleil, avec la Terre et les

planètes, est vieux de 6 à 7 milliards d'années, la galaxie dont nous faisons partie remonte à 8 à 9 milliards d'années.

L'expansion de l'univers, qu'on peut observer aujourd'hui encore, a pu commencer il y a 10 ou 12 milliards d'années. Mais à mesure qu'on remonte ainsi dans le temps, les données chronologiques, les événements qui jalonnent la préhistoire de l'univers deviennent de plus en plus incertains.

Il y a peu de temps que la science a commencé son enquête sur le passé de l'homme et de la Terre. Pour ne point s'égarer dans le labyrinthe des spéculations, pour ne pas se perdre dans les brumes de l'espace et du temps, elle a maintenant pour la guider les quasars, ces phares dont la lumière et les ondes radio voyagent vers nous depuis des milliards d'années. ■

N.D.L.R. Le texte complet de cette conférence a été diffusé par l'Université radiophonique et télévisuelle internationale, Paris, 1969.

Icônes méconnues

Au cours de l'été dernier, la première exposition au monde d'icônes melkites a été organisée à Beyrouth (Liban) au musée Nicolas Sursock; le conservateur, M. Camille Aboussouan, en a préfacé le catalogue. Il s'agit d'un ouvrage du plus haut intérêt artistique, qui rassemble les reproductions des icônes exposées, et divers essais dus à d'éminents spécialistes. Images de piété et œuvres d'art, les icônes melkites sont fort peu connues (on donne le nom de melkites aux fidèles orthodoxes et catholiques de rite byzantin dans le Proche-Orient arabe); elles ont une grammaire particulière et, sous l'influence de peintres du premier ordre, ont subi au cours des siècles une évolution originale. Ce catalogue bilingue (français-arabe) constitue un travail sans précédent (la plupart des documents iconographiques sont inédits), indispensable à ceux qui s'intéressent aux traditions de l'art des nations du Proche-Orient (Editions Musée Nicolas Sursock, Beyrouth, Liban).

L'Organisation internationale du travail prix Nobel de la Paix

Le prix Nobel de la Paix 1969 a été donné à l'Organisation internationale du travail, qui a célébré cette année son 50^e anniversaire (voir « Le Courrier de l'Unesco », juillet 1969). Le comité Nobel a défini l'OIT comme une organisation qui travaille « à assurer la stabilité des relations sociales, contribuant ainsi à sauvegarder la paix du monde », et a souligné l'œuvre importante de l'OIT en matière d'assistance technique aux pays en voie de développement. L'OIT est la troisième institution spécialisée de la famille des

Nations Unies à recevoir le prix Nobel de la Paix. Les deux précédentes étaient le Fonds des Nations Unies pour l'Enfance (1965) et le Haut Commissariat pour les Réfugiés (1955).

Le prix Kalinga 1969

Le prix Unesco-Kalinga de vulgarisation scientifique vient d'être attribué cette année à Sir Gavin de Beer (Royaume-Uni). Savant biologiste et zoologue, Sir Gavin de Beer a assumé de 1950 à 1960 la direction du British Museum of Natural History. Dans son ouvrage intitulé « The Sciences were never at War », il montre que les échanges d'idées et les relations entre savants français et britannique n'ont jamais été interrompus pendant les guerres de la Révolution et de l'Empire.

Musique de l'Afrique

On doit à Francis Bebey, musicien, musicologue et poète camerounais, un ouvrage particulièrement remarquable sur la « Musique de l'Afrique ». Au-delà des particularismes instrumentaux, des traditions locales, la musique de l'Afrique, qui n'est pas affaire de spécialistes ni de techniciens, s'affirme comme une expression de la culture africaine dans toute sa complexité, ses nuances et son unanimité. C'est à ce mode spirituel que l'auteur invite le lecteur à s'initier. L'ouvrage comporte une importante discographie qui permet d'accéder à la découverte en entendant. Des illustrations de haute qualité enrichissent ce volume, qui est accompagné d'un disque 33 tours, dont les onze pièces enregistrées donnent un échantillonnage des principaux genres. (Editions Horizons de France, Paris, 1969. Prix : 46 F.)

LECTURES

- **Nouveaux Dieux de l'Afrique**
par J.-C. Froelich
Editions de l'Orante, Paris, 1969.
Prix : 7,50 F.
- **Groupes et sociétés**
par Michel Cornaton
Editions Privat, Paris, 1969.
Prix : 14,50 F.
- **Le Génie de l'Occident**
par Louis Rougier
Editions Robert Laffont, Paris, 1969.
Prix : 22 F.
- **Photomicrographie**
Photographie au microscope
par Gérard Betton
Publications Photo-Revue. Prix : 26 F.
- **Guide agricole Philips 1970**
sous la direction de Philippe Casse
Publication Philips, Paris, 1969.
Prix : 7 F.
- **Rendez-vous 1980**
La science et la technique
au secours du tiers monde
par Pierre Rondière
Editions Payot, Paris, 1968.
Prix : 7,50 F.
- **Les Grands Thèmes du marxisme**
par Walter Theimer
traduit de l'allemand
par André Decamps
Editions du Centurion, Paris, 1969.
Prix : 15 F.

Pour le livre en Asie

Un Centre pour la promotion de l'édition en Asie a été créé à Tokyo (Japon) par l'Association des Editeurs Japonais, avec l'aide de la Commission nationale japonaise pour l'Unesco. Il sera chargé de faire des recherches sur l'édition d'ouvrages techniques, et assurera des cours de formation pour l'édition en Asie (fabrication et formules nouvelles). L'Unesco contribue aux cours destinés à former des spécialistes de 18 pays en assurant 36 000 dollars.

En bref...

- Selon la Fédération routière britannique, la circulation devient de plus en plus difficile en Grande-Bretagne, où l'on compte soixante véhicules par kilomètre et demi de routes, et où le trafic routier s'accroît plus rapidement que dans les autres pays industrialisés.
- La population de l'Inde (plus de 520 millions l'année dernière) augmente chaque année de 13 millions de personnes, si bien qu'une personne sur sept dans le monde est citoyen de l'Inde.
- A Venise, une université internationale d'art ouvrira ses portes d'ici un an.
- Un second centre de recherche sur la pollution atmosphérique vient d'être créé en France, près de Toulouse. Le premier est installé près de Paris.
- En 1970, pendant l'Année européenne pour la conservation de la nature, l'Autriche va inaugurer son premier parc national étendu sur des sites très variés d'une superficie de 1 300 kilomètres carrés.



IVAN KOTLYAREVSKY
Poète ukrainien
(1769-1838)

Le 200^e anniversaire de la naissance du poète ukrainien, Ivan Kotlyarevsky a été célébré en septembre dernier au Théâtre Bolchoï, à Moscou, et dans toute l'U.R.S.S. Ivan Kotlyarevsky a joué un rôle de premier plan dans la littérature et la culture ukrainiennes. Auteur du premier drame musical ukrainien « Natalka de Poltava », traducteur de La Fontaine en ukrainien, d'œuvres des littératures grecque et latine en russe, il dut la gloire à une création bien personnelle, « l'Enéide travestie », poème où la sensibilité, le comique et le réalisme colorent la critique du despotisme tsariste comme l'évocation des libres paysans et des Cosaques de l'Ukraine. Chez Kotlyarevsky, les dieux de l'Olympe sont ukrainiens, parlent, mangent, se battent en Ukrainiens. L'humour original et l'ironie philosophique du poète donnent toute sa gravité à une « mise en question » que les années n'ont pas vieillie. Enfin, cette Enéide est un immense conservatoire de l'invention linguistique ukrainienne, où jaillissent pour se renouveler sans cesse des mots si savoureux que peu de traducteurs ont osé risquer l'aventure. Avec Kotlyarevsky, le parler populaire ukrainien est devenu langue littéraire.

INDEX DU COURRIER DE L'UNESCO 1969

Janvier

NOTRE PLANÈTE DEVIENT-ELLE INHABITABLE ? (M. Batisse). Biosphère (R. Dubos). Bête méconnue (J. Dorst). L'homme contre la nature (F.F. Darling). Pollution des eaux. Programme Unesco 1969-1970. Trésors d'art : Repos sous l'arbre (U.R.S.S.).

Février

CULTURES DE L'ASIE CENTRALE ET DE L'HIMALAYA. Civilisation des Kouchans (B. Gafourov). Sculpteurs kouchans. Art de l'Himalaya (M. Singh). Vie mystique. Ballet philippin. Tremblement de terre au Khorassan (R. Keating). Trésors d'art : Adolescent d'Etrurie (Italie).

Mars

NOUVELLES NOURRITURES (G. Gregory). L'Inde va se suffire à elle-même. Algues et steak. Berceaux de la mer (W. Marx). Formes de la nature (A. Feininger). Cuisine synthétique (A. Nesmeyanov et V. Belikov). Communiquer sur la Lune (G. Phélizon). Trésors d'art : Nasreddin Hodja (Turquie).

Avril

JEUNESSE 1969 : Jeunesse dans le monde (enquête Unesco). Jeunesse en colère (M. Hicter). Refus et enthousiasme (A. Gorbowski). Jeunesse tridimensionnelle (E. Naraghi). Trésors d'art : Chasse fantastique (Iran).

Mai

LES ARTS ET LA VIE (d'Arcy Hayman). Art artisanal (K. Chattopadhyay). Poulies africaines (F. N'Diaye). Outil, œuvre d'art (B. Fabritsky et I. Chmelyov). Aventure des formes. Rythmes et création. Imagerie populaire au Brésil. Trésors d'art : Homme du passé (Mexique).

Juin

GLACIERS EN MARCHÉ. Continents sous la mer (D. Behrman). Visage caché de la planète (carte). Flotte pour aquanautes. Caprices des glaciers (G. Avsiouk et V. Kotiliakov). Séisme en Alaska. Musique d'Orient (Trân Van Khê). Trésors d'art : Divinité (Danemark).

Juillet

UN MILLIARD ET DEMI DE TRAVAILLEURS. L'Organisation internationale du travail (G. Pompei). Programme mondial de l'emploi

(D. Morse). Participation. Sécurité et hygiène. La gestion (J. de Givry). La femme au travail (P. Sartin). Migrations internationales (P. Kuin). Chômage ou exil ? (S. Parmar). Trésors d'art : Centaure (Hongrie).

Août-Septembre

VINGT ET UN ANS DU « COURRIER DE L'UNESCO » (Anthologie). Terriens à l'ère cosmique (Lord Ritchie-Calder). Antonio Arango (G. Nannetti). Les forêts nourricières (K. Oedekoven). Le péril des volcans éteints (H. Tazieff). Salerne, cité internationale du Moyen Age (R. Luzzato). Les gardiens de Nemrud Dagh. Antarctique (G. Wendt). Ile de Pâques (A. Métraux). Les Galapagos et l'évolution (J. Dorst). L'héritage du Bounty (H. Shapiro). Les voies du Bouddha (A. de Silva). Demain, les étoiles (A. Clarke). Premiers pas dans l'espace (A. Leonov). Langues africaines (P. Diagne). L'océan en danger (N. Gorsky). Cerveaux oubliés (R. Maheu). Avicenne (C. Aboussouan). Calculs d'un savant (L. Pauling). Des fourmis et des hommes (Sir James Gray). Varsovie reconstruite (J. Hryniewiecki). Images toutes faites (O. Klineberg). Le nombril du monde (M. G.S. Hodgson). La science au secours de l'art (H. Plenderleith). L'eau du monde (M. Batisse). Rousseau (C. Lévi-Strauss). L'Afrique et son passé (B. Davidson). Japon (S. Noma). Dialogues interdits (L. Nkosi). Le chameau, fable et réalité (B. et K. Schmidt-Nielsen). La route des Incas (J. Carrera Andrade). Le Don Quichotte de la radio (D. Behrman). Le sinanthrope chez l'apothicaire (G. Koenigswald). Les pierres meurent aussi (R. Sneyers). Trésors d'art : Masque (Nubie).

Octobre

GANDHI (R. Rao). Vie exemplaire (O. Lacombe). Pèlerin de la non-violence (R. Habachi). Martin Luther King. Révolution sans armes (H. Kabir). Réflexions (K. Jaspers). Étudiants et politique (M. Adiseshiah). Propos sur l'éducation. Trésors d'art : Bronze (Tchécoslovaquie).

Novembre

MONGOLIE (K. Facknitz et L. Kostikov). Erasme (J.C. Margolin). Mongolie et Nations Unies. Naissance de la civilisation (P.P. De-loung et H. Kantor). Poteries d'Iran. Les hommes meurent plus tôt que les femmes (B. Uralis). Musée au lycée (P. Almsy). Cartes de l'Unicef. Trésors d'art : Dieu viking (Suède).

Décembre

IMAGES DES VIBRATIONS (H. Jenny). Les quasars, ces inconnus (G. Marx). Les perspectives de la cymatique. L'araignée structuraliste (B. Dugdale). Trésors d'art : Joaillerie carthaginoise (Tunisie).

Pour vous abonner, vous réabonner et commander d'autres publications de l'Unesco

Vous pouvez commander les publications de l'Unesco chez tous les libraires ou en vous adressant directement à l'agent général (voir liste ci-dessous). Vous pouvez vous procurer, sur simple demande, les noms des agents généraux non inclus dans la liste. Les paiements peuvent être effectués dans la monnaie du pays. Les prix de l'abonnement annuel au « COURRIER DE L'UNESCO » sont mentionnés entre parenthèses, après les adresses des agents.

★

ALBANIE. N. Sh. Botimeve, Naim Frasheri, Tirana. — **ALGÉRIE.** Institut Pédagogique National, 11, rue Ali-Haddad, Alger. Société nationale d'édition et de diffusion (SNED), 3, bd Zirout-Youcef, Alger. — **ALLEMAGNE.** Toutes les publications : R. Oldenbourg Verlag, Unesco-Vertrieb für Deutschland, Rosenheimerstrasse 145, Munich 8. Unesco Kurier (Edition allemande seulement) Bahrenfelder Chaussee 160, Hamburg-Bahrenfeld, CCP 276650 DM 12). — **AUTRICHE.** Verlag Georg Fromme et C^o, Spengergasse 39, Vienne V. (AS 82). — **BELGIQUE.** Toutes les publications : Éditions « Labor », 342, rue Royale, Bruxelles 3. Presse Universitaires de Bruxelles, 42 av. Paul Héger, Bruxelles 5. Standaard. Wetenschappelijke Uitgeverij, Belgique 147, Antwerpen 1. Seulement pour « le Courrier » (170 FB) et les diapositives (488 FB) : Jean de Lannoy, 112, rue du Trône, Bruxelles 5. CCP 3 380 00. — **BRÉSIL.** Librairie de la Fundação Getulio Vargas, Caixa Postal 4081-ZC-05, Rio de Janeiro, Guanabara. — **BULGARIE.** Raznoiznos 1, Tzar Assen, Sofia. — **CAMBODGE.** Librairie Albert Portail, 14, avenue Bouloche, Phnom Penh. — **CAMEROUN.** Papeterie Moderne, Maller & Cie, B. P. 495, Yaoundé. — **CANADA.** Imprimeur de la Reine, Ottawa, Ont. (S 4.00). — **CHILI.** Toutes les publications : Editorial Universitaria S.A., casilla 10220, Santiago. « Le Courrier » seulement : Comisión Nacional de la Unesco, Mac-Iver 764, dpto. 63, Santiago (E). — **REP. DEM. DU CONGO.** La Librairie, Institut politique congolais, B. P. 23-07, Kinshasa. Commission nationale de la République démocratique du Congo pour l'Unesco, Ministère de l'Éducation Nationale, Kinshasa. — **COTE-D'IVOIRE.** Centre d'Édition et de Diffusion Africaines, Boite Postale 4541, Abidjan-Plateau. — **DANEMARK.** Ejnar Munksgaard Ltd, 6, Norregade 1165 Copenhague K (D Kr. 19). — **ESPAGNE.** Toutes les publications : Librería Científica Medina-celi, Duque de Medinaceli 4, Madrid, 14. Pour « le

Courrier de l'Unesco » : Ediciones Iberoamericanas, S.A., calle de Oñate 15 Madrid. (Pts 180). Ediciones Liber, Apartado de correos, 17, Ondárroa (Vizcaya). — **ÉTATS-UNIS.** Unesco Publications Center, P.O. Box 433, New York N.Y. 10016 (\$ 5) — **FINLANDE.** Akateeminen Kirjakauppa, 2, Keskuskatu, Helsinki. (Fmk 11,90). — **FRANCE.** Librairie Unesco, Place de Fontenoy, Paris. C.C.P. 12.598.48. (F. 12). — **GRÈCE.** Librairie H. Kauffmann, 28, rue du Stade, Athènes. — Librairie Eleftheroudakis, Nikkis, 4, Athènes. — **HAÏTI.** Librairie « A la Caravelle », 36, rue Roux, B.P. 111, Port-au-Prince. — **HONGRIE.** Akadémiai Könyvesbolt, Váci U 22, Budapest V., A.K.V. Könyvtársok Boltja, Budapest VI. Népkoztársaság U. 16. — **ILE MAURICE.** Nalanda Co. Ltd., 30, Bourbon Str. Port-Louis. — **INDE.** Orient Longmans Ltd., 17 Chittaranjan Avenue, Calcutta 13. Nicol Road, Ballard Estate, Bombay 1; 36a, Mount Road, Madras 2. Kanson House, 3/5 Asaf Ali Road, P.O. Box 386, Nouvelle-Delhi 1. Indian National Commission for Unesco, acc. The Librarian Ministry of Education, "C" Wing, Room 214, Shastri Bhawan, Nouvelle-Delhi 1. Oxford Book and Stationery Co., 17 Park Street, Calcutta 16. Scindia House, Nouvelle-Delhi. (R. 13.50) — **IRAN.** Commission nationale iranienne pour l'Unesco, 1/154, Av. Roosevelt, B.P. 1533, Téhéran. — **IRLANDE.** The National Press, 2 Wellington Road, Ballsbridge, Dublin 4. — **ISRAËL.** Emanuel Brown, formerly Blumstein's Bookstore; 35, Allenby Road and 48, Nahlat Benjamin Street, Tel-Aviv. L. 12,50 — **ITALIE.** Toutes les publications : Libreria Commissionaria Sansoni, via Lamarmora, 45. Casella Postale 552, 50121 Florence, et, sauf pour les périodiques : Libreria Zanichelli, Piazza Galvani 1/h. Milan; Hoepli, via Ulrico Hoepli, 5, Rome; Libreria Internazionale Rizzoli, Galleria Colonna, Largo Chigi, Diffusione Edizioni Anglo-Americane, 28, via Lima, 00198, Rome. Turin: Librairie Française, Piazza Castello 9. — **JAPON.** Maruzen Co Ltd, P.O. Box 5050, Tokyo International, 100 31. — **LIBAN.** Librairie Antoine, A. Naulaf et Frères, B. P. 656, Beyrouth. — **LUXEMBOURG.** Librairie Paul Bruck, 22, Grand'Rue, Luxembourg. (170 F. L.). — **MADAGASCAR.** Toutes les publications : Commission nationale de la République malgache, Ministère de l'Éducation nationale, Tananarive. « Le Courrier » seulement : Service des œuvres post et périscolaires, Ministère de l'Éducation nationale, Tananarive. — **MALI.** Librairie Populaire du Mali, B. P. 28, Bamako. — **MAROC.** Librairie « Aux belles images », 281, avenue Mohammed-V, Rabat. CCP 68-74. « Courrier de l'Unesco » : Pour les membres du corps ensei-

gnant : Commission nationale marocaine pour l'Unesco 20 Zenka Mourabatine, Rabat (C.C.P. 324.45). — **MARTINIQUE.** Librairie I. Bocage, rue Lavoisier, B.P. 208, Fort-de-France — **MEXIQUE.** Editorial Hermes Ignacio Mariscal 41, Mexico D. F., Mexique (Ps. 30). — **MONACO.** British Library, 30, bd des Moulins, Monte-Carlo — **MOZAMBIQUE.** Salema & Carvalho Ltda., Caixa Postal 192, Beira. — **NORVÈGE.** Toutes les publications : A.S. Bokhjørnet, Akersgt 41 Oslo 1. Pour « le Courrier » seulement : A.S. Narvesnes, Litteraturjeneste Box 6125 Oslo 6. — **NOUVELLE-CALÉDONIE.** Reprex. Av. de la Victoire, Immeuble Paimboc, Nouméa. — **PAYS-BAS.** N.V. Martinus Nijhoff Lange Voorhout 9, La Haye (fl. 10). — **POLOGNE.** Toutes les publications : ORWN PAN. Pałac Kultury, Varsovie. Pour les périodiques seulement : « RUC » ul. Wronia 23 Varsovie 10. — **PORTUGAL.** Dias & Andrade Lda, Livraria Portugal, Rua do Carmo, 70, Lisbonne. — **RÉPUBLIQUE ARABE UNIE.** Librairie Kasr El Nil 3, rue Kasr El Nil, Le Caire, Sous-agent : la Renaissance d'Égypte, 9 Tr. Adly Pasha, Le Caire. — **ROUMANIE.** Cartumex, P.O.B. 134-135, 126 Calea Victoriei, Bucarest. — **ROYAUME-UNI.** H.M. Stationery Office, P.O. Box 569, Londres SE1. (20/-). — **SÉNÉGAL.** La Maison du livre, 13, av. Roume, B.P. 20-60, Dakar. — **SUÈDE.** Toutes les publications : A/BCE. Fritzes, Kungl. Hovbokhandel, Fredsgatan 2, Box 16356, 10327 Stockholm, 16. Pour « le Courrier » seulement : svenska FN - Forbundet, Vasagatan 15, IV 10123 Stockholm 1 - Postigoro 184629 (Kr. 18) — **SUISSE.** Toutes les publications : Europa Verlag, 5, Ramisstrasse, Zurich. C.C.P. Zurich VIII 23383. Payot, 6, rue Grenus 1211 Genève, 11 C.C.P. 1-236. Pour « le Courrier » seulement : Georges Losmaz, 1, rue des Vieux - Grenadiers, Genève, C. C. P. 12-4811 (FS. 12). — **SYRIE.** Librairie Sayegh Immeuble Diab, rue du Parlement, B.P. 704, Damas. — **TCHÉCOSLOVAQUIE.** S.N.T.L., Spalena 51, Prague 2. (Exposition permanente); Zahranicni Literatura, 11 Soukenicka, 4, Prague 1. — **TUNISIE.** Société tunisienne de diffusion, 5, avenue de Carthage, Tunis — **TURQUIE.** Librairie Hachette, 469, Istiklal Caddesi, Beyoglu, Istanbul. U.R.S.S. Mezhdunarodnaja Kniga, Moscou. G-200. — **URUGUAY.** Editorial Losada Uruguayo, SA. Librería Losada, Maldonado, 1092, Colonia 1340, Montevideo. — **VIETNAM.** Librairie Papeterie Xuan Thu, 185, 193, rue Tu-Do, B.P. 283, Saigon. — **YUGOSLAVIE.** Jugoslovenska-Knjiga, Terazije 27, Belgrade-Drzavna Zaluzba Slovenije, Mestni Trg. 26, Ljubljana.



LE COLLIER DE L'ARAIGNE

Depuis des millénaires, l'homme a observé l'araignée tissant sa toile mais voici qu'un ingénieur, spécialiste des structures fonctionnelles, a étudié d'étape en étape le processus remarquable de l'édification géométrique de ce chef-d'œuvre du monde animal (voir page 35).

Photo © A. Marconato