



FORMES ÉLÉMENTAIRES

**mouvements
et géométries
de la pensée**

FORMES ÉLÉMENTAIRES

mouvements et géométries de la pensée

du jeudi 10 octobre au dimanche 01 décembre 2013
Vernissage le jeudi 10 octobre - 19h

EXPOSITION - CATALOGUE

ARTISTES COMMISSAIRES

Norbert GODON, Sophie POUILLE

ARTISTES

Laurent DEROBERT, Yona FRIEDMAN, Jiri KORNATOVSKY,
Joanie LEMERCIER, Igor PETROFF,
Jérôme PIERRE, Antoine SCHMITT

COMPOSITEURS

Gregory BELLER, Grégoire LORIEUX

COSMOLOGUES ET ASTRONOMES

Aurélien BARRAU, Jean-Pierre LUMINET

HISTORIEN DE L'ART

Léon CLÉRIBERT

MATHÉMATIENS

Vincent BORRELLI, Jérôme DUBOIS, Yacine DYAMA,
Richard GRIFFON, Kenji IOHARA, Christian MERCAT, Cédric VILLANI

PHILOSOPHE

Jean-Clet MARTIN

PHYSICIENS

Michaël BERHANU, Florence ELIAS, Annemiek CORNELISSEN,
Eric FALCON, Timothée JAMIN, Simon MERMINOD

PSYCHIATRE

Adrien ALTOBELLI (Conférence lors du vernissage)

CONTACT

formeselementaires@gmail.com

NORBERT GODON

06 66 86 02 42

SOPHIE PUILLE

06 21 24 83 26

COMMUNICATION

ARTMOBILE & CO

ALEXANDRA DE BOUHELLIER

06 83 16 85 76

SALLE D'EXPOSITION

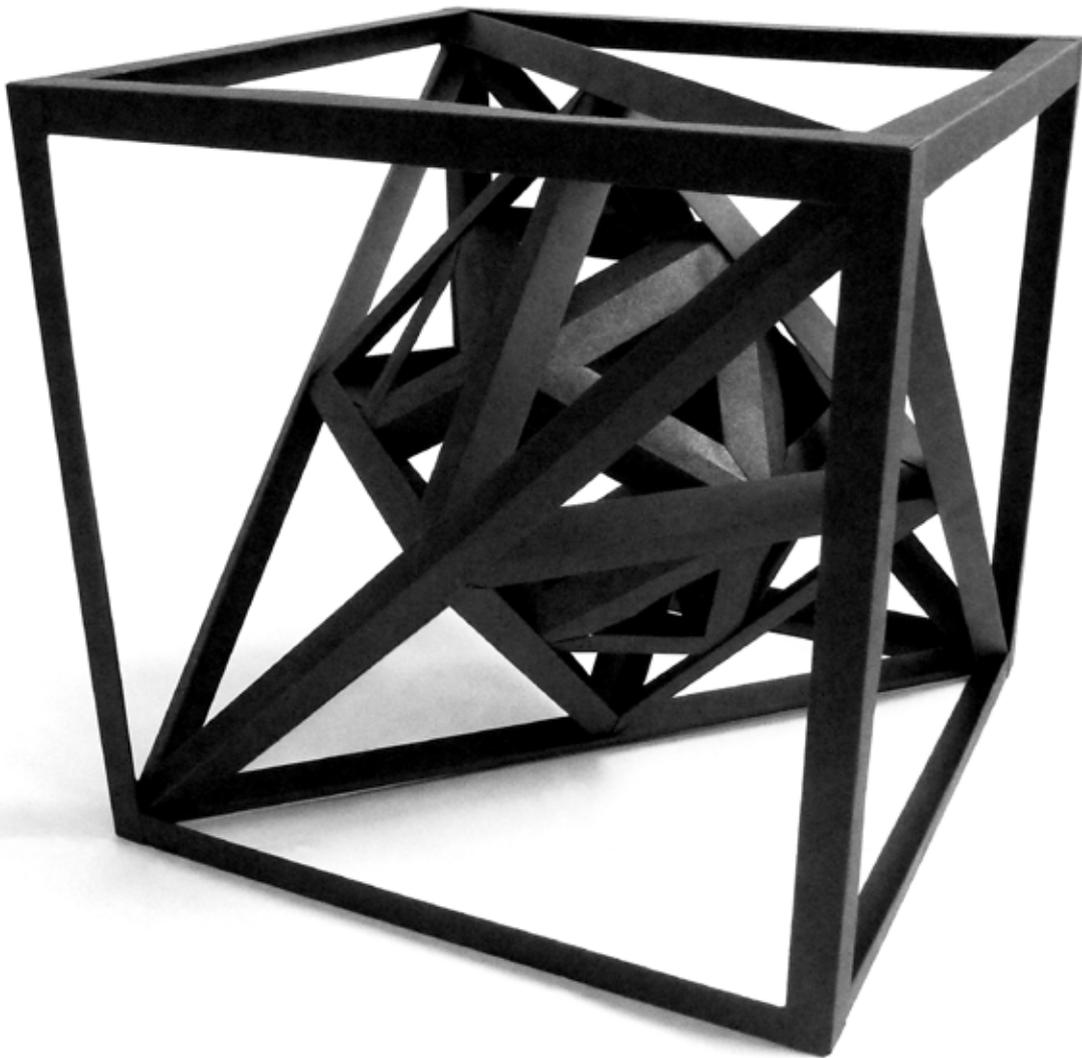
Place Pierre Bérégovoy
(quartier Villaroy), Guyancourt.
Mercredi et samedi: 10h-12h / 14h-18h.
Mardi et Vendredi: 16h-19h.
Dimanche: 10h-13h.
Entrée par la Médiathèque,
exceptée le soir du vernissage

- - -

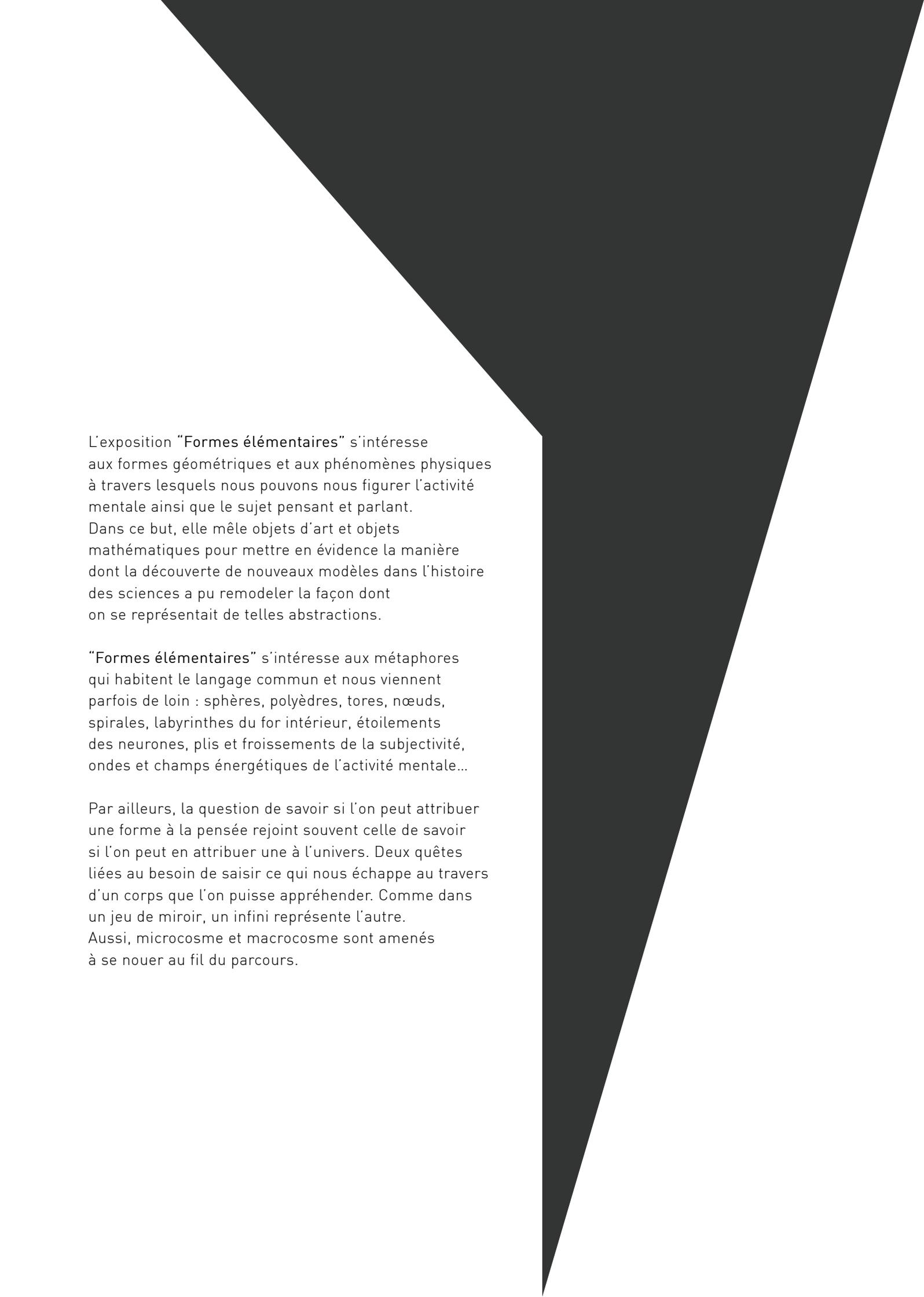
Dans le Cadre de l'exposition "Formes élémentaires"
Exposition "**Variations**" Sophie Pouille
Du 26 septembre au 6 novembre 2013

MEZZANINE DE L'HÔTEL DE VILLE

14, rue Ambroise Croizat, Guyancourt.
Lundi, mardi, mercredi, vendredi: 8h30-12h / 13h30-17h
Jeudi: 13h-20h. Samedi: 9h-12h.



Polyèdres réguliers, Kenji Iohara, 2013, 37,5 x 37,5 x 37,5 cm



L'exposition "Formes élémentaires" s'intéresse aux formes géométriques et aux phénomènes physiques à travers lesquels nous pouvons nous figurer l'activité mentale ainsi que le sujet pensant et parlant. Dans ce but, elle mêle objets d'art et objets mathématiques pour mettre en évidence la manière dont la découverte de nouveaux modèles dans l'histoire des sciences a pu remodeler la façon dont on se représentait de telles abstractions.

"Formes élémentaires" s'intéresse aux métaphores qui habitent le langage commun et nous viennent parfois de loin : sphères, polyèdres, tores, nœuds, spirales, labyrinthes du for intérieur, étoilements des neurones, plis et froissements de la subjectivité, ondes et champs énergétiques de l'activité mentale...

Par ailleurs, la question de savoir si l'on peut attribuer une forme à la pensée rejoint souvent celle de savoir si l'on peut en attribuer une à l'univers. Deux quêtes liées au besoin de saisir ce qui nous échappe au travers d'un corps que l'on puisse appréhender. Comme dans un jeu de miroir, un infini représente l'autre. Aussi, microcosme et macrocosme sont amenés à se nouer au fil du parcours.

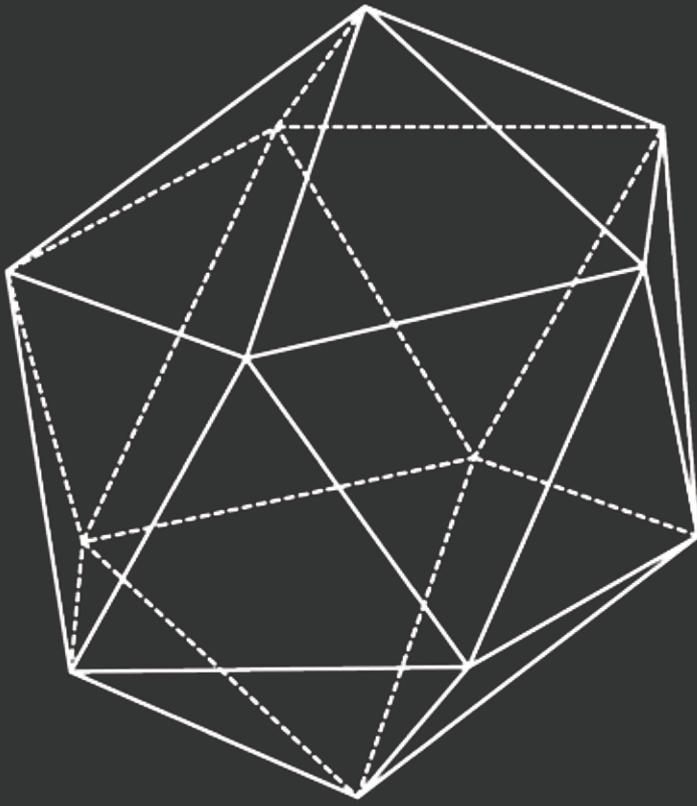
“Formes élémentaires” rend compte de quelques tentatives menées pour rendre sensibles les structures dynamiques de la pensée, les circuits du raisonnement, les raccourcis de l’intuition, ou encore pour attribuer un contour aux émotions. Images ou volumes, tous réfléchissent les formes à travers lesquelles nous nous figurons les mouvements de nos réflexions ou de nos sentiments.

Présentées dans toute leur étrangeté, les formes qui jalonnent l’exposition ont pour ambition d’échapper à l’apparente clarté d’un énoncé bien articulé. Nous tenant à distance, elles sont une invitation à réfléchir sur les images au travers desquelles notre activité mentale est elle-même censée se réfléchir.

Les modèles mathématiques sont pourvoyeurs d’analogies. La référence aux mathématiques constitue le pivot de cette exposition, en ce qu’elle procède par définition d’un travail d’abstraction, proposant des modèles descriptifs hors de tout ancrage réel et par conséquent, potentiellement applicables à la description de phénomènes sans rapports. Des figures employées pour décrire le monde physique peuvent ainsi être appliquées à la description de manifestations psychologiques : preuve de la constance des structures universelles à toutes les échelles, voire confirmation de la théorie pythagoricienne de l’harmonie cosmique ; ou simple projection de l’esprit sur les modèles simplifiés qu’il conçoit pour appréhender le monde sensible. “Formes élémentaires” propose ainsi pour partie d’envisager les correspondances entre macrocosme et microcosme qui ont alimenté les réflexions des philosophes holistes, vitalistes ou panpsychistes en laissant la question ouverte.



Nœuds triviaux, Norbert Godon, 2013, 30 x 40 x 40 cm



“Formes élémentaires” propose une déambulation sur le principe du labyrinthe ouvert. Sans imposer un parcours directif, l’exposition espère faciliter le va-et-vient des analogies. La possible représentation des structures dynamiques de l’esprit servent de fil rouge dans le méandre des correspondances formelles. Les objets peuvent être simultanément envisagés selon différents points de vue, n’étant pas tous destinés à figurer la structure ou l’activité de l’esprit.

Dessins, sculptures, projections, assemblages et installations multimédias associés à des reproductions de documents tendent à replacer dans son histoire la volonté de décrire les mouvements de l’esprit au moyen de figures géométriques.

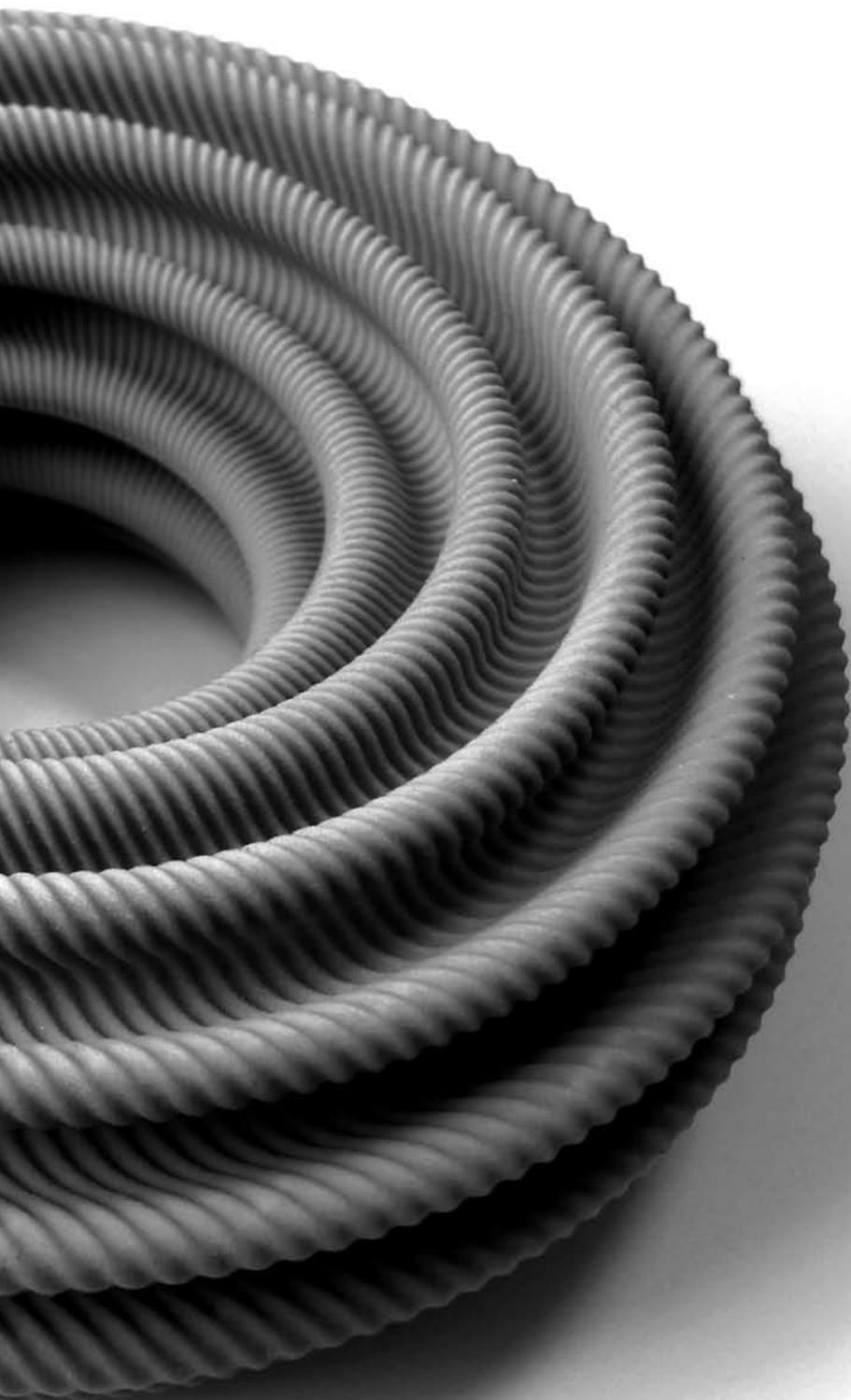
Le parcours évoque les entreprises menées pour réifier la pensée ou en représenter les structures, la volonté de mettre à jour les rouages de l’esprit qu’encouragea notamment l’évolution de la neurologie, l’invention de la psychanalyse et le développement des techniques de l’image à la fin du dix-neuvième siècle. La topologie et les géométries non-euclidiennes occupent également une place de choix, ayant été très tôt investies par les sciences humaines pour décrire les systèmes complexes de la pensée ou les relations entre individus.

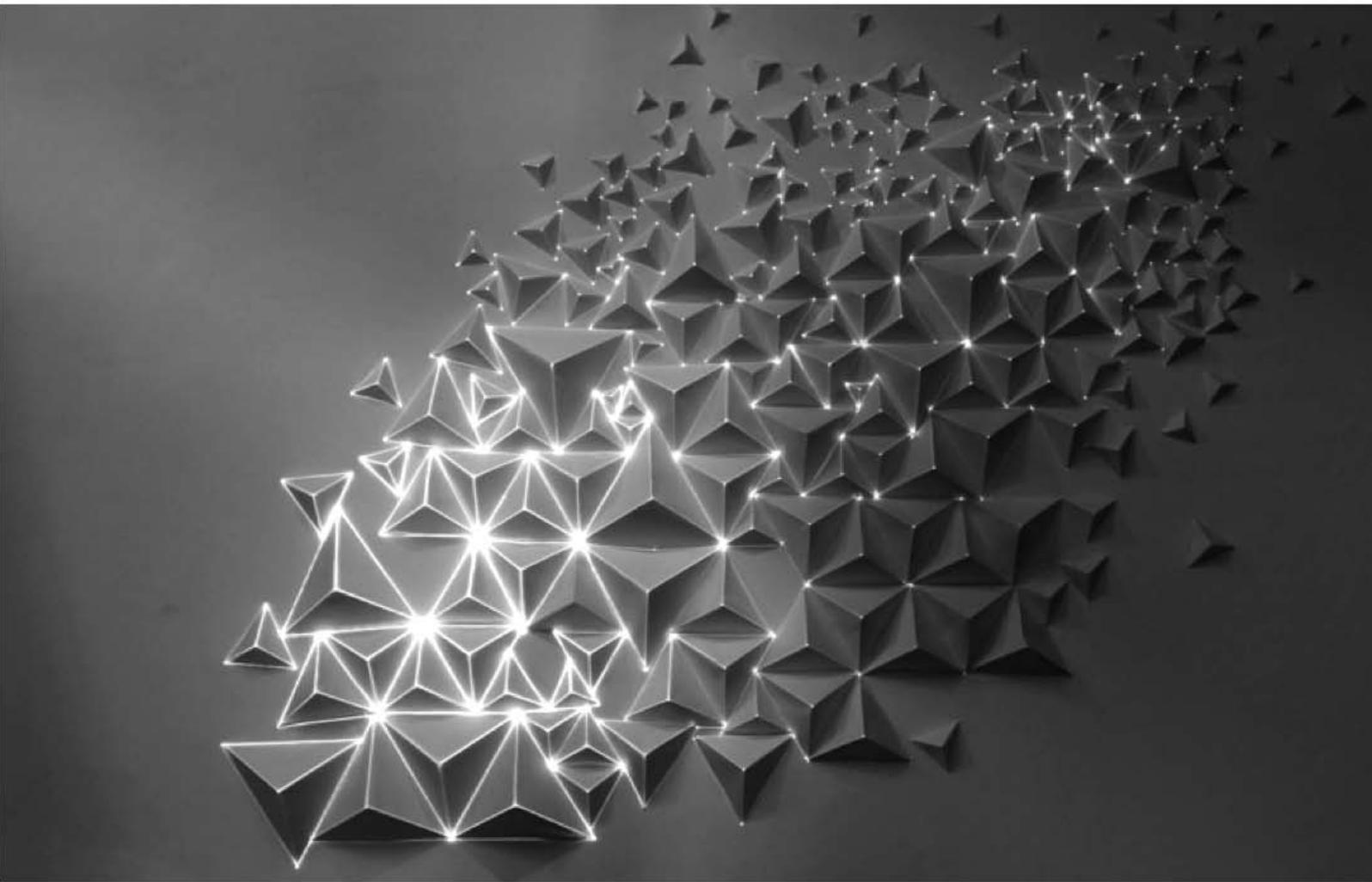


Méditation, Jiri Kornatovsky, 2011, 160 x 120 cm



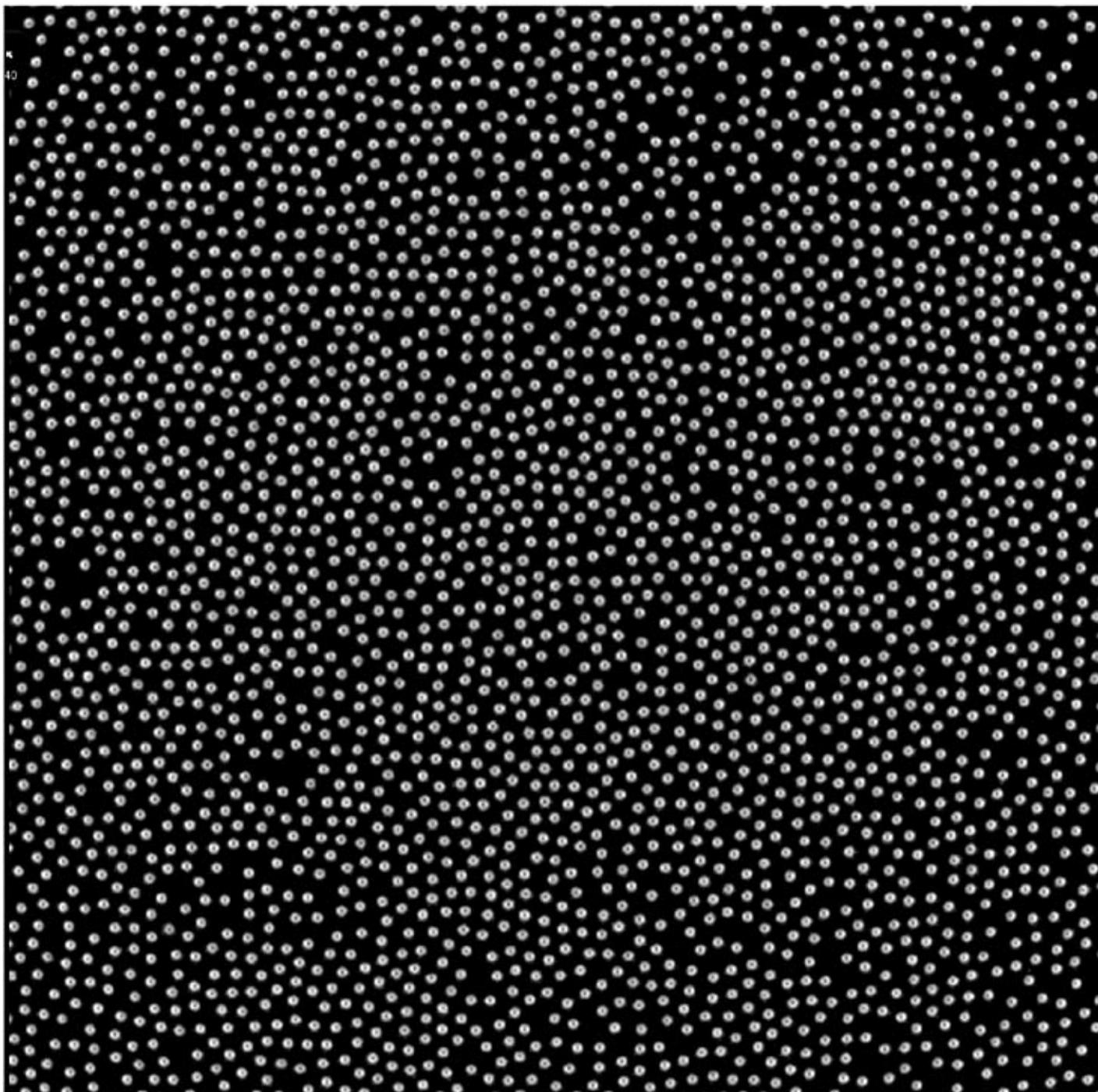


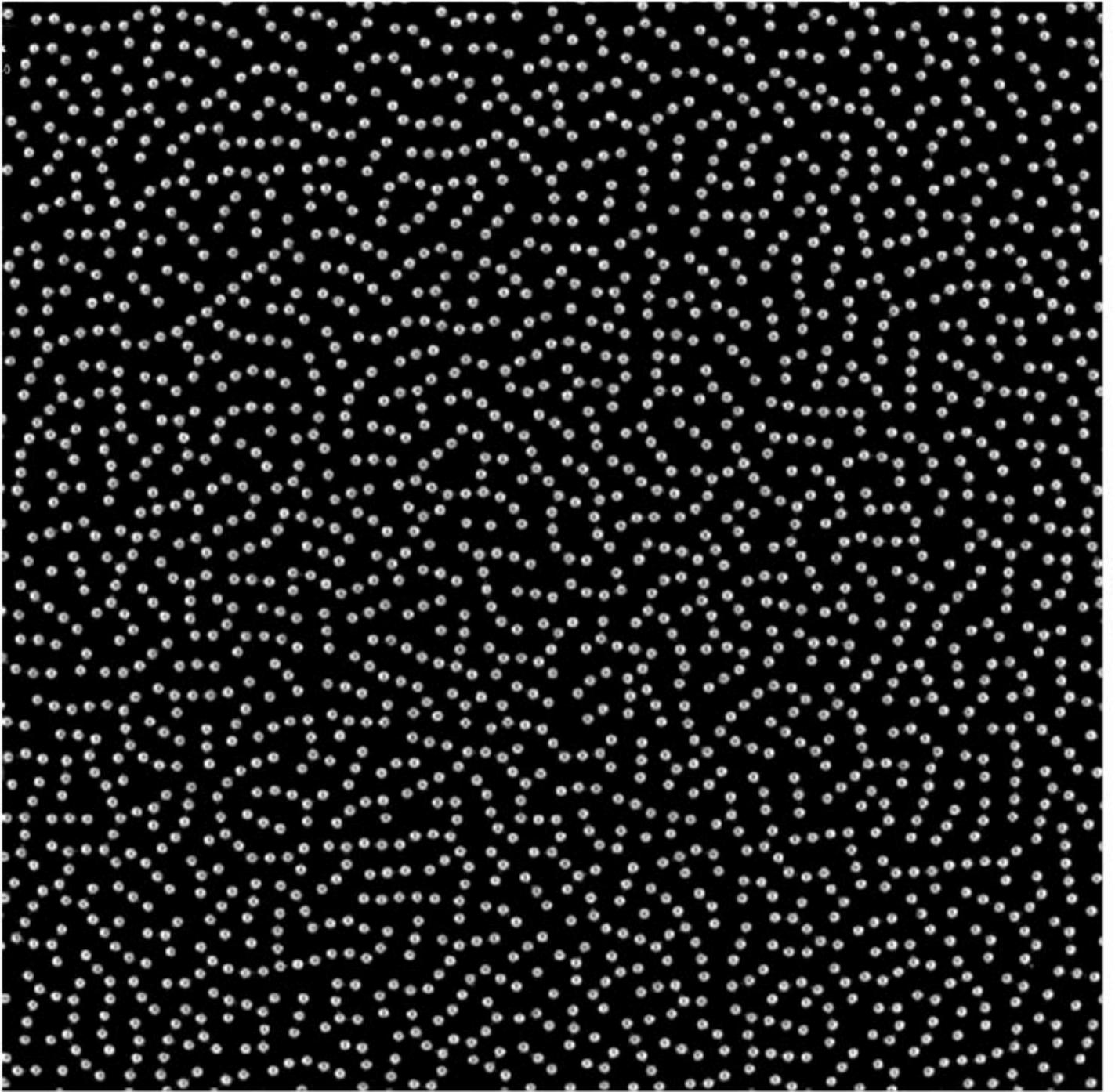




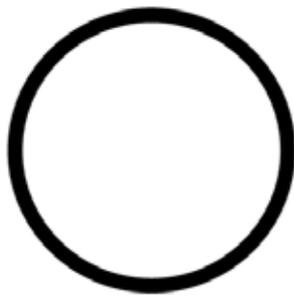


Prémices, Sophie Pouille, 2013, 100 x100 cm









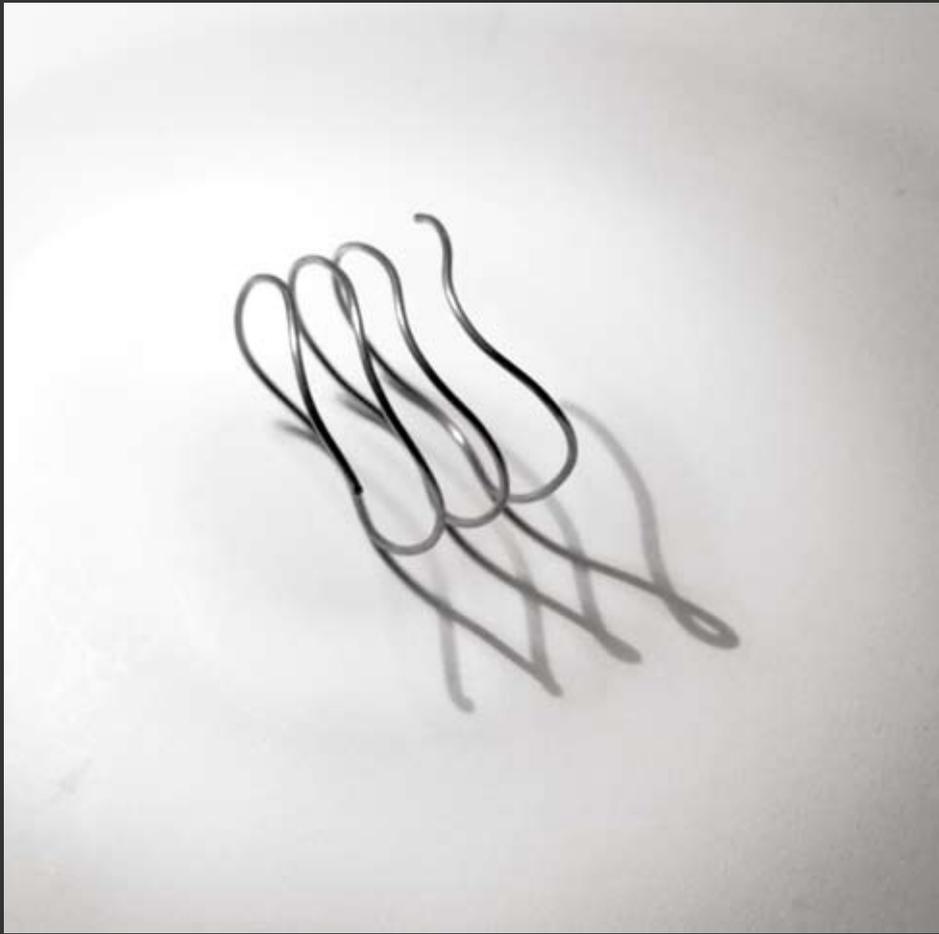
Nœud trivial



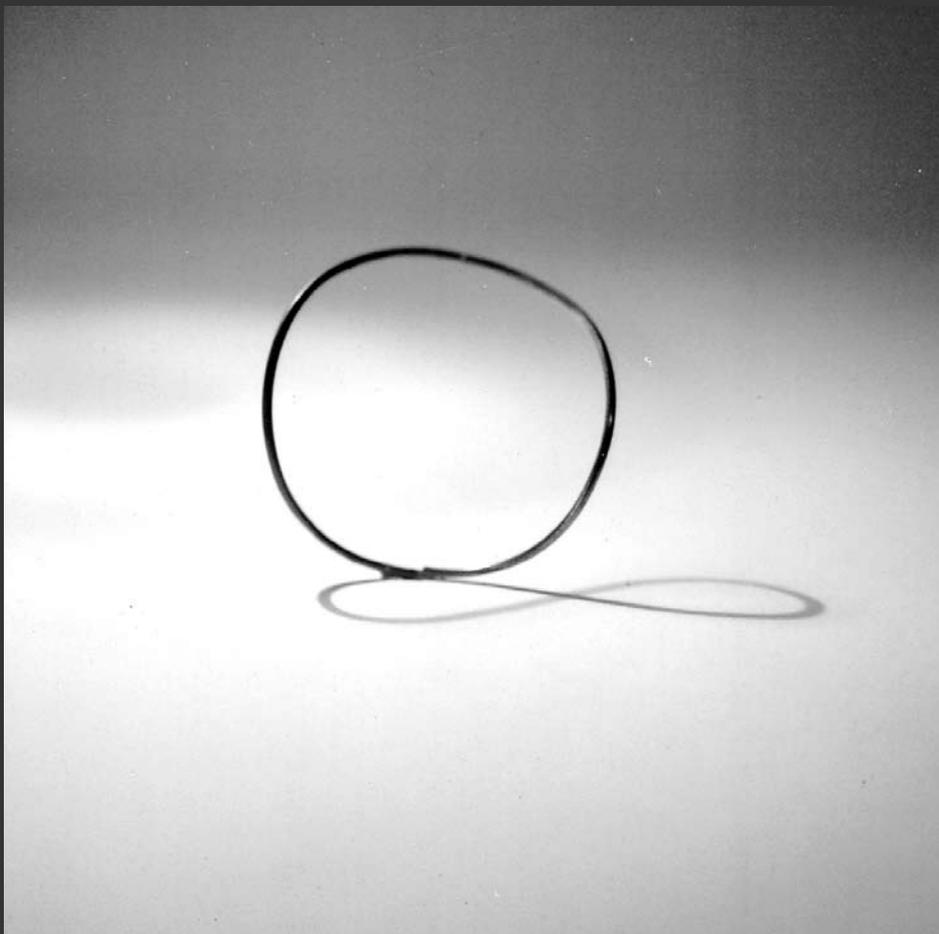
Nœud de trèfle



Nœud de huit



Fémininité, Jérôme Pierre, 2012, 7 x 8 cm



Perception, Jérôme Pierre, 2012, 7 x 8 cm

LISTE DES ŒUVRES ET DES IMAGES

I. Cartes mentales - Mise en forme de la réflexion

- Yona FRIEDMAN, *Gribouillis*, 2006 (fil de fer et accroches, 35 x 75 x 67 cm)
- Norbert GODON, *Connexion*, 2010 (branches et tuyaux, 180 x 150 x 90 cm)
- Jérôme PIERRE, *Yggdrasil*, 2009 (corde de chanvre, fil rouge de coton, 210 x 110cm)
- Jérôme PIERRE, *La Cavale*, Abstraction de la trace d'un cavalier sur l'échiquier, 2009 (pièce de puzzle en carton, clous en laiton, fil rouge, 30 x 30 x 4 cm)
- Jérôme PIERRE, *Puzzle hexagonal*, 2009 (carton, cadre, 32x32cm)

Documents

- *Carte en cercle*
- *Carte en sphère*
- *Carte en orbe*
- *Carte en arborescence*
- *Carte en buisson*
- *Carte en rhizome*
- *Carte en étoilement*
- *Neurone*
- *Carte en neurone*
- *Carte heuristique d'élaboration de carte heuristique*
- *Carte des types de connexions*
- *Connexions de circuits en neurones*

II. Formes de la pensée - Représentations des tournures de l'esprit

- Norbert GODON, *Faux Nœuds*, 2010 (quatre boîtes d'entomologiste, élastiques, épingles, 200 x 130 cm)
- Jiri KORNATOVSKY, *Meditation*, 2011 (160x120cm)
- Vincent BORRELLI, *Tore plat* (résine, 25 x 9cm)
- Jérôme PIERRE, *YIN&YANG and Fractale*, 2012 (7cmx8cm) / *Le Noyau*, 2012 (7cmx8 cm) / *Féminité*, 2012 (7 x 8 cm) / *Perception*, 2012 (7 x 8cm) / *Balle Cylindrique*, 2012 (7 x 8 cm)
- Norbert GODON, *Sphères capillaires*, 2013 (cheveux, tube de métal, 40 x 40 x 50 cm)
- Norbert GODON, *Cross cap tresse* (cheveux, fil de fer, 60 x 30 x 30 cm)
- Artisan ANONYME, *Tapette à tapis*, 1900 (osier, 100 x 20cm)

- Antoine SCHMITT, *Le Pixel Blanc*, 1996 (projection 2 x 1m / ordinateur)
- Antoine SCHMITT, *Le Pixel Noir*, 1996 (projection 1 x 1m / ordinateur)
- Norbert GODON, *Entrelacs projectifs*, 2010 (diaporama labyrinthique de nœuds, 6mn, 100 x 65 cm)

- Kenji IOHARA, *Polyèdres Origamis*, (papier noir, 3 pièces, 20x20x20cm)
- Norbert GODON, *Matrice polymère*, 2013 (blocs de mousse, fil de nylon ; 4 volumes de 50x50x20cm)
- Timothée JAMIN, Yacine DJAMA et Eric FALCON, *Gouttes vibrées oscillantes*, 2013 (projection, vidéo N/B muet, durée 3'28 CNRS, Université Paris Diderot)
- Simon MERMINOD, Michaël BERHANU et Eric FALCON, *Gaz granulaire magnétique*, 2013 (projection, vidéo N/B muet, durée 3'40 / CNRS, Université Paris Diderot)
- Jérôme PIERRE, *Pavage en ciment* (ciment, 13 pièces, 150 x 60 cm)
- Igor PETROFF, *Miroir polyédrique*, 2012 (miroirs, 100 x 80 cm)
- Sophie POUILLE, *Plis*, 2012 (ensemble de 9 dessins, 120 x 150cm)
- Aurélien BARRAU, *Spin*, 2012
- Christian MERCAT, *Géométrie Discrète*

- Jeff WEEKS et Jean-Pierre LUMINET, *Espace dodécaédrique de Poincaré*, 2013
- Florence ELIAS, *Drainage d'une mousse de savon vu de l'intérieur*, (photographies, 50 x 10 cm)
- Jérôme PIERRE, *Fil de l'eau (corde de chanvre, fil rouge de coton, 80 x 80cm)*
- Jérôme PIERRE, *La Relativité du mètre*, WYRD, Infini à deux étages (corde de chanvre, fil rouge de coton, 130 x 60 cm)
- Jérôme PIERRE, *3^{ème} niveau d'infini* (corde de chanvre, fil rouge de coton, 125 x 22 cm)
- Norbert GODON, *Orbes abrasives*, 2013 (rouleaux de papier de verre, 80 x 50 cm)
- Norbert GODON, *Six Scie*, 2013 (50 x 50 cm)
- Norbert GODON, *Attracteur cheveux*, 2013 (cheveux artificiels, fil de fer, 60 x 20 x 40 cm)

- Joanie LEMERCIER, *Paper and lights*, 2013 (projection sur origami 2 x 3m / Ordinateur)
- Laurent DEROBERT, *Mathématiques existentielles*, 2012 (projections, 20mn, 150 x 100 cm)

Documents

- *Graphe du désir*
- *Schéma L*
- *Ruban de Moebius*
- *Cross Cap*
- *Sphère*
- *Tore*
- *Bouteille de Klein*
- *Surface de Boy*
- *Table des nœuds*
- *Nœuds fondamentaux*
- *Nœud à vectorielle infinie*
- *Entrelacs Borroméen*
- *Equivalences de l'entrelacs et du tore*
- *Chaîne de nœuds*
- *Table des nœuds de majuscules*
- *Table des entrelacs gothiques et islamiques*
- *Polyèdres platoniciens et harmonie universelle*
- *Polyèdre de Dürer*
- *Polyèdre de Kelvin*
- *Polyèdre de Weaire-Phelan*
- *Système solaire de Kepler*
- *Dodécaèdre de Poincaré*
- *Disques hyperboliques de Poincaré*
- *Représentation du champ d'attraction que Descartes oppose aux théories de la gravité*
- *Représentation du champ magnétique*
- *Description du champ magnétique*
- *Circulation de l'énergie spirituelle selon le théosophe Swedenborg*
- *Figure de l'Anu par le théosophe Leadbeater*
- *Représentation des égrégores, émanations énergétiques de la pensée d'après les théosophes Besant et Leadbeater*
- *Dessins de spirales préhistoriques*
- *Nœuds précolombiens*
- *Série de cinq tresses*
- *Représentations des spirales de protéines*
- *Nœuds de protéines*
- *Plis et froissements*
- *Fronce de Thom appliqué à la réaction probable d'un chien face à une situation*
- *Automate de Markov appliqué à la prise de décision*
- *Automate de Markov appliqué à la représentation du chaos généré par l'accumulation de données*
- *Attracteurs de Lorenz*
- *Chaîne de l'intuition*

III. Matérialisations de la pensée - Donner forme aux idées

- Grégoire LORIEUX, *La Manière noire*, 2007
(composition musicale pour 15 instruments et électronique. Enregistrement stéréo, borne avec casque)
- Gregory BELLER, *Musique des sphères* (musique, Borne avec casque)
- Gregory BELLER et Norbert GODON, *Bassin des Constrictives*, 2013 (Installation interactive, 40 x 40cm)
- Gregory BELLER et Norbert GODON, *Essaim des voyelles*, 2013 (Vidéo interactive, 40 x 40 cm)
- Norbert GODON, *Arbre des voyelles*, 2013 (flacons, Tuyaux, parfums)
- Norbert GODON, *Triangle primaire*, 2013 (balles de ping-pong, aluminium)
- Norbert GODON, *Pot au Mots*, 2013
(pot rond avec liste de mots commençant pas « m », lus en humming, Lecteur MP3 + écouteurs)
- Norbert GODON, *Lignes de voix* (fil de fer), 2013
- Norbert GODON, *Théâtre Buccal*, 2013 (neuf dessins de 30 x 30 cm)

Documents

- *Tableau des analogies pythagoriciennes*
- *Harmonies de Kepler*
- *Dessins du docteur Francis Galton*
- *Tableau analogique d'Auguste Endel*
- *Tableau analogique de François Delsarte*
- *Logatone du psychologue gestaltiste Wolfgang Köhler*
- *Ligne d'expressivité de la prosodie du psychologue Yvan Fonagy en 1980*
- *Tableau historique des synesthésies phonétiques*
- *Frise historique des théories psychophonétiques*
- *Tableaux statistique de psychophonétique en Europe*
- *Première illustration anatomique du conduit vocal*
- *Coupes de l'appareil de phonation*
- *Machines inventées pour imiter la voix humaine : Kratsenstein, Kempelen, Rie, Faber*
- *Schémas angulaires des conduits de voyelles*
- *Six versions du triangle des voyelles*
- *Analogie des lettres de l'alphabet et d'une branche, d'un arbre et d'un soleil, Geofroy Tory de Bourges*
- *Alphabet imaginaire, Geofroy Tory de Bourges*
- *Tableau de l'origibe des langues, Court de Gébelin*

PARTENAIRES

Institut Henri Poincaré (IHP)
Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS)
Université Paris VII Denis Diderot (Paris Diderot)
Maison des Mathématiques et de l'Informatique (MMI)
Centre Culturel de Guyancourt (Salle d'Exposition)
Fond Municipal d'Art Contemporain de Paris (FMAC)
Centre National des Arts Plastiques (CNAP)
Plaisir Maths
ARTMOBILE & CO



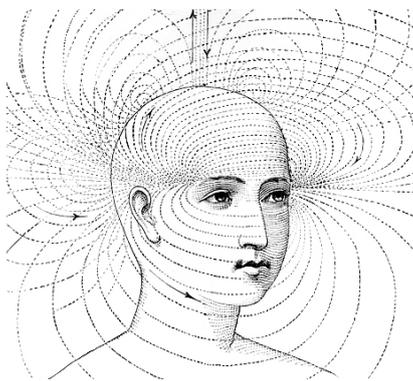
CATALOGUE

FORMES ÉLÉMENTAIRES

Mouvements et géométries de la pensée

PRÉAMBULE

Peut-on attribuer une forme à la pensée, en représenter la structure ou les mouvements ? Cette question qui traverse aussi bien l'histoire de l'art que celle de la philosophie tend à envisager l'irreprésentable, qui fait paradoxalement l'objet de multiples représentations.



L'exposition « Formes Élémentaires » mêle ainsi images et objets issus du champ de l'art et des mathématiques pour s'intéresser aux formes géométriques et aux descriptions de phénomènes physiques à travers lesquels nous nous figurons l'activité de la pensée ou la structure du sujet pensant et parlant.

« Formes Élémentaires » s'attache aux métaphores qui habitent le langage commun, métaphores qui nous viennent parfois de loin : sphères, polyèdres, tores, nœuds, spirales, plis et froissements de la subjectivité, labyrinthes du for intérieur, étoilements des neurones, ondes et champs énergétiques de l'activité mentale...

Les formes qui jalonnent l'exposition dessinent un parcours en labyrinthe analogique. Il tend ainsi à mettre en évidence la manière dont la découverte de nouveaux modèles dans l'histoire des sciences a pu remodeler à chaque fois la manière dont on se représentait de telles abstractions.

Depuis l'antiquité, la volonté d'attribuer une forme à la pensée rejoint celle d'en attribuer une à l'univers. Deux quêtes liées au besoin de saisir ce qui nous échappe en lui attribuant un corps que l'on puisse appréhender, tenir dans ses mains. Aussi, microcosme et macrocosme se trouvent parfois confondus, comme dans un jeu de miroir : l'un des deux infinis représentant l'autre.

« Formes Élémentaires » rend également compte de quelques tentatives menées pour rendre sensibles, voire pour modéliser les structures dynamiques de la pensée, les circuits du raisonnement,

les raccourcis de l'intuition, ou encore pour attribuer un contour aux émotions.

Si la métaphore est généralement utilisée pour rendre un propos plus accessible, plus évident, plus clair, en lui conférant une apparente familiarité, celles que proposent les schémas, images et objets de cette exposition ont pour vocation de mettre les idées à distance, de les rendre étranges, voire obscures.

Là où la métaphore explicative tend à fluidifier une démonstration, dans un énoncé idéalement limpide qui coule de source tandis que la parole se déverse ; les différentes formes exposées dans ce parcours ont pour vocation de tomber sous les yeux de celui qui les considère comme une pierre tombe dans la marre.

Ces images ou ces volumes ont pour fonction de réfléchir les formes à travers lesquelles nous nous figurons notre activité mentale en nous invitant à réfléchir sur la validité de l'image qu'elles renvoient de nous.

Ainsi les formes présentées dans cette exposition ont pour ambition de fuir l'apparente évidence des énoncés bien articulés qui tentent de circonscrire l'activité de la pensée dans une représentation figée.

Norbert Godon
Artiste

REPRÉSENTER L'IRREPRÉSENTABLE

L'irreprésentable peut s'entendre tantôt comme un objet lointain vers lequel se tourner tantôt comme un état intérieur profondément enfoui, devenu insensible. Mais on peut comprendre encore plus justement l'irreprésentable sous la forme de ce qui n'est pas et ne sera jamais accessible à une représentation. Voici donc un horizon qui n'appartient pas aux moyens dont nous disposons pour le mettre en scène ou en capter les signes. Il est finalement hors de toute « présentation » possible, celle-ci se délitant en fragments impossibles à colliger de façon globale.

Devant l'irreprésentable, s'impose un saut périlleux qui vient briser les figures capables d'en rendre compte. Seul le morcellement, sans fil ni légende topographique, sera susceptible de toucher au fond, de le frôler, d'aller frapper aux portes de l'enfer. Mais il n'est pas sûr que cette épreuve nous laisse ramener quelque chose comme une représentation... Il s'agira plus d'une saisie oblique, d'un labyrinthe déformé dont n'existe aucune carte extérieure aux couloirs qu'il nous ouvre. Reste à notre disposition non pas sa forme, mais sa contre-forme. Cela tient comme d'une absence de mot dans la langue qui cherche à l'évoquer. Il s'agit de quelque chose d'assez proche de la « théologie négative » qui réfléchit le nom de Dieu en découvrant qu'aucun

signe ne convient, aucune image pour en suggérer l'être. Un trou dans nos savoirs, un vide dans la figure que nous essayons de construire, lentement, autour d'un fond trop noir pour être éclairé, trop clair pour s'accommoder de notre saisie.

Il est possible que la géométrie soit capable de dessiner négativement de tels objets, comme l'or repoussé rend une image de ce qui disparaît, une forme inverse en quelque sorte, creusée depuis un bord impossible à franchir. Il en va ainsi des morphologies d'un vortex ou d'un trou noir. Une courbure infinitésimale nous fournit l'élément génétique d'une ligne plus ample. Mais peut-on deviner la totalité d'un tissu à partir d'un cheveu, ou encore une courbe à partir d'une séquence locale ? C'est une question fort sceptique que pose Hume au 18^e siècle. D'un entonnoir évasé à sa pointe, la distance est sans doute infinie. S'agit-il d'une relation possible, d'un franchissement praticable ? L'artiste est dans une telle question lorsqu'il équivaut un pavé pour un pavage plus ample, notamment Escher dont les figures rendent accessibles certains paradoxes de l'espace, mais également Klee dans ses montages curieux qu'il nomme « équilibre chancelant ». Voici que les peintres, les philosophes et les mathématiciens lancent vers l'irreprésentable des sondes héroïques comme pour deviner un contour, la relique d'un univers changeant, fragmenté, au centre inaccessible... Du fragment au tout, le rapport reste sans doute aléatoire et la symétrie improbable. Cette incertitude se nomme « Chaos ». Et la vie ne vaudrait pas une seconde la peine d'être traversée sans la requête d'une aventure aussi impossible et tellement déraisonnable.

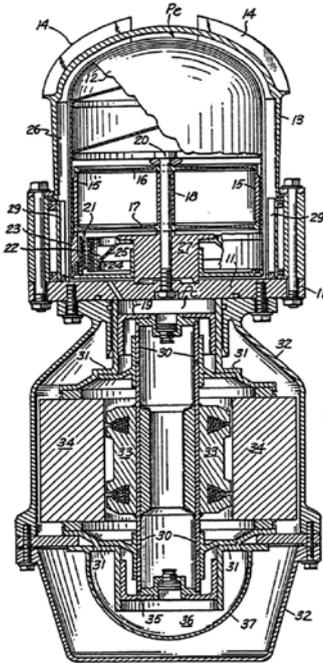
Jean-Clet Martin
Philosophe



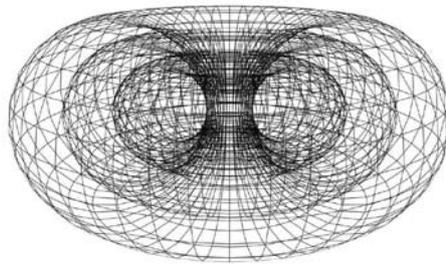
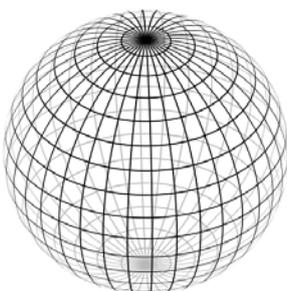
EPISTÉMOLOGIE DU SUJET

DES MODÈLES SCIENTIFIQUES QUI REMODÈLENT LA MANIÈRE DONT ON SE REPRÉSENTE LE SUJET

L'homme se pense homme. Ses gestes font sens et il croit se lire en ses gestes. Il se raconte, et sa parole le constitue comme son corps. Toute religion situe l'homme, le place au sein de la création. La science vient, comme les autres religions, situer l'homme au milieu de la création. L'épistémologie est une science des suites logiques au sein de la science, qui décrit les réseaux de pensée, les vases communicants d'une description à l'autre, miroir du regard lui-même.



Car les sciences se transmettent les schèmes de pensée comme des épidémies insignes. Fin XIXème, la thermodynamique décrit les lois des mouvements énergétiques, les passages d'un lieu à l'autre des chaleurs et des désordres. C'est à Vienne, ville où Klimt et Schiele transforment le regard que l'on porte sur les corps, en exacerbant l'angularité des saillies osseuses, la cavité des orbites, creusés par le désir pour donner à voir des êtres possédés, vidés par le manque



et prêts à être remplis, que Freud introduit en médecine le caractère sexuel de la construction de la subjectivité. Mais parlant comme médecin, le modèle qu'il va suivre sera celui de la thermodynamique. Freud décrit l'homme au gré du bouillonnement des pulsions, relâchant les soupapes pour libérer la libido. On a envie de faire l'amour : la tension monte. On fait : le sac se vide et la tension descend. On peut s'endormir. Freud qui rappelait toutefois qu'il ne faut pas prendre l'échafaudage pour le bâtiment...

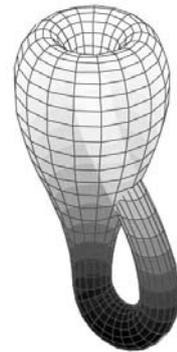
Pour Lacan, le langage vient au centre de ce qui définit le sujet. Là aussi, les modèles scientifiques vont lui donner un langage pour exprimer de nouvelles voies de savoir. Les mathématiques de son époque, la topologie des nœuds et la théorie des ensembles, vont servir à situer le sujet. Situer le sujet, pour mieux savoir où opérer coupures et remises en lien, enjeux de la pratique analytique. Le recours aux écritures mathématiques lui apparaît à la fois comme un moyen de mieux distinguer et de mieux coordonner le sens de ses énoncés, soulignant la coupure entre signifiants et signifiés pour envisager la réalité des structures qu'il tente de décrire.

Là aussi, pour appréhender la genèse de cette œuvre, il est nécessaire de la resituer dans le contexte de son époque. Depuis le début du siècle, artistes et poètes exploraient le champ de la glossolalie, du langage abstrait, poussant le texte jusqu'au non-sens. L'un d'eux, Roman Jakobson, devenant linguiste, en vient à poser la notion de phonème. Saussure avant lui, avait permis de penser de manière distincte et coordonnée le fonctionnement du sens et l'enchaînement des mots en eux-mêmes : articulant signifiants et signifiés. Lévi-Strauss, dans le champ de l'anthropologie, préfaçant l'un des principaux ouvrages de Jakobson, avait montré comment les structures de la parenté, l'interdit de l'inceste, déterminaient un ensemble de rapports au sein d'une culture entre des domaines aussi divers que l'agriculture, le dessin, les mythes ou le langage, ce dernier portant dans sa structure même la trace des habitus liés à toutes ces croyances et pratiques. Ainsi Lacan décrira le sujet comme parlêtre dont le dire est organisé par la proscription d'une certaine jouissance. La parole est déterminée par la loi du langage, par sa langue dont les répétitions révèlent l'histoire, le mythe individuel du névrosé, ou au contraire l'absence d'une loi quant

à la parenté, pour celui qui est contraint de passer par la métaphore délirante pour s'organiser.

Ces vingt dernières années, des musiques répétitives émanent des ordinateurs. Leur mode binaire évoque le 0-1 des programmes : données élémentaires simples générant de la complexité dans la combinaison, dans le lien. Partout la notion de réseau est associée à l'idée de productivité. Il s'agit, ici et là, de systématiser les procédures de mise en lien, d'automatiser la création de chaînes, de rationaliser la constitution de contacts, de concevoir des étoilements associatifs, des voies de raisonnements rapides, de rassembler pour rayonner.

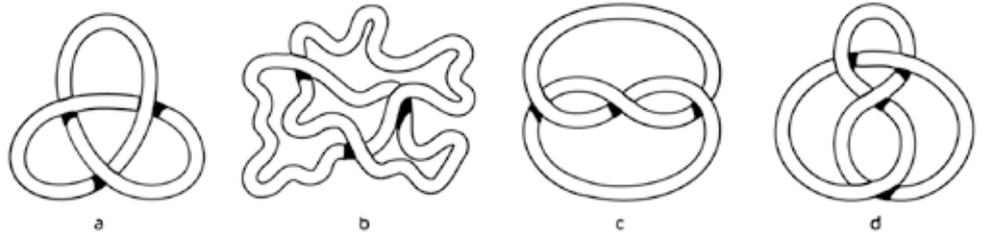
Les neurosciences, à l'image de leur époque, décrivent les signaux qui mettent en rapport les différentes aires fonctionnelles du cerveau, et les déficits de fonctionnement qui rendent la machine anormale. Si le code génétique est délétère à l'origine, l'épigénétique montrera comment il se transforme par la suite. Le spectaculaire donne caution : une bonne image avec de jolies lumières et des réseaux de couleurs vives fait parfois office de preuve.



Il y a dans les lectures du monde, des emprunts, des suites, des ponts entre les différentes sciences, qui viennent s'entre-nourrir et s'enrichir pour donner à l'homme un accès aux facettes dissemblables de lui-même. Sans prétendre résumer ici l'histoire de la manière dont est représenté le sujet en fonction de chaque invention, il est toutefois important de ne pas perdre de vue que les formes au travers desquelles on a pu décrire ce que l'on nommait autrefois l'esprit, offre avant tout une image de leur époque, un instantané de l'esprit de leur temps.

L'écrit étant lui-même pris dans sa propre vue, un point de vue très circonscrit et momentané, il ouvre sur l'aporie d'un système qui voudrait s'analyser lui-même, à partir de lui-même. Selon le théorème de Gödel, tout système cohérent est nécessairement incomplet, car s'il est cohérent il comprend des axiomes qui ne peuvent être prouvés au sein du système. La cohérence d'un système ne peut être démontrée à partir du système lui-même.

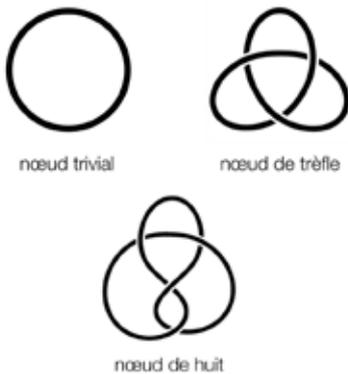
DES NŒUDS EN MATHÉMATIQUES DES ATOMES AUX TOURBILLONS ATMOSPHÉRIQUES



QU'EST-CE QU'UN NŒUD EN MATHÉMATIQUES

De la réalité à l'idée

Très simplement, un nœud est ce que l'on obtient en prenant une ficelle (éventuellement enchevêtrée) dont les extrémités ont été ressoudées. Un nœud au sens mathématique est une courbe fermée, sans intersection, plongée dans l'espace tridimensionnel usuel. Une telle courbe peut alors présenter des croisements : il s'agit des lieux où la courbe passe par-dessous et par-dessus elle-même, autrement dit, des lieux où la ficelle se chevauche. Un simple cercle est donc un nœud au sens mathématique : c'est le nœud non noué, appelé aussi nœud trivial. Le premier nœud réellement noué est le nœud de trèfle : c'est le nœud que l'on fait quotidiennement pour lacer ses chaussures.



Comme l'intuition nous invite à le penser, il existe évidemment une infinité de nœuds «différents».

À quoi s'intéresse-t-on dans la théorie des nœuds ?

La théorie des nœuds est une branche de la topologie, discipline qui s'intéresse aux objets géométriques d'un point de vue qualitatif et non quantitatif. On ne s'intéresse ici ni à la longueur de la ficelle nouée, ni à son épaisseur, mais seulement à sa «forme», au «type» de nœud qu'elle représente dans l'espace, c'est-à-dire aux propriétés géométriques intrinsèques de l'objet sous l'action de déformations continues, excluant coupures et déchirures.

COMMENT CLASSER LES NŒUDS

L'équivalence des nœuds

Dans les premiers temps de son histoire, la théorie des nœuds s'intéressa au classement des différents «types» de nœuds, tout classement constituant en soi une description de ses objets. Il fallu donc différencier les nœuds ce qui nécessite d'identifier les nœuds équivalents.

Si l'on tire ou si l'on tord la ficelle sans la rompre, on change évidemment l'«aspect» du nœud, mais on ne change pas le «type» du nœud, autrement dit ses caractéristiques intrinsèques.

Deux nœuds sont dits équivalents lorsque l'on peut amener la ficelle de l'un sur celle de l'autre par déformation continue sans coupure ni déchirure.

Dans cette figure par exemple, les nœuds (a), (b) et (c) sont équivalents ; mais les nœuds (a) et (d) ne le sont pas.

La notion d'invariant

Un invariant est une quantité qui ne change pas lorsque l'on fait subir au nœud une déformation continue sans coupure ni déchirure.

On peut affirmer que deux nœuds sont différents quand l'évaluation d'un invariant sur ces deux nœuds ne donne pas le même résultat.

Un invariant peut être un nombre, entier, réel ou autre ; un polynôme ; un objet algébrique, tel qu'un groupe, un module... Moralement, la donnée d'un invariant va permettre de faire des calculs numériques ou algébriques pour distinguer les nœuds entre eux. L'inverse ne disant évidemment rien...

Un exemple d'invariant : "l'ordre" d'un nœud est le nombre minimal de croisements parmi toutes ses représentations possibles dans l'espace. Observons que le nœud trivial a pour ordre 0, il n'y a pas de nœud réellement noué d'ordre 1 ou 2, le nœud de trèfle est d'ordre 3, etc. Paul Tait, auquel on doit la première classification connue des nœuds, utilisa cet invariant.

NAISSANCE DE LA THÉORIE DES NŒUDS

Helmholtz, Kelvin,
Tait et les tourbillons

Bien qu'elle fasse une apparition fugitive dans les travaux de Gauss, au tout début du 19^e siècle, la théorie des nœuds voit le jour au milieu du 19^e siècle. Entre 1850 et 1875, Paul Tait se consacre à la classification «empirique» des différents nœuds possibles, jusqu'à 10 croisements. Il ne commet qu'une seule erreur parmi les 250 nœuds classés.

Mais à l'origine, les préoccupations pour la théorie des nœuds ne sont pas issues des mathématiques. Elles viennent de la physique, et plus exactement des recherches de Lord Kelvin et de ses collaborateurs portant sur la nature de la matière.

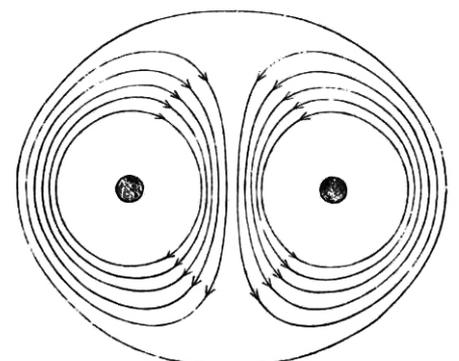
Aux alentours de 1850, si la science a fait d'immenses progrès dans le domaine, notamment à travers les équations de Maxwell, dont les recherches en électromagnétisme posent les postulats fondamentaux de la théorie des champs, une inconnue majeure subsiste : la nature même de la matière. De quoi est-elle faite ? Qu'est-ce qu'un atome ? Pourquoi la matière est-elle stable ?

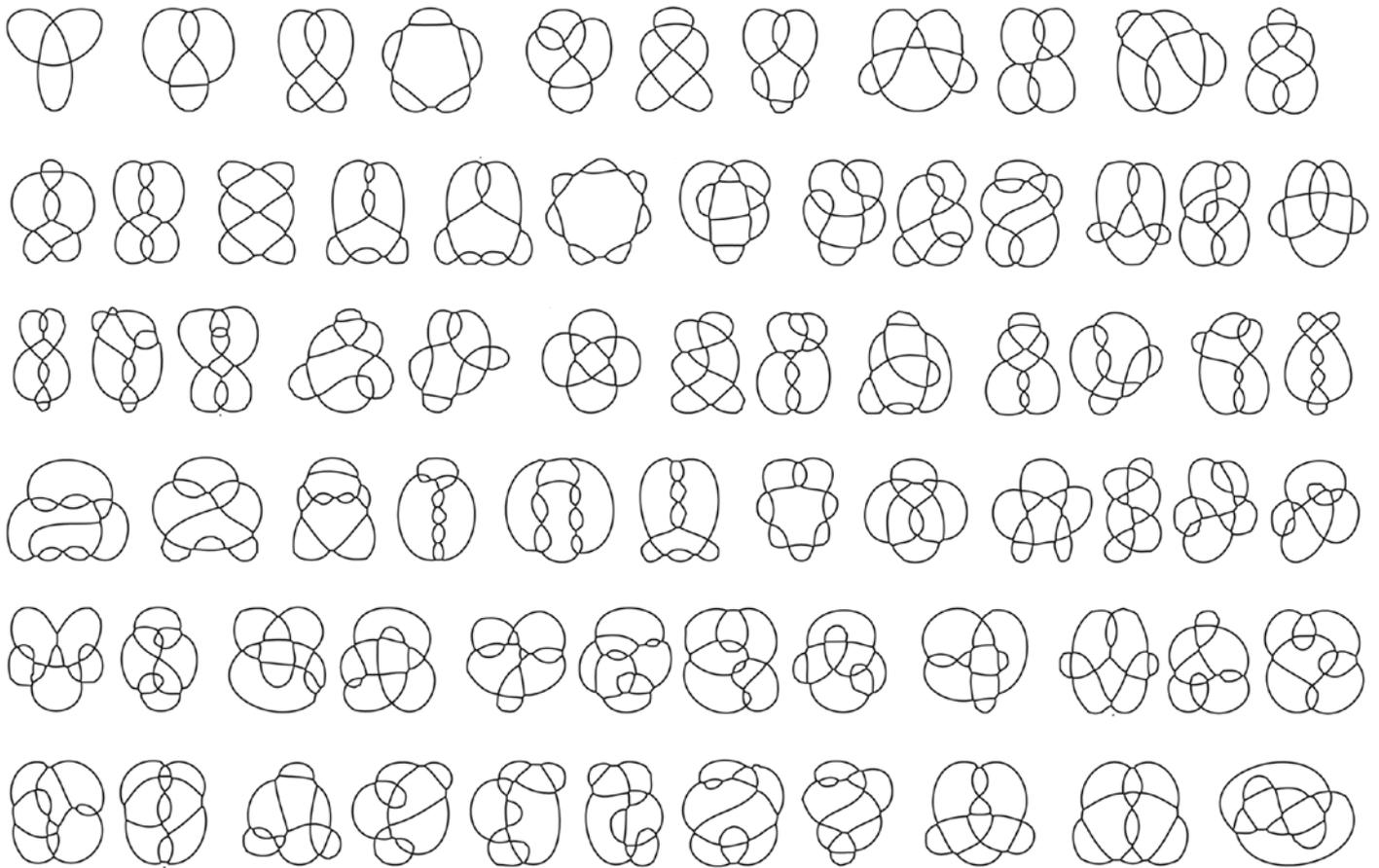
Bien que l'on ne sache pas de quoi la matière est faite, on sait toutefois depuis presque un demi-siècle, que les éléments chimiques n'émettent et n'absorbent la lumière que selon des longueurs d'onde précises. On commence même à bien connaître leur spectre. La science en est donc là vers 1850, et il faudra attendre la publication de la classification périodique des éléments de Mendeleïev en 1869 pour avoir une première réponse, quant au modèle de Bohr sur la structure atomique, il ne verra le jour qu'en 1913...

Mais vers 1850, Lord Kelvin fait une hypothèse que l'on peut sans nul doute qualifier de géniale même si elle est fautive... Kelvin postule que les «atomes» décriraient des lignes de tourbillons dans le flot de l'Ether. Il s'appuie sur un théorème de mécanique des fluides aujourd'hui connu sous le nom de Théorème de Helmholtz-Kelvin, ce théorème assure que « dans un fluide parfait, le tourbillon est transporté par le flot », ce que nous avons tous pu observer dans le mouvement de l'eau que décrit une rivière à proximité d'un rocher ou d'un pont par exemple.

Dans ce fluide parfait qu'est l'Ether du 19^e siècle, les «atomes-tourbillons», donc ces lignes de tourbillons plongées dans l'espace tridimensionnel, peuvent former des nœuds. Comme de plus le tourbillon est transporté par le flot, le «type» de nœud se préserve.

C'est sans doute l'une des premières fois que topologie et dynamique interagissent pour donner naissance à une brillante théorie.





Kelvin et la classification de la matière

Kelvin propose donc la théorie des «atomes-tourbillons» comme «modèle» de la matière. Selon sa théorie, le «type» de nœud conditionne le type d'atome et la stabilité de la matière est garantie par le Théorème de Helmholtz-Kelvin. Ainsi, pour Kelvin, comprendre la matière, c'est-à-dire les différents atomes qui existent dans la nature, revient donc à comprendre les «différents» types de nœuds possibles. La classification des nœuds devait alors expliquer pourquoi les atomes absorbent et émettent de la lumière pour certaines longueurs d'onde uniquement. Par exemple, suivant sa théorie, Kelvin était persuadé que le sodium pouvait être représenté par l'entrelacs de Hopf.

Retour aux sources : des tourbillons dans l'atmosphère aux nœuds, l'exemple de l'attracteur de Lorenz.

Dans les années 60, un météorologiste Edouard Lorenz a défini un objet, aujourd'hui connu sous le nom d'attracteur de Lorenz, objet qui sera popularisé sous le terme « d'effet papillon », décrivant à l'aide d'équations déterministes une forme de chaos.

Plus précisément, le sujet d'étude de Lorenz est l'atmosphère, dans laquelle les mouvements de convection sont régis par les célèbres équations de Navier-Stokes, système d'équations aux dérivées partielles particulièrement trapues, dont la résolution est toujours un problème ouvert.

Lorenz étudie un modèle extrêmement simplifié d'atmosphère : il étudie les courants de convection au dessus

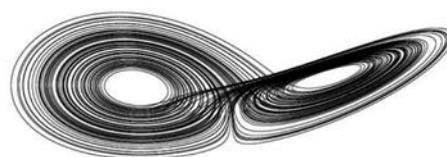
d'un terrain parfaitement plat et très chaud. Après avoir opéré des simplifications, Lorenz aboutit à l'étude d'un système différentiel non linéaire simple à trois équations :

$$\begin{cases} \frac{dx(t)}{dt} = \sigma(y(t) - x(t)) \\ \frac{dy(t)}{dt} = \rho x(t) - y(t) - x(t)z(t) \\ \frac{dz(t)}{dt} = x(t)y(t) - \beta z(t) \end{cases}$$

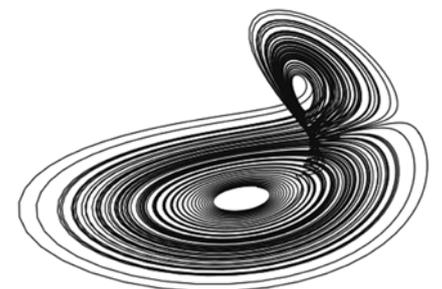
Il décide d'en étudier numériquement les orbites, c'est-à-dire les trajectoires ou les solutions qui sont des fonctions de t , à l'aide d'un ordinateur, les premiers ordinateurs, apparaissant dans les laboratoires de recherche, à la fin des années 1950. L'ensemble de toutes ces trajectoires forme ce que l'on appelle l'attracteur de Lorenz.

Quelques observations s'imposent à propos de cet objet :

- il existe des orbites périodiques, c'est-à-dire des trajectoires qui reviennent sur elles-mêmes au bout d'un certain temps, des trajectoires fermées donc ;



- il existe des orbites non périodiques, des trajectoires qui ne sont donc pas fermées ; qualitativement, les orbites «tournent»



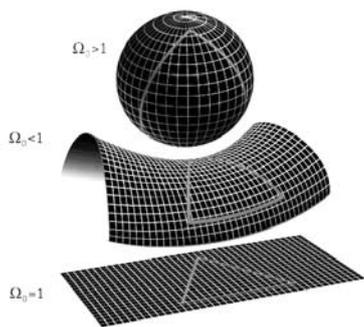
alternativement à gauche ou à droite, décrivant un ensemble fractal ayant l'apparence des deux ailes d'un papillon.

Qui dit orbites périodiques, dit nœuds, en effet les orbites périodiques sont des courbes fermées simples dans l'espace tridimensionnel. Comprendre les différents «types» de nœuds possibles présents dans l'attracteur de Lorenz améliore la compréhension «topologique» de cet objet. C'est une interface, une très belle illustration, entre topologie et dynamique.

Les premiers à s'être intéressés à ces orbites d'un point de vue topologique, sont les mathématiciens Birman et Williams en 1983. Pour ne citer qu'un seul de leurs résultats : ces derniers ont démontré que parmi les 250 premiers nœuds, seuls 8 se réalisent comme orbites périodiques dont le nœud trivial et le nœud de trèfle. On notera également que le nœud de huit n'apparaît pas comme orbite périodique dans l'attracteur de Lorenz.

QU'EST-CE QU'UN ESPACE EN MATHÉMATIQUES ?

En mathématiques, l'espace est avant tout un concept développé par les géomètres. Leur travail a consisté à conceptualiser certains traits caractéristiques de l'espace sensible – celui dans lequel nous vivons – afin de développer un langage permettant de décrire celui-ci d'un point de vue théorique : en classifiant quels sont les « déplacements » possibles dans cet espace, en définissant la distance entre deux objets... La surface de la Terre est un exemple d'espace (dans un sens très naïf : un espace est « ce qui a une étendue »).



On y constate un phénomène intrigant : le quadrillage d'une carte régionale est formée par les parallèles et les méridiens, comme leur nom l'indique les parallèles sont des droites parallèles (et la géométrie nous apprend que deux droites parallèles ne se croisent pas) ; ces mêmes parallèles dessinés cette fois sur un globe se rencontrent aux Pôles ! Comment décrire et comprendre ce phénomène de façon mathématique ? Comment l'intégrer dans une théorie plus vaste ?

Le premier artisan de la conceptualisation de l'espace physique est Euclide qui pose par écrit les « axiomes » de la géométrie ; à partir de la définition des objets d'étude (le point, la droite et le plan), il énonce des théorèmes décrivant des relations entre eux. Cette conception, dite euclidienne, de l'espace, prévaut jusqu'au XVIII^{ème} siècle, où Bolyai et Lobatchevski (entre autres) inventent des géométries, dites non-euclidiennes, qui n'ont aucun pendant immédiat dans l'univers sensible. Leur idée est révolutionnaire ! En effet, les espaces sur lesquels travaillent les géomètres s'affranchissent de la contrainte de ressembler directement à l'espace sensible et l'on peut travailler dans un cadre théorique qui permet de traiter beaucoup plus de questions, voire même d'en susciter de nouvelles ! Cette vision abstraite de la notion d'espace a été développée plus avant par Riemann et Poincaré. Elle n'est pas très différente de la conception naïve d'espace ; au contraire, elle pourrait peut-être nous aider à comprendre les origines profondes de notre représentation psychologique du cadre spatio-temporel.

Une fois ce pas franchi, les mathématiciens ont développé des notions très variées

d'espace, chacune étant plus ou moins adaptée à certains problèmes : on parle ainsi d'espace topologique ou d'espace de probabilités, ...

Ces notions partagent cependant une caractéristique commune : un espace est un ensemble d'éléments que l'on équipe d'une structure de nature « géométrique ». On parle par exemple d'espace métrique lorsqu'un ensemble de points est muni d'un moyen de quantifier les distances entre eux.

L'introduction et la compréhension d'une nouvelle notion d'espace offrent souvent un regard neuf sur des théories existantes : on réalise parfois que deux résultats ne sont finalement que deux facettes d'un même théorème plus général. Autrement dit, une telle abstraction permet de traiter simultanément une grande famille de problèmes, et étend le champ d'action de la géométrie à quasiment tous les domaines des mathématiques : ainsi, l'introduction des coordonnées par Descartes permet de faire de la géométrie avec des nombres. De façon plus surprenante et beaucoup plus récente, Grothendieck a expliqué comment les nombres peuvent être étudiés par la compréhension de certains espaces très abstraits, qui sont aussi utiles en physique théorique ! Ces nouveaux développements ont permis et permettent encore des avancées spectaculaires sur des problèmes anciens.

Richard Griffon
Mathématicien

QUELLE EST LA FORME DE L'UNIVERS ?

Longtemps, alors qu'ils regardaient l'horizon, les hommes se demandaient ce qu'il y avait derrière. Une grande chute d'eau ? Le bord du monde ? Le vide ? Maintenant nous savons tous, ou presque, que la surface de la Terre est finie mais illimitée, sans bords, et de courbure positive. Qu'en est-il de l'univers ?

Il est absurde de penser que l'univers a des bords : que pourrait-il donc y avoir au delà de ces bords qui ne soit encore de l'espace ? Mais, confondant encore « infini » et « illimité », beaucoup en concluent hâtivement que l'univers est infini. Or, ce qui s'applique aux surfaces à 2 dimensions s'applique aux espaces à 3 dimensions. Il y a toutes sortes de surfaces : hyperboliques, sphériques, planes, cylindriques, etc... Certaines sont finies et illimitées, d'autres infinies et limitées... Les mathématiques nous disent que ce que l'on construit en 2 dimensions peut être généralisé à 3 dimensions. Cependant, si la classification topologique des surfaces a été achevée à la fin du XIX^{ème} siècle, celle des espaces de dimensionnalité supérieure est beaucoup plus compliquée. Il a fallu attendre le XX^{ème} siècle pour que les mathématiciens découvrent des formes fascinantes, qui peuvent parfaitement être utilisées par le physicien pour la description de l'univers.

Les espaces tridimensionnels à courbure

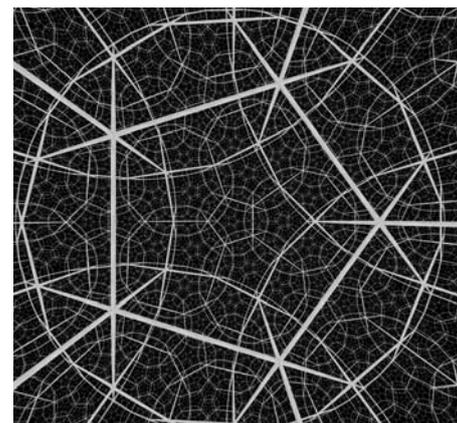
constante - les seuls utiles en cosmologie - peuvent être classés, selon le signe de leur courbure, en familles sphérique, euclidienne et hyperbolique.

Il existe 18 formes d'espaces euclidiens à 3 dimensions. Parmi elles, huit sont de volume infini et 10 de volume fini. La plus simple est celle de l'espace euclidien usuel, infini et illimité, que beaucoup pensent être la seule possible.

Sur les 10 espaces de volume fini, 6 sont orientables et donc d'un intérêt cosmologique évident. Parmi ces 6 espaces euclidiens finis, 2 semblent plus intéressants : l'hypertore et l'espace de Hantzsche-Wendt, découvert en 1935. La plupart des espaces tridimensionnels sont représentables sous la forme d'un polyèdre convexe appelé domaine fondamental, dont on a identifié convenablement les faces deux à deux ainsi que tous les sommets. Pour l'espace de Hantzsche-Wendt, c'est un dodécaèdre rhombique. Pour l'hypertore, c'est un simple parallélépipède : de la même façon qu'à deux dimensions nous obtenons le tore plat en collant les côtés opposés d'un rectangle, à trois dimensions nous formons un hypertore en identifiant les faces opposées d'un parallélépipède.

Toutefois, il n'y a aucune raison pour que la courbure de l'espace soit strictement nulle. La surface de la Terre n'est-elle pas courbée positivement ?

Toutes les topologies sphériques sont de volume fini. Il en existe une infinité, mais elles sont toutes dénombrées. L'espace prototype, et le plus volumineux d'entre eux pour un rayon de courbure donné, est l'hypersphère. Il s'agit du fameux espace fermé sans bord découvert par Riemann, utilisé ensuite par Einstein, Friedmann et Lemaître dans leurs modèles cosmologiques relativistes, datés respectivement de 1917, 1922 et 1927.



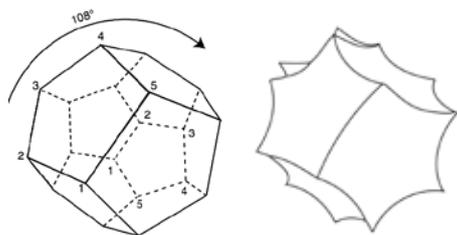
Le modèle peut-être le plus fascinant est l'espace sphérique dodécaédrique de Poincaré : chacune des faces du dodécaèdre, faces polygonales incurvées car construites sur une sphère, constituant son domaine fondamental, est collée à sa face opposée après avoir subi une rotation de 36 degrés. Son volume est 120 fois plus petit que celui de l'hypersphère pour un même rayon de courbure.

Le collage ne peut être réalisé que si l'on utilise un dodécaèdre courbé positivement, avec des angles légèrement gonflés à 120 degrés, au lieu de 117 pour un dodécaèdre euclidien - voilà pourquoi c'est un espace sphérique.

Si l'univers avait une courbure négative, il pourrait aussi être de volume fini, car les espaces hyperboliques compacts existent et sont même très nombreux. Les mathématiciens n'ont toujours pas réussi à tous les répertorier.

L'un des plus intéressants est représentable par l'un des 5 polyèdres réguliers, l'icosaèdre, où l'on identifie d'une certaine façon toutes les faces triangulaires 2 à 2 ; l'espace intérieur, fini, de courbure négative, est appelé « espace de Best ».

L'espace de Seifert-Weber, variante multiconnexe de l'hyperboloïde, est quant à lui formé à partir d'un dodécaèdre, comme l'espace dodécaédrique de Poincaré. La différence vient du fait que chaque face est collée à sa face opposée après une rotation de 108 degrés.



Le collage ne peut être réalisé que si l'on utilise un dodécaèdre courbé négativement, avec des angles amincis à 72 degrés. Ces calculs complexes et abstraits ont une conséquence directe sur notre connaissance de l'univers. Mais nous ne savons toujours pas ce qu'il en est vraiment ; pour arriver à conclure, il faudrait comparer des prédictions théoriques avec des mesures expérimentales, ce qui est très difficile.

Le 21 mars 2013, les résultats de la campagne de mesures du télescope Planck ont été révélés. Ils ont permis de faire une carte très précise du fond diffus cosmologique, c'est à dire de la densité d'énergie de l'univers alors qu'il n'avait que 380 000 ans.

Malheureusement, cette carte ne peut servir à détecter la topologie de l'espace que si le domaine fondamental de notre cosmos est suffisamment petit : un modèle dont la taille serait supérieure à celle de l'horizon cosmologique et/ou la courbure serait très proche de celle d'un espace euclidien n'est pas détectable. Cela semble, hélas, être le cas. On ne peut donc pas encore conclure quant à la topologie de l'univers, ni même avoir la preuve qu'il est bien de dimension finie. Un univers infini est certes mathématiquement possible, mais physiquement – pour ne pas dire philosophiquement – improbable.

La physique plaide très largement en faveur d'un univers fini contenant un nombre déterminé de galaxies – un nombre énorme, de l'ordre du millier de milliards, mais pas infini. Quand connaissons-nous la forme de notre cosmos ? Nul ne le sait, mais cette question passionnante donne furieusement envie de se plonger dans les beautés de la topologie.

Jean-Pierre Luminet
Cosmologue

DES MOUVEMENTS DE LA PENSÉE AU COMPORTEMENT DES GAZ

L'USAGE DE L'ANALOGIE DANS LES PROCESSUS DE RECHERCHE

L'analogie joue un rôle fondamental dans le rapport entre les concepts mathématiques et le monde. D'abord, l'adéquation entre le modèle mathématique et la réalité s'effectue toujours par analogie, à un plus ou moins haut degré. Bien sûr, dans certains cas le modèle décrit le système d'une manière incroyablement précise -- dans la représentation quantique d'un atome, par exemple. Mais dès que l'on considère des systèmes complexes, des systèmes humains, on est dans l'impossibilité de faire des prédictions exactes, et l'analogie joue un rôle encore plus important. On simplifie souvent de manière outrancière, ou même on ne garde que certaines caractéristiques du système étudié, afin d'arriver à une conclusion; on parle parfois de modèle phénoménologique, qui sous suppose fonctionner par analogie. Créer de tels modèles est parfois tout un art !

Ainsi, dans certaines disciplines très complexes – biologie, économie – tout repose sur des analogies ! D'ailleurs, de graves erreurs peuvent se produire si on l'oublie et que l'on essaie d'appliquer directement les résultats, si on leur prête une confiance aveugle. Mais l'analogie joue aussi un rôle fondamental dans le processus de recherche du mathématicien, qui bien souvent doit se fier à son intuition pour trouver son chemin dans un océan de possibles, face à une multitude d'énigmes. On tente de se raccrocher à une situation connue, à un phénomène déjà rencontré, dont on sent, on ne sait pas trop pourquoi, qu'il a un rapport avec ce que l'on étudie. Un mathématicien comme Henri Poincaré est passé à la postérité pour ses fulgurances et sa capacité à tisser des analogies entre domaines mathématiques différents. Et si Poincaré était le plus grand de tous, il n'était pas pour autant une exception : tous les mathématiciens connaissent l'importance de l'analogie dans la quête de la démonstration ! Moi-même, je dois une bonne partie de mes meilleures découvertes à la mise au jour de liens inattendus, à l'identification de ressemblances...

Après tout, l'analogie est à la base de notre compréhension du monde, de sa représentation artistique et poétique. Il est donc normal qu'elle soit aussi à la base de notre démarche scientifique ! Toutes les sciences sont humaines, et l'analogie est un fondement de la connaissance humaine.

DES MODÈLES STATISTIQUES APPLIQUÉS AU COMPORTEMENT DES GAZ, À CEUX EMPLOYÉS POUR ENVISAGER LA PENSÉE

Revenons sur des choses qui, pour être bien établies, n'en sont pas moins remarquables. Le formalisme statistique, noble parmi les nobles conquêtes de l'esprit humain, s'est développé pour répondre à toutes sortes de questions faisant intervenir le hasard répété

et les grands nombres. Que ce soit des dés, des opinions politiques, des populations animales, des événements violents, tous les phénomènes sont susceptibles d'obéir aux lois de la statistique.

Là où le chaos semble régner, se trouve finalement de l'ordre, et des lois universelles -- au premier chef la loi gaussienne, que Francis Galton aimait à appeler «la loi suprême de la déraison».

Dans les années 1860, survint une révolution scientifique : le formalisme statistique fut appliqué à la matière, et l'on put expliquer les propriétés des gaz en les représentant comme des assemblées d'innombrables molécules. Les gaz, que l'on pouvait croire insaisissables, se sont ainsi prêtés à un traitement scientifique. De nos jours, quand on veut décrire un gaz, on fait appel au formalisme mathématique : équations aux dérivées partielles et méthodes statistiques sont des auxiliaires précieux, aussi bien pour décrire les détails fins, que pour dégager les grands principes du comportement des gaz, réduits à quelques paramètres simples par la magie des grands nombres.

Encore plus insaisissable que les gaz, il y a les pensées qui vagabondent dans un cerveau. On a aussi tendance à se les représenter comme fluides, et peut-être a-t-on raison : les pensées sont sans cesse en mouvement, leurs contours sont insaisissables; et elles sont abritées par les innombrables connections neuronales.

L'intelligence artificielle, de fait, a peine pendant des décennies tant que l'on tentait de la baser sur la logique; mais récemment, avec le développement de méthodes modernes, l'aide de la théorie de l'apprentissage qui combine la géométrie paramétrique et la statistique en grande dimension, cette science a gagné ses lettres de noblesse et commencé à atteindre un haut degré de sophistication. Dans la pensée, d'innombrables éléments sont combinés; de même, pour décrire un concept, on a besoin de tirer parti de paramètres innombrables. Tout le problème est de les réduire pour obtenir une vision compréhensible de ces objets flous.

Pour autant, la dynamique des pensées est très différente de celle des gaz. Dans un gaz, le désordre augmente systématiquement; les gaz aiment l'uniformité, l'homogénéité, l'entropie élevée. Alors que la pensée produit régulièrement des concepts qui tendent à s'organiser et à se réorganiser en permanence, sous forme de fulgurances ordonnées, autrement dit d'entropie basse ! Si les gaz recherchent l'équilibre, la pensée est toujours en mouvement.

Cédric Villani
Mathématicien



LES SYNESTHÉSIES COMME MANIFESTATIONS DE LA SENSIBILITÉ COLLECTIVE

QUATRE CATÉGORIES DE SYNESTHÉSIES

La synesthésie est un phénomène perceptif qui consiste à associer différentes sensations en une même réalité psychologique. A la fin du dix-neuvième siècle elle fait l'objet de débats passionnés qui rattachent son histoire à celle de la modernité : certains y voient la marque du génie, l'origine de l'intuition, tant artistique que scientifique ; d'autres y perçoivent une dérive de la sensibilité individuelle, détraquée par les modes de vie modernes et la dissipation du sentiment de cohésion sociale. Tout au long du vingtième siècle, sans cesse réactivé par les avancées des sciences cognitives, le sujet s'étend à un panel de disciplines de plus en plus large, concernant aussi bien la neurologie, la psychologie, la linguistique, l'esthétique, l'anthropologie, que la métaphysique et ses dérives ésotériques.

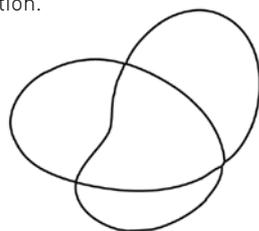
Toutefois, le terme de synesthésie est employé pour désigner des phénomènes de nature très variée selon les cas, et cette imprécision terminologique est souvent à la source des débats suscités par le sujet. De quoi parle-t-on lorsque l'on parle de synesthésie ? Indépendamment des disciplines qui se consacrent à leur étude, on peut identifier au moins quatre emplois du terme, qui demeurent encore aujourd'hui régulièrement confondus. Il faudrait ainsi différencier ce qui relève des correspondances mathématiques, des synesthésies idiosyncratiques, linguistiques et corporelles.

Les correspondances mathématiques, depuis la théorie pythagoricienne des harmonies universelles, consistent à associer les perceptions entre elles sur la base d'équivalences numériques. Elles sont parfois désignées de manière abusive comme étant des synesthésies, alors qu'elles rapprochent les sensations sur la base de systèmes de calcul et non sur des ressentis. Relevant de l'association symbolique, conventionnelle, ces correspondances ne sont pas perçues en tant que synesthésies, elles nécessitent une explication pour être intellectuellement identifiées. De leur côté, certaines synesthésies sont dites idiosyncratiques, dans le sens où elles ne sont valides que pour l'individu qui les a inconsciemment établies. Celles-ci se forment au cours des processus d'apprentissage et sont par conséquent propres à l'histoire de chaque individu. Les synesthésies d'ordre linguistique, sont quant-à elles basées sur des métaphores usuelles, véhiculées par la langue maternelle. Perçues comme allant de soi par les membres d'une même culture ou d'un même bassin culturel, elles fondent la sensibilité des individus d'un même groupe. Enfin, des synesthésies d'origine

corporelle seraient universellement perçues en raison de la forme même du corps humain qui, se projetant sur le monde, en déterminerait la perception.

SYNESTHÉSIE ET CULTURE DU NOMBRE

La formulation pythagoricienne de la théorie des harmonies universelles, n'étant parvenue aux anciens eux-mêmes que sous forme de citations fragmentaires, celle-ci ne cessera d'être réinterprétée durant toute l'antiquité, et ce jusqu'à nos jours, déterminant une infinité de correspondances, qui englobent la recherche du nombre d'or et de la divine proportion.



maluma

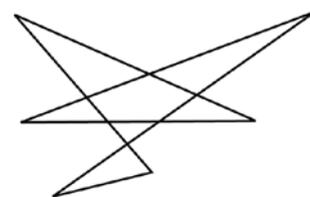
L'actuel développement des technologies numériques, renforçant l'hégémonie du nombre dans nos cultures, induit une continuation de démarches semblables au sein des pratiques artistiques qui cherchent à traduire, par l'intermédiaire d'un code établi, des images en sons, des sons en textures, des textures en mouvements, des mouvements en odeurs... Ces associations de percepts ne constituent donc pas des synesthésies à proprement parler. Relevant davantage d'un travail de transposition, elles nécessitent la définition de systèmes d'équivalences, d'associations arbitrairement définies, qui seront elles-mêmes retranscrites par les données chiffrées d'un programme.

SYNESTHÉSIES PERSONNELLES

De leur côté, les synesthésies d'ordre idiosyncratique, uniquement valables pour celui qui les établit, font également l'objet d'une forte médiatisation. Le cas des synesthètes et, dans sa forme la plus spectaculaire, celui des syndromes d'Asperger, laissent entendre que les synesthésies sont essentiellement affaire de projections personnelles. Ce type de synesthésies qui se manifeste par la perception de phénomènes quasi hallucinatoires, provoque l'association spontanée d'idées sensibles : un son entraîne l'apparition d'une couleur, ou

inversement. L'évocation d'une lettre ou encore celle d'un chiffre a le même pouvoir. Ce phénomène intéresse au premier chef les sciences de la cognition en ce qu'il met en lumière, de manière exacerbée, la tendance commune du cerveau à établir lors de l'apprentissage des connections qui mobilisent tous les sens. Un individu atteint du syndrome d'Asperger expliquera ainsi qu'il est capable d'effectuer n'importe quel calcul de tête, en quelques fractions de seconde, en voyant simplement apparaître devant lui les couleurs qui correspondent aux chiffres de la réponse.

L'engouement public que suscitent aujourd'hui ces exemples semble répondre aux valeurs dominantes de notre temps, en ce qu'elles consacrent l'espace imaginaire personnel et son caractère unique. C'est en outre ce type de synesthésies qu'Arthur Rimbaud invoquait, lorsqu'il rédigeait son sonnet des « Voyelles ». Pensant à son ami René Ghil, à Ernest Cabaner, à tous les symbolistes et leurs précurseurs, il poussait la recherche des correspondances jusque dans ses retranchements, soulignant le caractère absurde de la quête d'un langage poétique universel.



takete

SYNESTHÉSIES ET RÊVES D'UNIVERSALITÉ

La recherche du langage universel, depuis le *Cratyle* de Platon, nourrit en effet les théories les plus variées en matière de synesthésies. Postulant l'existence d'une langue originelle qui décrivait les objets qu'elle désignait jusque dans ses sonorités, différentes mythologies racontent la dénaturation des langues au cours des siècles. Les synesthésies, enfouies dans notre inconscient collectif, constitueraient ainsi les vestiges de cette langue immémoriale capable d'imiter les images, les formes, les textures, les odeurs, par les seuls sons de la parole. Ces synesthésies seraient ainsi universellement perçues du fait de nos origines communes et leur redécouverte serait dès lors un moyen de retrouver cette communion des sensibilités dans l'acte de communication.

Prolongeant cette quête, nourri par la diffusion de la Gestalt Theorie à la fin du dix-neuvième siècle de Gestal, qui signifie « forme » en allemand un courant en psychologie suppose l'existence de synesthésies corporelles universellement perçues car fondées sur les dispositions du corps lui-même. Ces synesthésies élémentaires détermineraient la manière dont on choisirait les phonèmes qui nous permettent de nommer les choses. Selon cette théorie, nous organisons spontanément nos perceptions selon des modèles structurels, déterminés par les prédispositions de notre corps et attribuons une « coloration » affective aux choses perçues. Dès lors un grand nombre de psychologues se sont attachés à effectuer des sondages auprès de populations de divers pays pour tenter d'identifier les synesthésies élémentaires qui constitueraient la base de toutes les autres.

Au début des années 1930, l'équivalence des couples « aigu-grave » et « clair-sombre » semble communément admise de par le monde. Le psychologue Edward Sapir, s'inspirant des méthodes du gestaltiste Wolfgang Köhler dans les études qu'il consacre au symbolisme phonétique, constate le phénomène en ajoutant deux autres couples : « petit-gros » et « gai-triste ». Peu après, le psychologue Stanley Newman augmente la liste des équivalences avec le couple « léger-lourd ». A leur suite, des années 1930 à aujourd'hui, les psychologues américains Madison Bentley et Edith Varon, Charles Osgood, Roger Brown et Edward Horowitz, Kim et Maurice Taylor, Lawrence Edward Marks, les japonais Ohwaki Yoshikazu et Kazuyuki Sato, et bien d'autres encore, contribueront à enrichir cette liste avec, entre autres, les couples faible-fort, rapide-lent, froid-chaud, féminin-masculin...

On constatera ici que les synesthésies élémentaires ne concernent pas que les sens de la vue et de l'audition, et qu'elles ne concernent d'ailleurs pas que des sensations, englobant non seulement les cinq sens, mais aussi les caractères, les formes, les masses, la durée, l'énergie... L'origine de cette organisation des synesthésies serait à chercher pour certains dans la sexualité incitant à catégoriser les phénomènes en couples d'opposés. Les qualités attribuées aux deux sexes se trouveraient ainsi projetées sur les objets. Ou bien faut-il comprendre ce mode

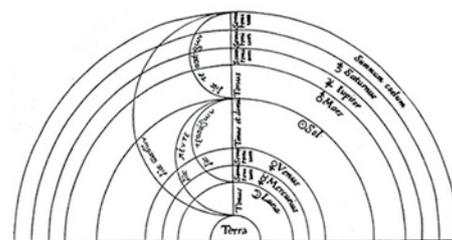
d'appréhension du monde sensible comme une conséquence de la symétrie du corps et de son déséquilibre, l'un des deux côtés étant plus développé que l'autre. On peut aussi supposer que la distinction entre l'intérieur et l'extérieur de l'organisme est à l'origine de cette bipartition. Enfin, les automatismes de la perception, communs aux animaux d'une même espèce y ont certainement leur part.

En France, à la fin des années quatre-vingt, le psychologue Yvan Fonagy voit leur origine dans les fonctions des organes de la phonation. Il postule ainsi que les sensations et idées associées aux phonèmes de toutes les langues sont universellement déterminées par : la langue, les lèvres, les dents, la glotte, qui ne servent pas uniquement à la formation du langage. La nature de leurs autres fonctions détermine la perception que l'on a des sons formés grâce à eux.

Les lèvres sont molles et servent à la succion ou au baiser : les phonèmes employant les deux lèvres seront donc associées à l'idée de douceur, de chaleur, de sucré... Les dents sont dures et servent à découper les aliments : les phonèmes sollicitant l'usage des dents seront donc associées à l'idée de dureté, de sécheresse, de précision... La glotte, et le fond de la gorge de manière générale, correspond à l'appareil digestif, aux odeurs qui en émanent, à son caractère visqueux : les phonèmes qui en sortent seront donc gluants, malodorants, verdâtres, insultants... Le bout de la langue, s'allongeant et se recourbant, permet de lécher : les phonèmes qui s'y forment seront donc délicats, flexibles, liquides, féminins... Le dos de la langue, en tant qu'organe susceptible de se soulever en gonflant, permet de déglutir : les phonèmes qui le font vibrer ou le soulèvent seront belliqueux, agressifs, pleins, virils...

SYNESTHÉSIES ET COMMUNION SENSIBLE

D'autres théories, plus sceptiques quant à l'universalité des synesthésies, voient moins leur origine dans la genèse du langage que dans la structure de chaque langue. Des synesthésies d'ordre linguistique, que l'on pourrait qualifier d'ordinaires, relieront les sensations entre elles par l'intermédiaire de la langue maternelle, étant différentes



selon les langues envisagées. Elles seraient ressenties comme appartenant à l'imaginaire le plus intime de chaque individu, tout en étant perçues par les autres membres d'une même culture. Sous-tendues par les associations d'idées que véhicule une langue à travers son histoire, elles porteraient la trace de la vision du monde qu'induit une culture matérielle donnée. La cause du phénomène serait ainsi liée à l'importance que revêt la langue dans la perception du monde, celle-ci agissant comme un filtre, en réduisant le champ du sensible à un ensemble d'éléments jugés plus significatifs que d'autres. Les mots, constituant un tissu de représentations mentales, détermineraient par consensus la manière dont les choses sont vues et les sens mis en relation.

Au-delà des constructions strictement personnelles, l'identification de ce type de synesthésies rend sensible la part d'imaginaire commun qui fonde notre sensibilité et probablement l'essentiel de notre vie intime. Le fait de sentir œuvrer en nous les processus langagiers qui déterminent notre perception permet ainsi de constater que l'autre se reconnaît, comme nous, dans une association d'idées qu'il pensait issue de son vécu propre. Il est alors possible de vivre jusque dans son corps son appartenance à une communauté, cette expérience rendant particulièrement sensible le fait que la subjectivité des individus est largement façonnée par des associations d'idées communes.

Sentir à quel point notre « jardin intime » constitue « un espace public », et que nous y cultivons pour l'essentiel des plantes communes, voilà une expérience paradoxale capable de renverser les tautologies médiatiques qui voudraient que l'on vive sa vie, que l'on soit soi-même, en cultivant sa différence.

Léon Cléribert
Historien de l'art

I LÉGENDES DES IMAGES

- p 1 . c 1 *Champs magnétiques de la psyché* - Edwin Babbitt
 - p 1 . c 3 *L'homme et le macrocosme* - Robert Fludd
 - p 2 . c 1 *Moteur Stirling* - Michael M. Walsh
 - p 2 . c 1 *Sphère* - Michel Suquet
 - p 2 . c 2 *Tore* - JBL
 - p 2 . c 3 *Bouteille de Klein* - Bibm@th.net
 - p 3 . c 1 *Noeuds* - Wikipédia
 - p 3 . c 2.3 *Changement de présentation d'un noeud*
 - p 3 . c 3 *Double vortex* - Mr D. M Farlane
 - p 4 . c 1.2 .3 *Extrait des tables de Tait*
 - p 4 . c 2.3 *Quelques orbites de l'attracteur de Lorenz* - just.loic
 - p 5 . c 1 *Courbures spatiales* - Gary Hinshaw NASA
 - p 5 . c 3 *Espace sphérique dodécaédrique de Poincaré*
 - p 6 . c 1 *Construction Seifert-Weber*
 - p 6 . c 3 *Polyèdres réguliers* - Kenji Iohara
 - p 7 . c 2/3 *Taches d'Airy* - Thierry Legault
 - p 7 . c 2.3 *Logatom* - Wolfgang Köhler
 - p 8 . c 3 *Intervales harmoniques des sphères* - Thomas Stanley
- Affiche : Photographie Maxime Milan

I EXPOSANTS

- ARTISTES COMMISSAIRES
Norbert GÖDÖN, Sophie POUILLÉ
- ARTISTES
Laurent DEROBERT, Yona FRIEDMAN, Jiri KORNATOVSKY,
Joanie LEMERCIER, Igor PETROFF, Jérôme PIERRE,
Antoine SCHMITT
- COMPOSITEURS
Gregory BELLER, Grégoire LORIEUX
- MATHÉMATIENS
Vincent BORRELLI, Kenji IOHARA, Christian MERCAT,
Cédric VILLANI
- PHYSICIENS
Michaël BERHANU, Florence ELIAS, Annemiek CORNELISSEN,
Yacine DYAMA, Eric FALCON, Timothée JAMIN, Simon MERMINOD
- COSMOLOGUES ET ASTRONOMES
Aurélien BARRAU, Jean-Pierre LUMINET

I REMERCIEMENTS

- Alexandra DE BOUHELLIER, Éric FALCON
- Gaëlle Assier, Damien Arletta, Cécile Bargues,
Bénédicte Bruneau, Julien Camp, Régis Giffon,
Yann Lapoire, Maxime Milan, Angélique Normand,
Julie Sillanolli, Gaetan Scourarnec
- Hubert pour son soutien sans faille

