# AUVERGNE SCIENCES

## BULLETIN DE L'ADASTA

Décembre 1993 NUMERO SPECIAL N° 27-28




ASSOCIATION POUR LE DÉVELOPPEMENT DE L'ANIMATION SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE EN AUVERGNE

# SOMMAIRE


**"Je n'ai rien vu, je regardais",**
Monique SICARD ..... p. 3

**Série I,**
LERMAT CAEN - ISMRA ..... p. 4

**Naissance des images,**
Michel HENRY ..... p. 8

**Série II,**
Bernard CAILLAUD ..... p. 12

**Une histoire des images,**
Bernard MAITTE ..... p. 16

**Série III,**
Jean-François COLONNA ..... p. 18

**Image scientifique et création plastique,**
Bernard CAILLAUD ..... p. 22

**Série IV,**
Roland JOUANISSON ..... p. 24

**Citations,** ..... p. 28

**Série V,**
Bernard CAILLAUD ..... p. 30

**Pour un musée de l'image scientifique,**
Bernard CAILLAUD ..... p. 34

**Série VI,**
Roland JOUANISSON ..... p. 36

**Les auteurs,** ..... p. 40

**Iconographie,** ..... p. 42



L'ADASTA a reçu en 1993
le soutien financier du
- Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche.
- Conseil Régional d'Auvergne.


# EDITORIAL

"La peinture n'a pas toujours besoin d'un sujet". C'est ainsi que Delacroix prévoyait, un bon demi-siècle à l'avance, la naissance de l'art abstrait.

De même, beaucoup d'images scientifiques peuvent être admirées pour elles-mêmes, sans que l'on sache ce qu'elle représentent. Quel chercheur ne s'est jamais attardé, l'œil fixé derrière un oculaire, admirant le spectacle féerique d'une lame de savon ou d'une cristallisation en lumière polarisée?

La Science, aujourd'hui, nous fournit un nombre incalculable d'images dans les domaines les plus divers. Dans ce numéro spécial d'Auvergne-Sciences nous avons demandé à plusieurs personnalités connues pour leurs travaux dans ce domaine, de bien vouloir nous faire part de leurs réflexions : Monique SICARD montre pourquoi "Les images de la Science portent en elles une richesse qui leur est personnelle" ; Michel HENRY nous rappelle ce qu'est une image pour le physicien et Bernard MAITTE retrace l'histoire de cette prodigieuse invention qui marque notre siècle de son empreinte.

Pour illustrer notre propos nous avons choisi de présenter quelques thèmes sous forme de "séries" d'images, pour la plupart inédites. Le laboratoire d'Etudes et de Recherche sur les matériaux de Caen nous révèle des structures d'alliages au microscope ; Bernard CAILLAUD et Jean-François COLONNA, assistés de leur ordinateur, nous livrent quelques-unes de leurs dernières créations ; j'ai, de mon côté, choisi quelques photographies obtenues avec la lumière cohérente du laser ainsi qu'une série de lames minces.

Ces images sont caractéristiques de la Science et des moyens techniques de notre époque. On les reconnaîtra plus tard au premier coup d'œil comme on identifie actuellement une gravure du milieu du XIX$^{e}$ siècle ou une photographie du début du XX$^{e}$. C'est dire que les images ont une histoire, et déjà fort riche. Alors, ne serait-il pas temps de regarder le chemin parcouru et de faire le point sur le rôle de l'image scientifique dans les activités humaines, dans un lieu approprié ? Il y a déjà quelques années que B. CAILLAUD propose la création d'un musée de l'image scientifique. Il nous donne ici les grandes lignes de ce musée imaginaire qui, nous le souhaitons tous vivement, finira par devenir une réalité...

R. JOUANISSON

N.B. Les notices biographiques ainsi que les commentaires qui accompagnent les documents sont regroupés à la fin (pages 40 et suivantes).


*Ce numéro spécial réalisé avec la collaboration de Bernard Caillaud, a bénéficié de l'aide du Conseil Régional d'Auvergne et du Palais de la Découverte.*


AUVERGNE

Palais de la Découverte

## Adhésions et Abonnements

| | |
|---|---|
| Adhésions à titre individuel | 150 F |
| Adhésions à titre collectif | 500 F |
| Membre bienfaiteur | 1 000 F |

L'adhésion donne droit au service gratuit du bulletin et à des réductions sur les différents services rendus par l'Association (publications, stages, visites ...).
Adressez le courrier à **ADASTA, 19, rue de Bien-Assis - 63000 Clermont-Ferrand**
**Tél. 73 92 12 24 - Fax 73 92 11 04**


**AUVERGNE - SCIENCES** - Publication trimestrielle - 19, rue de Bien-Assis - 63000 CLERMONT-FERRAND
Directeur de la Publication : Pierre SOLE - Rédaction : Roland JOUANISSON
N° ISSN 1166-5904
Photo de couverture : image originale de B. Caillaud - Quatrième de couverture : Image de la Voie Lactée (David Romeuf)
REIX Clermont-Ferrand Dépôt Légal Décembre 1993 - N° Imprimeur : 1851

# "JE N'AI RIEN VU, JE REGARDAIS" (*)

*Les images de la science projettent sur des formes nouvelles, des palettes de couleur que nous ne connaissons guère. Elles semblent neuves, sans passé, comme une avant-garde qui crierait : "A bas les clairs de lune !". Rendant disponible ce qui jusqu'à présent relevait de l'invisible, elles transportent le point de vue vers d'autres lieux, d'autres scènes. Pour mieux voir la Terre, le regard s'embarque à bord de satellites et s'éloigne. Pour mieux voir Vénus ou Saturne, le regard vole à bord de sondes spatiales et se rapproche.*

*Entre l'œil et le regard s'interpose l'outil. Il "prend" la vue et nous la ravit. En retour, sa présence marque l'image. Penser les images de la science, c'est penser les outils sans lesquels aucune d'entre elles n'existerait. A notre œil se substituent d'autres yeux. Dans le satellite SPOT 3, qui vient tout juste de prendre le départ, des myriades de détecteurs remplacent nos cônes et bâtonnets. Ils captent, chacun pour un pixel, les rayonnements infra-rouge, rouge et vert ; volent à 830 kilomètres d'altitude et effectuent, en 26 minutes, un tour complet de la Terre.*

*Que les artistes photographes effrayés par ce déploiement de moyens se rassurent. Si les images de la science ne sont pas ce que nous voyons du monde, elles sont à la fois plus et moins que cela. Les physiciens, les informaticiens, risquent fort de se heurter encore longtemps à l'impossible modélisation de l'œil humain et des morceaux de cerveau qui l'accompagnent. Incessante mobilité binoculaire. De droite à gauche, de bas en haut. Ce que nul panoramique photographique n'a jamais réussi à mimer, oubliant dans la foulée que notre rétine n'est pas plane, mais sphérique.*

*Mais surtout, nous oublions que nous ne voyons pas tous la même chose du monde qui s'étale devant nous. Ceux qui regardent n'aperçoivent pas ceux qui voient. Les scientifiques eux-mêmes, dans un moment d'abandon, peuvent être pris en flagrant déli de bascule de la vue vers le regard ; de l'acte de science vers l'exigence artistique.*

*Les images de la science portent en elles une richesse qui leur est personnelle. Peut-être plus qu'une ouverture vers le monde réel, elles nous introduisent au monde de la science ; elles sont le monde compris, reconstruit, codé, mis en scène. Avec des règles, des lois, des modes de représentation. Réalisées avec la plus grande rigueur, l'extrême honnêteté, elles ne peuvent s'empêcher d'être un peu ceux qui les font et de porter leurs auteurs à l'intérieur d'elles-mêmes. Lorsque ceux-ci s'en aperçoivent, il leur arrive de se laisser entraîner dans les sillages et les plaisirs de la création artistique. Le spécialiste reconnaît facilement la "touche" des chercheurs japonais dans les images de microscopie électronique ; la "patte" du chercheur-créateur J.F Colonna, dans les images de la mathématique... Les images de science, si institutionalisées soient-elles, sont des images signées.*

*Nous sommes, beaucoup plus que ce que nous pensons, empreints de culture. Comme une obstination. Il en résulte des conflits : le cognitif, comme l'on dit, s'affronte au visuel. Lorsque nous nous penchons sur les images satellites des montagnes alpines, nous ne reconnaissons plus ni la vallée de Chamonix, ni le massif du Mont Blanc. Sur les cartes géographiques ombrées que nous avons beaucoup plus souvent l'habitude de consulter, ce sont les flancs sud et est qui, conventionnellement, apparaissent sombres. Sur les images satellites, ce sont au contraire (et naturellement), les flancs ouest et nord. Le poids des habitudes est tel que nous lisons la "photographie" comme une carte de géographie.*

*Le Mont Blanc nous apparaît soudain en creux.*

*Un même objet peut avoir plusieurs images, plusieurs représentations et les objets mathématiques ne font pas exception. Inversement, deux objets différents peuvent avoir une même représentation. Qui ne s'est pas un jour amusé à ce jeu de bascule qui consiste à voir le cube représenté, tantôt comme plongeant vers l'avant, tantôt vers l'arrière.*

*Nos regards sont fortement teintés de culture. Il y a conflit entre ce que nous savons et ce que nous voyons. Mais qui s'interroge ? Cet organite qui apparaît au microscope polarisant sous forme d'une bosse, et dont nous n'avons aucun référent visuel direct, ne serait-il pas plutôt creusé en coque de noix ? En matière de lecture d'images, nous avons un lourd passif ; est-il possible de se débarrasser de l'empirisme, du poids des habitudes, afin de tout reconsidérer d'un œil neuf ?*

*Les images de la science fascinent et troublent à la fois. On leur reproche d'être froides, monstrueuses. Mais au-delà de leur caractère universel, se cache le grand désir de voir. On aurait pu peut-être se contenter de tableaux de chiffres mais l'image réconforte, autorise la correction des modèles. Privilégiant les structures au détriment des détails, elle réactive les questions. L'image, en retour, modifie la pensée scientifique. Les champs d'investigation ouverts par les images numériques ont largement contribué à remettre en vigueur le concept de complexité, à se tourner vers les formes de la nature, vers des structures difficiles à appréhender à l'aide des seules images mentales. Alors, s'est atténué le grand partage. Il n'y a plus d'un côté l'ennui de la science et de l'autre le plaisir des arts. L'image a bouleversé l'"image" de la science. Et l'on peut se demander si les formes, les emboîtements, les géographies n'auraient pas pris le pas sur le concept de temps, l'idée de vitesse ? Le visible empêcherait-il de penser l'invisible ?*

*Dans notre monde bousculé qui éclate et se fragmente, la rupture s'accentue entre le public et la science : celle-ci ne constitue ni un outil de prédiction, ni une thérapie. Les questions émanant du champ social ne coïncident pas avec les interrogations surgissant du champ scientifique. La science ne répond pas, et pour cause, aux attentes de la société. Dans cette histoire de dialogue en voie de désagrégation, les images, et ceux qui les créent, les façonnent, ont un rôle privilégié à jouer. On peut reprocher aux images de la science de camoufler trop facilement sous des couleurs chatoyantes les tumeurs cérébrales ou les pollutions catastrophiques. Mais les plaisirs spontanés qu'elles font naître, constituent un extraordinaire tremplin, un remarquable outil de dialogue entre les créateurs d'images et le grand public. Mouvantes, elles sont porteuses d'une histoire qu'elles marquent en retour. A ce titre, il est indispensable de sauver les images qui perdent, avec leurs légendes, les conditions mêmes de leur création et se retrouvent trop souvent, après usage, dans les poubelles des institutions. Le Musée de l'Image scientifique, cher à Bernard Caillaud, doit d'urgence trouver un lieu d'hébergement.*

*Lire est un acte dynamique, mouvant. "Quand je lis Einstein,", dit Picasso, "je ne comprends rien, mais je comprends autre chose". Nous ne lisons plus aujourd'hui les images du XIX^e^ siècle comme nous les lisions autrefois. Nous ne lirons pas demain les images d'aujourd'hui comme nous les lisons maintenant. Au "Qu'est-ce que c'est ?" et au "Comment ?" se substitue, avec le temps, le "Qui ?" et le "Quand ?" : insensiblement, l'image de science bascule vers l'œuvre d'art.*

*Seule, la question du sens, celle du "Pourquoi ?", est rarement posée. Mais si les artistes avaient à fouiller dans le vaste grenier des images de la science, c'est peut-être aussi de ce côté-là qu'ils devraient se tourner. Il est, à coup sûr, riche d'enseignement.*

*Ils pourraient alors y ajouter une insolite question d'avenir : celle du "Pour quoi ?".*

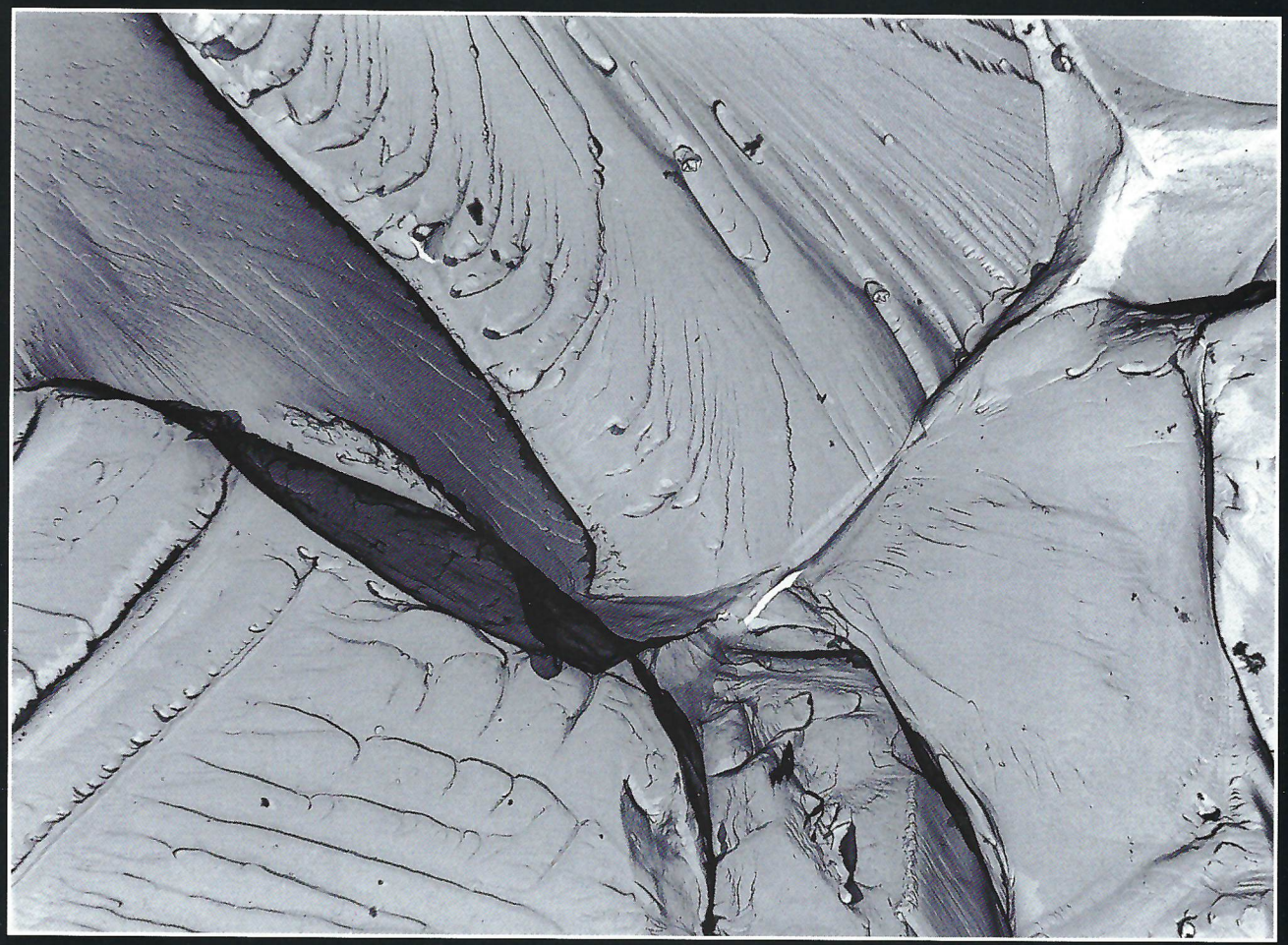
Monique Sicard (CNRS Images Media)

(*) Jean Painlevé, inédit.

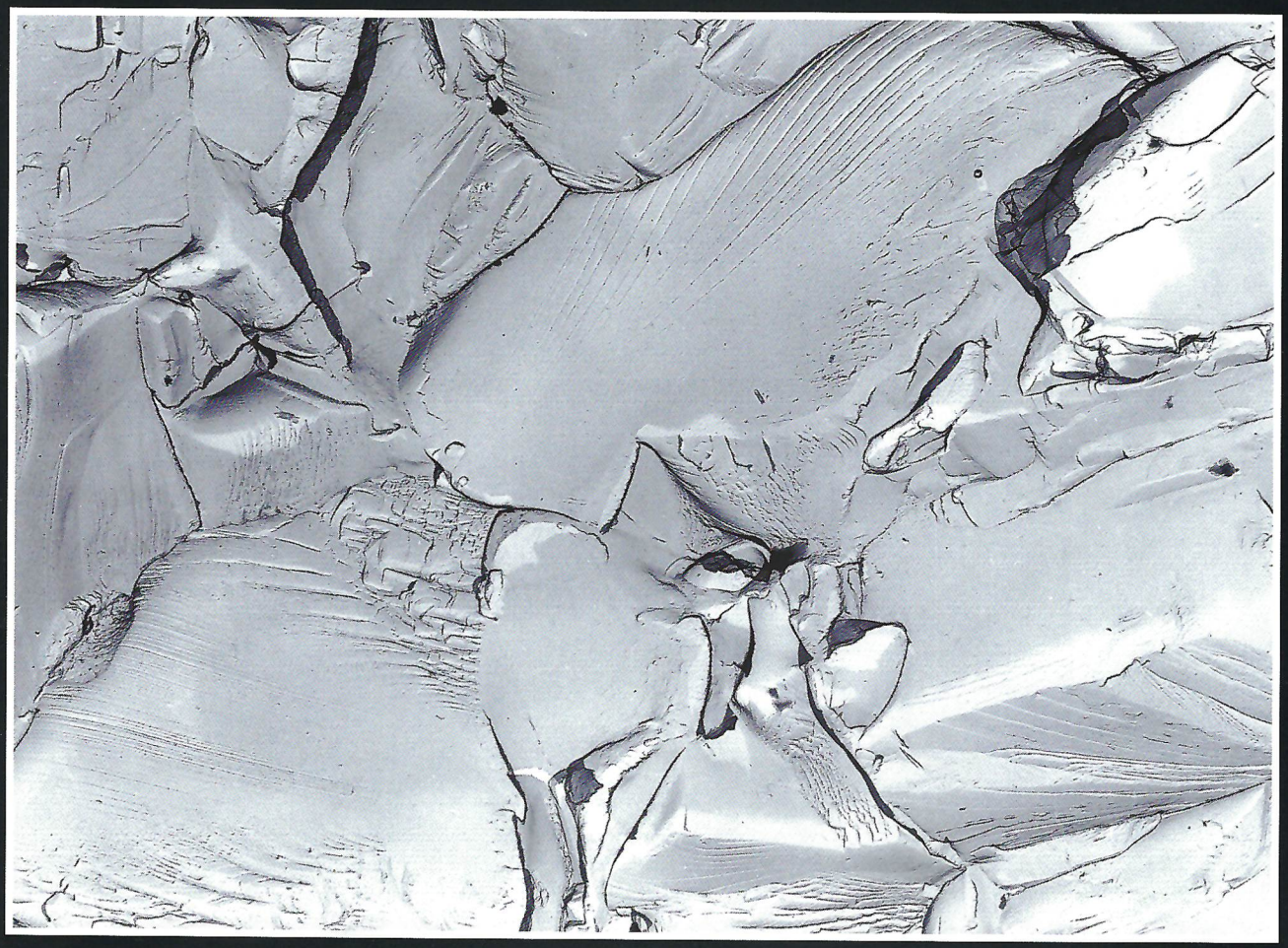
Série I

# *LERMAT Caen - ISMRA*

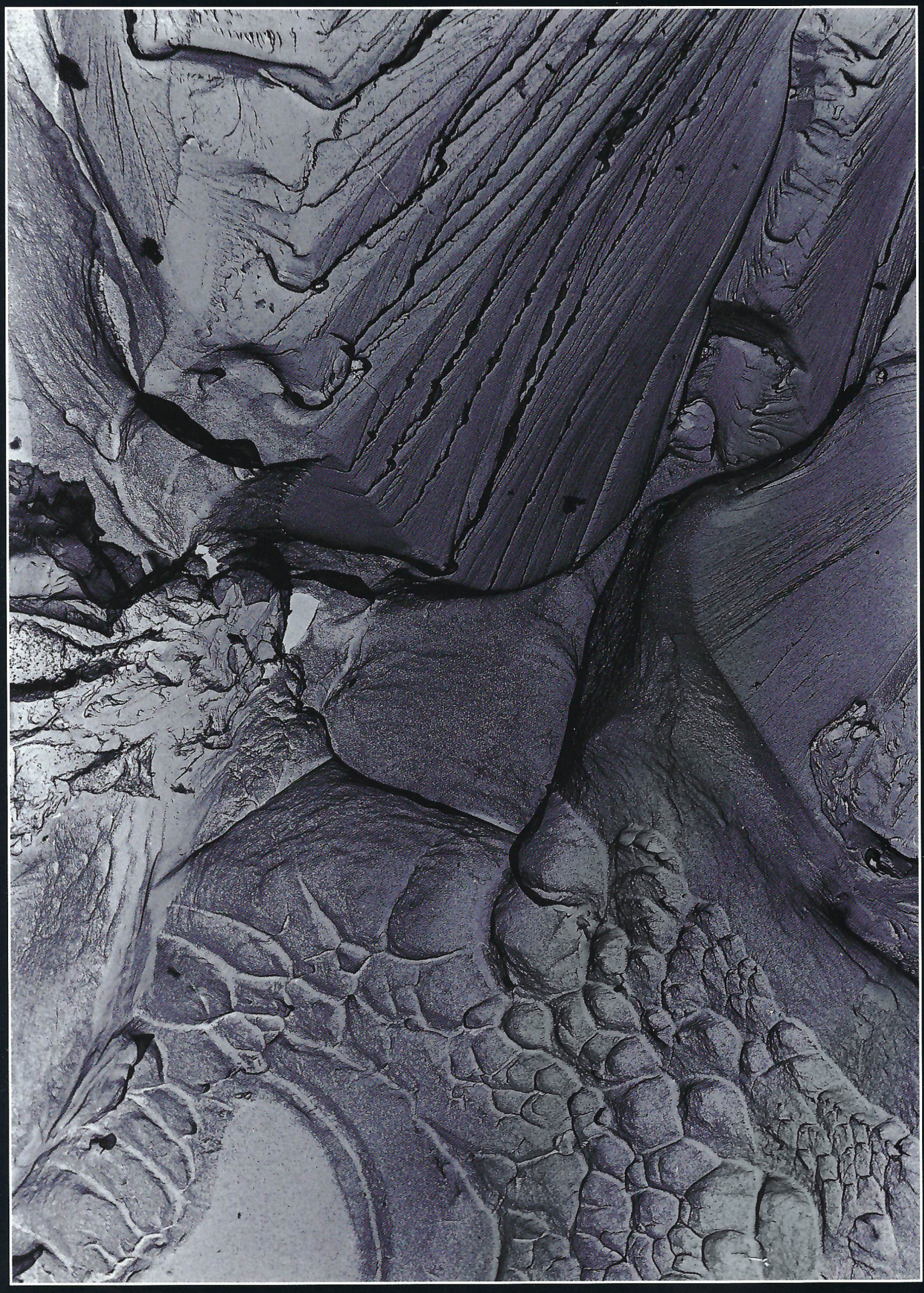




2



3





# NAISSANCE DES IMAGES

*Michel HENRY*

*Avec la conquête du feu, la reproduction d'objets - la création d'images - est l'une des étapes majeures de l'éveil de l'humanité. Nous ignorerons toujours comment et pourquoi naquit cette idée, mais si l'on en juge par notre époque, ce fut incontestablement une idée de génie : c'est un lieu commun d'affirmer que nous vivons dans un océan d'images.*

## INTRODUCTION

"Mais une image, à tout prendre, qu'est-ce ?" Nous pouvons nous en faire une idée grâce à quelques expériences simples. Fermez les yeux, ou faites l'obscurité, et vous ne voyez plus d'images.

Ne haussez pas trop vite les épaules : il est bien évident qu'il faut éclairer les objets et que la lumière doit entrer dans nos yeux pour que nous puissions voir des images... Si évidentes que soient ces notions, il leur a quand même fallu plusieurs millénaires pour s'imposer. Euclide, pour ne citer que lui, imagine encore l'envoi par l'œil de messagers chargés de tâter les objets, puis de rendre compte. Dans l'obscurité, ces messagers s'égarent...

Poursuivons nos expériences. Prenez une image, par exemple une carte postale, découpez-la et éparpillez-en les morceaux sur une table. Si les morceaux sont assez réduits et bien mélangés, il est difficile de reconnaître la vue initiale. Pourtant les coups de ciseaux n'ont rien retranché à l'information présente.

Maintenant, projetez une diapositive puis déréglez le plus possible la mise au point ou , mieux, ôtez l'objectif si l'appareil s'y prête. Le charmant sourire de votre petit dernier a disparu, remplacé par une tache à peu près uniforme, vaguement colorée de-ci, de-là. Pourtant, nous n'avons pas soustrait d'information en déplaçant l'objectif.

Ce ne sont pas non plus des illusions de nos sens, puisque nous pouvons photographier ces divers aspects.

## RECUEILLIR ET ORDONNER L'INFORMATION

Nous interprétons ces expériences, comme toutes celles du même type, en admettant que la formation d'une image est un processus en deux temps : le recueil de l'information puis sa mise en ordre. C'est la lumière qui se charge du premier acte : sa rencontre avec un objet modifie l'intensité et la couleur du faisceau lumineux, et les modifications sont ensuite acheminées vers le récepteur.

Pour reconstruire une image à partir de ces modifications, il faut extraire et ordonner l'information qu'elles contiennent. Or, nous disposons de plusieurs solutions pour effectuer cette remise en ordre.

La plus ancienne, et sans doute la plus simple, est celle qu'utilise le dessinateur ou le typographe (même muni d'un ordinateur...). Elle consiste à prendre les éléments (les caractères d'imprimerie), à les ranger les uns derrière les autres (pour former un mot, puis une ligne, puis une page..). Chose curieuse, cette méthode d'imagerie est aussi l'une des plus modernes puisque les images télévisées, les images du radar ou celles du microscope à balayage sont aussi formées point par point.

Une autre solution avait été proposée au XVIII[e] siècle, qui consistait à transmettre au même moment chaque élément d'information par un canal différent et à ordonner les canaux à l'arrivée. Cette solution tomba dans l'oubli avant d'être "redécouverte" en 1954 par plusieurs équipes de chercheurs travaillant dans le domaine des fibres optiques. Les premières fibres venaient d'être mises au point et Van Heel d'une part, Hopkins et Kapany d'autre part, imaginèrent de les réunir en faisceaux, chaque fibre mettant en relation un point de l'objet et le point homologue de l'image.

Bien entendu, il est indispensable que les fibres soient soigneusement rangées pour que l'image ne soit pas déformée lors de la transmission.

C'est selon ce principe que furent développés les premiers endoscopes mais aussi, résultat plus inattendu, une méthode de codage proposée par Kapany. Le principe en est simple : les fibres sont convenablement rangées aux deux extrémités du faisceau de transmission, mais mélangées au centre et le bloc ainsi formé scié en deux. L'expéditeur code son message en le photographiant à travers le premier demi-bloc et le destinataire le décode par observation du cliché à travers le second demi-bloc. Le faisceau comportant plusieurs millions de fibres, le nombre de combinaisons possibles interdit pratiquement de retrouver l'arrangement particulier utilisé et rend le code inviolable. Cette forme particulière de cryptographie a sans doute trouvé des adeptes auprès de services secrets ou d'industriels, et en tous cas fait le bonheur de plusieurs auteurs de romans policiers.

Comme souvent, la nature avait inventé le procédé bien avant l'homme : les yeux composés des insectes sont en fait des faisceaux de fibres optiques, chaque fibre (ommatidie) participant à la formation d'un élément d'image.

Les deux procédés de formation d'une image possèdent la même particularité : les divers éléments - les spécialistes parlent plus volontiers de pixels, abréviation de l'américain picture élément - sont transmis séparément, soit dans le temps (l'un après l'autre) soit dans l'espace (l'un à côté de l'autre). A côté d'avantages certains, cette séparation présente une lourde sujétion : elle exige beaucoup de temps (ou d'espace) et est particulièrement sensible aux "incidents de parcours". Une solution plus fiable consiste à transmettre en même temps et par le même canal tous les éléments de l'image. C'est celle adoptée par la nature, pour l'œil des espèces les plus évoluées, et copiée par l'homme pour les instruments d'optique.

## LES MODELES DE COMPORTEMENT DE LA LUMIERE

Le schéma de formation des images en deux temps constitue le principe de base de tous les instruments d'optique, du plus simple, la loupe, au plus complexe, le télescope ou le microscope. Nous nous intéressons ici au second et plus précisément à la façon dont les composants optiques, miroirs et dioptres, remettent en ordre l'information que la lumière a extraite des objets et qu'elle transporte.

Ce schéma résume tout un ensemble de concepts et de lois patiemment élaborés au cours des siècles. Les architectes du Parthénon en utilisaient déjà les premiers rudiments, et nous y apportons encore quelques retouches. Toutefois l'ossature et les principaux éléments en sont fixés depuis près de deux siècles, aussi les efforts actuels portent-ils surtout sur l'amélioration des images et la réalisation de dispositifs d'imagerie de plus en plus sophistiqués. Il est traduit concrètement par deux modèles de comportement de la lumière, celui du rayon lumineux et celui de l'onde lumineuse.

## LE RAYON LUMINEUX

Parmi ces notions anciennes mais fécondes que nous utilisons toujours, citons en premier le rayon lumineux. Ce concept permet d'expliquer sans difficultés majeures comment une lentille, une loupe ou un verre de lunette, peuvent organiser l'information portée par la lumière. Les sources lumineuses (le Soleil, les bougies...) émettent "quelque chose" qui se

propage dans l'espace le long de lignes, les rayons lumineux. C'est à dessein que j'utilise le terme "quelque chose", la nature intime de la lumière n'entrant ici pas en jeu. Tant que le milieu est homogène, les rayons lumineux sont des droites, des courbes sinon.

Ouvrons une parenthèse : en 1895, Röntgen découvre un rayonnement qu'il baptise X dans l'ignorance de sa nature. Cependant il en observe la propagation rectiligne et émet aussitôt l'hypothèse d'une analogie avec la lumière, hypothèse que vérifie Thibaud en 1928. Pour nous, les radiographies ne sont que des ombres, où seules les variations d'absorption révèlent la variété des organes.

Le modèle du rayon lumineux a été inventé par les philosophes grecs pour expliquer les inflexions de la lumière lors de la rencontre des miroirs et des dioptres, inflexions que nous baptisons réflexion ou réfraction selon le cas. Le plus intéressant est qu'il permet de quantifier ce comportement grâce à des lois simples, celles de Descartes (ou de Snell), qui figurent dans tous les chapitres de base des traités d'optique. Nous devons à la vérité historique de préciser que seule la loi de la réfraction est à porter au crédit de Descartes, la loi de la réflexion étant déjà connue de Pythagore cinq siècles avant notre ère.

Quoi qu'il en soit, avec ces deux lois, nous tenons les clés de l'énigme de la remise en ordre de l'information portée par la lumière. Une simple construction géométrique[1] basée sur les lois de Descartes montre en effet qu'à chaque point de l'objet une lentille, ou plus généralement un système optique, fait correspondre un point image et que l'organisation spatiale des points de l'image est homologue de celle des points de l'objet, ou, dit plus simplement que l'image ressemble à l'objet. De plus, si l'objet s'approche ou s'éloigne de la lentille, le point image se place fidèlement plus ou moins près de celle-ci. Autrement dit, si nous nous limitons aux images contenues dans un seul plan, situation somme toute assez courante, les seuls objets utilisables sont aussi ceux contenus dans un plan ou dans ses parages immédiats. Les dimensions de cette zone, variables selon le système optique et la position du plan image, constituent la profondeur de champ.

Il est à remarquer que cette notion est sans objet pour le microscope ou le radar à balayage, de même que pour l'appareil à sténopé l'image étant dans tous les cas formée à partir d'un très fin pinceau de lumière.

## DES ABERRATIONS GEOMETRIQUES ET CHROMATIQUES

Malheureusement, la correspondance entre le point objet et son image n'est pas aussi parfaite que nous l'avons laissé entendre et les rayons issus d'un point objet ne passent pas exactement par le point image, ce qui explique la mauvaise qualité de certaines images. Les défauts qui en résultent portent le nom d'aberrations, géométriques ou chromatiques selon leur origine. Une part importante des travaux actuellement menés dans les laboratoires d'optique est consacrée à leur correction.

Les aberrations géométriques sont liées à la forme des surfaces utilisées et il en existe donc une grande variété. Nous utilisons encore le classement établi par Seidel en 1856 et reposant sur l'aspect de l'image : aberration sphérique, distorsion, coma...Il est possible de les corriger soit par un choix convenable des courbures des surfaces (miroirs ou dioptres) soit, plus communément, par une combinaison judicieuse de surfaces sphériques, celles-ci présentant l'avantage sur celles-là d'être usinables en grande série, donc à moindre coût.

Parmi les plus utilisées des surfaces non sphériques, citons le miroir parabolique de télescope, imaginé en 1774 par Herschel et perfectionné en 1840 par Lord Rosse.

De nos jours le concepteur, assisté d'un ordinateur, trace un grand nombre de rayons lumineux et modifie les rayons de courbure des surfaces ainsi que les indices des verres jusqu'à obtenir un résultat conciliant au mieux la qualité de l'image et le coût de fabrication.

Wollaston en 1812 avait proposé une autre solution : jouer sur les indices des verres dans lesquels sont taillés les lentilles. Rien - si ce n'est la complexité technique de réalisation - n'interdit l'emploi de matériaux dont l'indice de réfraction varie d'un point à l'autre[2]. Dans ces verres, les rayons lumineux ne sont plus des droites mais des courbes dont la forme dépend de la loi de variation spatiale de l'indice. Il est possible de choisir cette loi pour rassembler les rayons issus d'un point lumineux, donc former une image. Le problème majeur à résoudre reste bien entendu la fabrication en grande série de tels composants.

Les aberrations chromatiques, filles des célèbres expériences de Newton, sont dues au fait que l'indice de réfraction d'un milieu dépend de la couleur de la lumière, plus élevé pour le bleu que pour le rouge. D'un point source de lumière polychromatique, en particulier blanche, un dioptre - et par suite une lentille - donnent autant de points image qu'il existe de couleurs dans le spectre. L'irisation des images qui en résulte constitue l'aberration chromatique. Il est possible de la corriger, au moins en partie, en associant des verres de compositions différentes, en principe du "crown", dont l'indice varie peu avec la longueur d'onde, et du "flint", dont l'indice varie davantage.

Il est curieux que Newton, ayant mal interprété la dispersion de la lumière, jugea qu'il était impossible de corriger les aberrations chromatiques. Fort heureusement pour nous, Hall en 1723, puis Euler en 1747, rétablirent la vérité à l'encontre des théories alors admises et les premiers objectifs achromatiques furent taillés à Londres en 1757 par l'opticien Dollond.

## L'ONDE LUMINEUSE

Après tous ces efforts pour corriger au mieux les aberrations en tous genres, sommes-nous au bout de nos peines ? Non, hélas. Il subsiste encore des défauts dont l'origine est la même que celle du flou de certaines ombres, la diffraction. Ce phénomène se manifeste par des déviations du faisceau lumineux que le modèle du rayon lumineux s'avère impuissant à décrire autant qu'à prévoir.

## LA DIFFRACTION

Décrite pour la première fois en 1663 par Grimaldi, la diffraction requiert un modèle plus élaboré que le rayon lumineux, celui de l'onde lumineuse.

Pressentie par Descartes sous la forme très vague d'un ébranlement, l'onde lumineuse est clairement définie dès la fin du XVII[e] siècle par le hollandais Huyghens, travaillant alors à Paris grâce au soutien financier de Colbert. L'autorité de Newton est encore telle que Huyghens doit battre en retraite, si bien que la théorie ondulatoire de la lumière reste pratiquement lettre morte jusqu'à la fin du siècle dernier en dépit de la brillante synthèse de Fresnel. Le jeune ingénieur normand, appuyé par Arago, dote le modèle de Huyghens d'une solide base théorique et expérimentale. Publié en 1816 son mémoire est couronné par l'Académie des Sciences en 1819. En vain. Les autres physiciens ne "suivent" pas, et il faudra attendre les mesures cruciales de Fizeau et de Foucault sur la vitesse de la lumière dans les milieux matériels en 1849 pour que la communauté scientifique commence à s'intéresser aux idées de Huyghens et de Fresnel.

Il est beaucoup moins intuitif d'imaginer une onde lumineuse que de se représenter un rayon de lumière. Les rides à la surface de l'eau constituent une analogie commode et montrent un résultat important : il est possible de simuler avec elles tous les résultats de l'optique des rayons lumineux : réflexion sur un miroir, réfraction par un dioptre, action d'une lentille..., ce qui montre que le modèle de l'onde lumineuse n'est pas incompatible avec le mécanisme de la formation d'images décrit ci-dessus. Les rides montrent en outre les phénomènes purement ondulatoires comme la diffraction ou les interférences. En d'autres termes, le modèle de l'onde lumineuse est plus général que celui du rayon lumineux, et celui-ci n'a subsisté que grâce à la simplification qu'il apporte dans de nombreux cas, entre autres en optique instrumentale.

La lumière se propageant comme une onde, les surfaces d'onde en fixent l'état à un instant donné et les normales aux surfaces d'onde, que nous assimilons aux rayons lumineux, en décrivent la propagation au cours du temps.

Il existe une règle de comportement, équivalent des lois de Descartes pour le modèle du rayon lumineux, le principe de Huyghens-Fresnel. Ce principe permet de déterminer de proche en proche la structure de l'onde transmise en considérant que chacun des points recevant une onde lumineuse se comporte à son tour comme une source lumineuse réémettant une ondelette. La combinaison (interférence) de toutes ces ondelettes donne l'onde transmise...et ainsi de suite.

Si l'on a pu dire que le principe de Huyghens-Fresnel ouvrait des voies nouvelles en optique, c'est parce qu'il fournit une interprétation de la diffraction et de la dégradation des images qui lui est associée, comportement laissé inexpliqué par les lois de Descartes. Pour en saisir le raisonnement, revenons à la ride sur l'eau et observons un point M en aval de la ride.

D'après le modèle du rayon lumineux, le mouvement de ce point est entièrement déterminé par celui du point P de la ride situé exactement en amont.

Par contre, le principe de Huyghens-Fresnel nous invite à regarder le mouvement de M comme résultant de celui de P et aussi de ceux des points voisins de P.

Il est facile de concevoir, dans ces conditions, que supprimer l'influence de certains points par le biais d'un écran modifie – et quelquefois considérablement – la répartition de la lumière en aval de l'obstacle. C'est ainsi que l'inévitable limitation des faisceaux lumineux par les montures des lentilles provoque leur diffraction et contribue à dégrader l'image.

## DIFFRACTION ET IMAGES

La diffraction n'est tout de même pas qu'un trublion. Bien au contraire, elle joue un rôle de premier plan dans la formation des images. Un objet placé dans un faisceau de lumière en diffuse toujours une partie. C'est, nous l'avons vu, le premier stade de la formation d'une image, le recueil d'information. En d'autres termes, chacun de ses points, obéissant au principe de Huyghens-Fresnel, réémet une onde lumineuse. Autant dire qu'il la diffracte.

Ce point de vue, proposé par Abbe en 1875, puis généralisé par Duffieux en 1946 grâce à l'élégant formalisme de la transformation de Fourier, est de nos jours le b-a ba de toute recherche en optique.

Dès lors, il devient commode de suivre pas à pas la formation d'une image.

Tout d'abord, l'objet diffracte la lumière. Les fins détails diffractant sous des angles plus importants que les plages uniformes, la répartition dans l'espace de la lumière diffractée, le spectre de Fraunhofer de l'objet disent les physiciens, n'est pas uniforme. Au centre du spectre, dans la direction générale de propagation de la lumière, se rassemble la lumière associée aux plages uniformes et à la périphérie s'étale celle provenant des détails.

Il est important de se souvenir que le spectre contient autant d'information que l'objet, ni plus, ni moins. Elle n'est pas répartie de la même façon dans l'espace, voilà tout.

Ensuite, les lentilles, diaphragmes et autres obstacles que nous interposons sur le parcours de la lumière en modifient le spectre qui devient un nouvel objet diffractant à son tour la lumière, le spectre de ce nouvel objet n'étant autre que l'image de l'objet initial. Cette décomposition de la formation des images apporte une commodité de calcul mais aussi une facilité expérimentale : il est souvent plus pratique de modifier une image par le biais de son spectre de Fraunhofer que directement.

Supprimons par exemple à l'aide d'un petit écran la lumière issue du centre du spectre. Seule subsiste la lumière périphérique et l'image est réduite aux détails de l'objet. Nous retrouvons sans peine le principe de la strioscopie[3], des tests de Foucault... Une méthode moins brutale, le contraste de phase, substitue à l'opaque diaphragme une lame transparente qui déphase l'onde centrale par rapport à la lumière périphérique et permet des modifications plus fines de l'image. Mise au point par Zernike en 1935, elle lui valut le prix Nobel de 1953. Le contraste de phase est d'utilisation courante en biologie car il autorise l'observation de tissus vivants, au contraire des colorations.

Mieux encore, est-il possible d'utiliser directement le spectre de Fraunhofer et de se passer des lentilles, dont le seul rôle est de retraduire l'information qu'il contient, et qui de toutes façons n'existent pas pour une large gamme de rayonnements, tels les rayons X ou les ondes radar ?

Oui, et de deux façons. La première consiste à calculer[4] les éléments de l'image à partir de ceux du spectre. Cette idée, lancée par Bragg en 1939 pour l'étude des cristaux aux rayons X, a été reprise par l'ingénieur Hountsfield, le père du scanographe (ou scanner) et dont le prix Nobel de 1979 fait écho à celui décerné en 1901 à Röntgen. La seconde, qui associe le spectre à une onde de référence, n'est autre que l'holographie, inventée par Gabor, prix Nobel en 1971.

Nous voici au terme de notre exploration. La lumière reste le principal lien entre l'homme et l'univers grâce aux messages qu'elle délivre sans cesse, les images. De Galilée aux sondes Voyager, de l'artiste de Lascaux à Bernard Buffet, le but poursuivi est le même : transmettre une information sous la forme la plus condensée que nous connaissions, une image.

*"Mais une image, à tout prendre, qu'est-ce ?*
*Un point rose qu'on met sur l'i du verbe voir."*

1 - D'où le nom d'optique géométrique souvent donné à cette partie de l'optique
2 - Les fibres à gradient d'indice sont d'utilisation courante, mais seulement pour transmettre des signaux.
3 - Dite aussi "schlieren ", terme allemand signifiant...stries
4 - Par transformation de Fourier...

# BIBLIOGRAPHIE


## I - HISTOIRE DE L'OPTIQUE

B. MAITTE. *La lumière.* Ed. du Seuil, Paris 1981
J. ROSMORDUC. *De Thalès à Einstein.*
Ed. Etudes vivantes, Paris 1979
J. ROSMORDUC. et J.P MATHIEU coordonateurs.
*Histoire de la Physique*
T.1 Tec et Doc, Paris 1987
T.2 Tec et Doc, Paris 1991
C.HUYGHENS. *Traité de la lumière.* Réédition Dunod,
Paris 1992

## II - TRAITES ET ARTICLES

R. PRAT. *L'optique* Ed. du Seuil, Paris 1962
M.FRANCON. *L'optique moderne et ses développements .*
Hachette, Paris 1986
M. HENRY - R. JOUANISSON. *La lumière du laser.* Masson
Paris 1987
M. HENRY. *Le traitement optique des images.*
Auvergne Sciences n°3 p.5, 1987
M. HENRY. *Hologrammes et Images.*
Auvergne Sciences n°6 p.3, 1988
M. HENRY. *Les Verres correcteurs de la vision.*
Auvergne Sciences n°17 p.12, 1991


*Figure 1*
Formation d'une image dans un miroir plan. Les rayons lumineux issus du point F passent après réflexion par le point F', image de F.

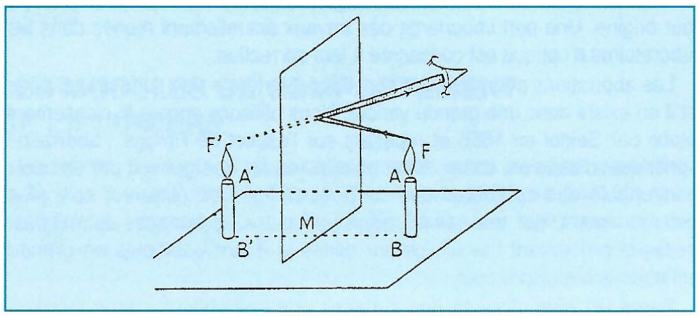



*Figure 2*
Formation d'une image dans un miroir sphérique. Les rayons lumineux obéissent aux lois de Descartes.

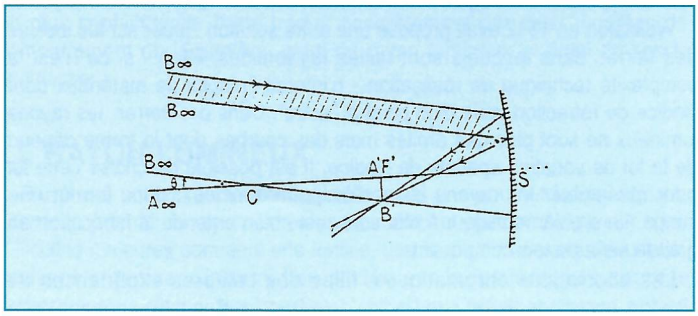


*Figure 3*

Images dans une lentille convergente. Lorsque l'objet occupe successivement les positions $A_1$ $B_1$, $A_2$ $B_2$, $A_3$ $B_3$..., l'image occupe les positions $A'_1$ $B'_1$, $A'_2$ $B'_2$, $A'_3$ $B'_3$...

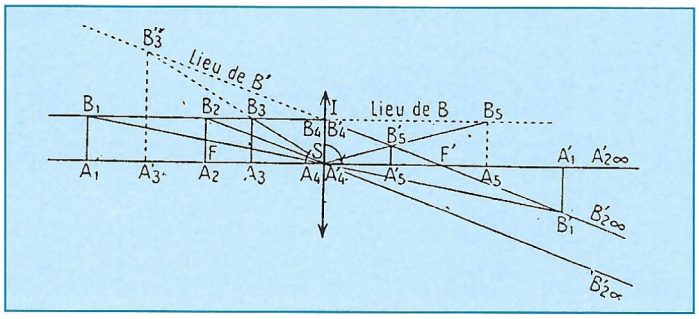



*Figure 4*

Aberrations géométriques d'une lentille. Les rayons centraux, passant près de l'axe de la lentille, convergent au point A'c, tandis que les rayons marginaux passant par les bords de la lentille convergent au point A'm, situé plus près de la lentille.

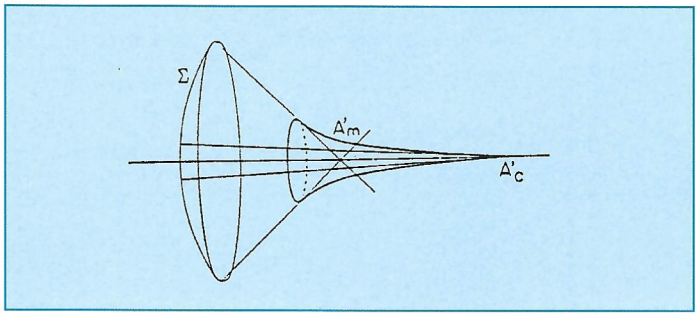



*Figure 5*

Principe de Huyghens-Fresnel. La propagation de l'onde issue du point source H est décrite de proche en proche comme la combinaison (interférence) d'ondelettes telles que celles issues des points M et N.

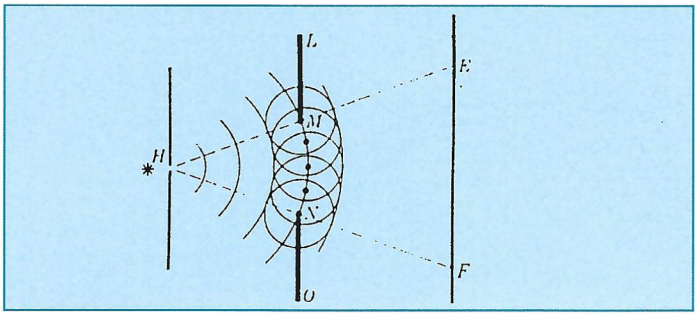
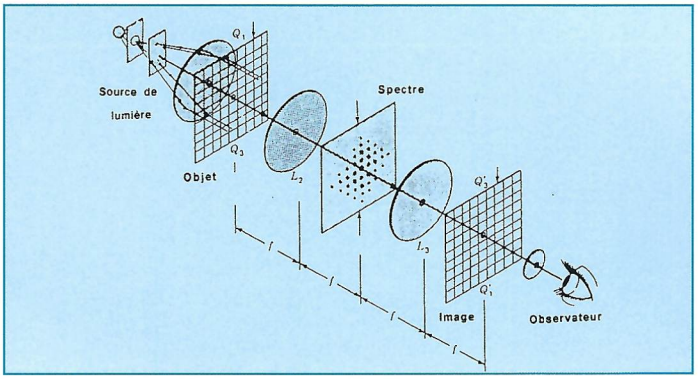
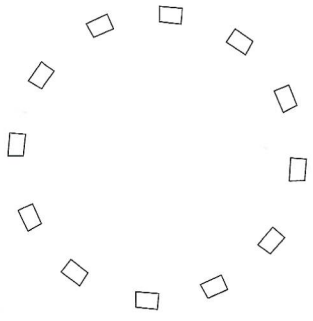



*Figure 6*

L'objet diffracte la lumière issue de la source de lumière. Le spectre (figure de diffraction) est considéré comme un nouvel objet diffractant dont le spectre n'est autre que l'image du premier objet.



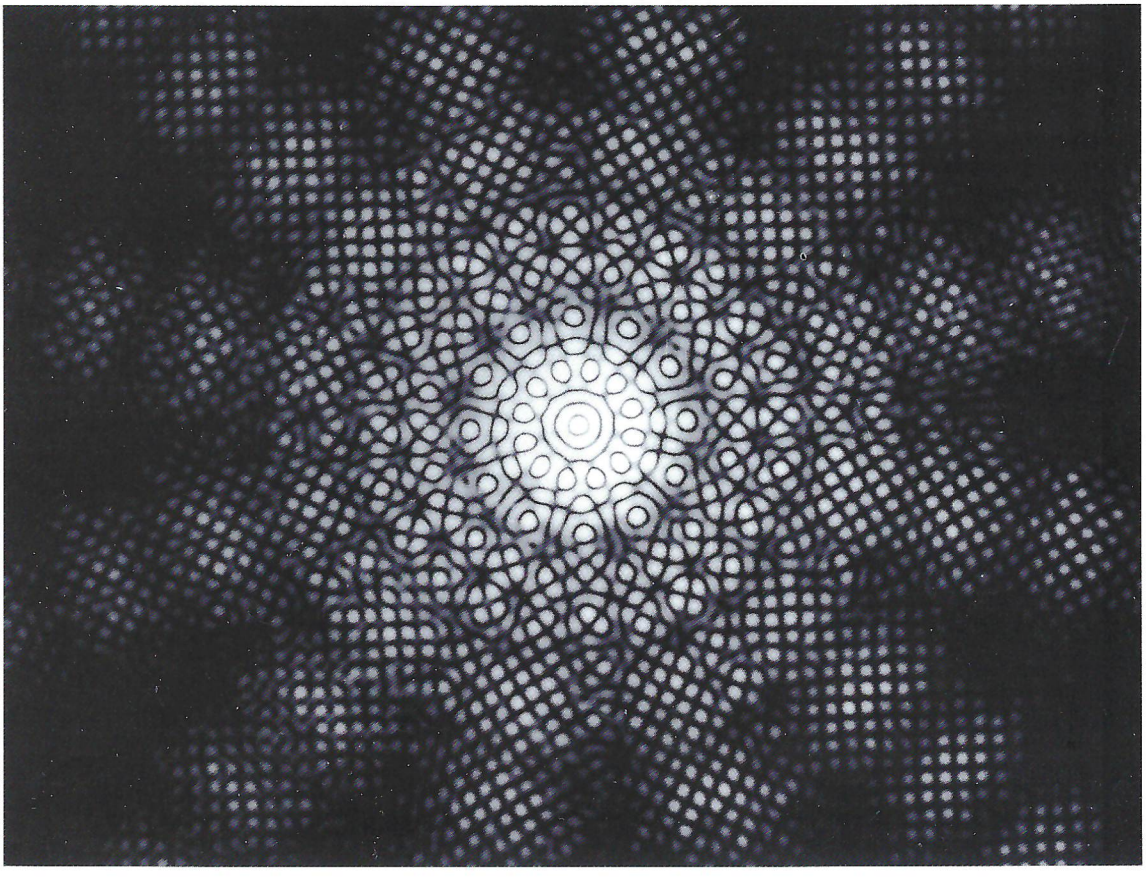
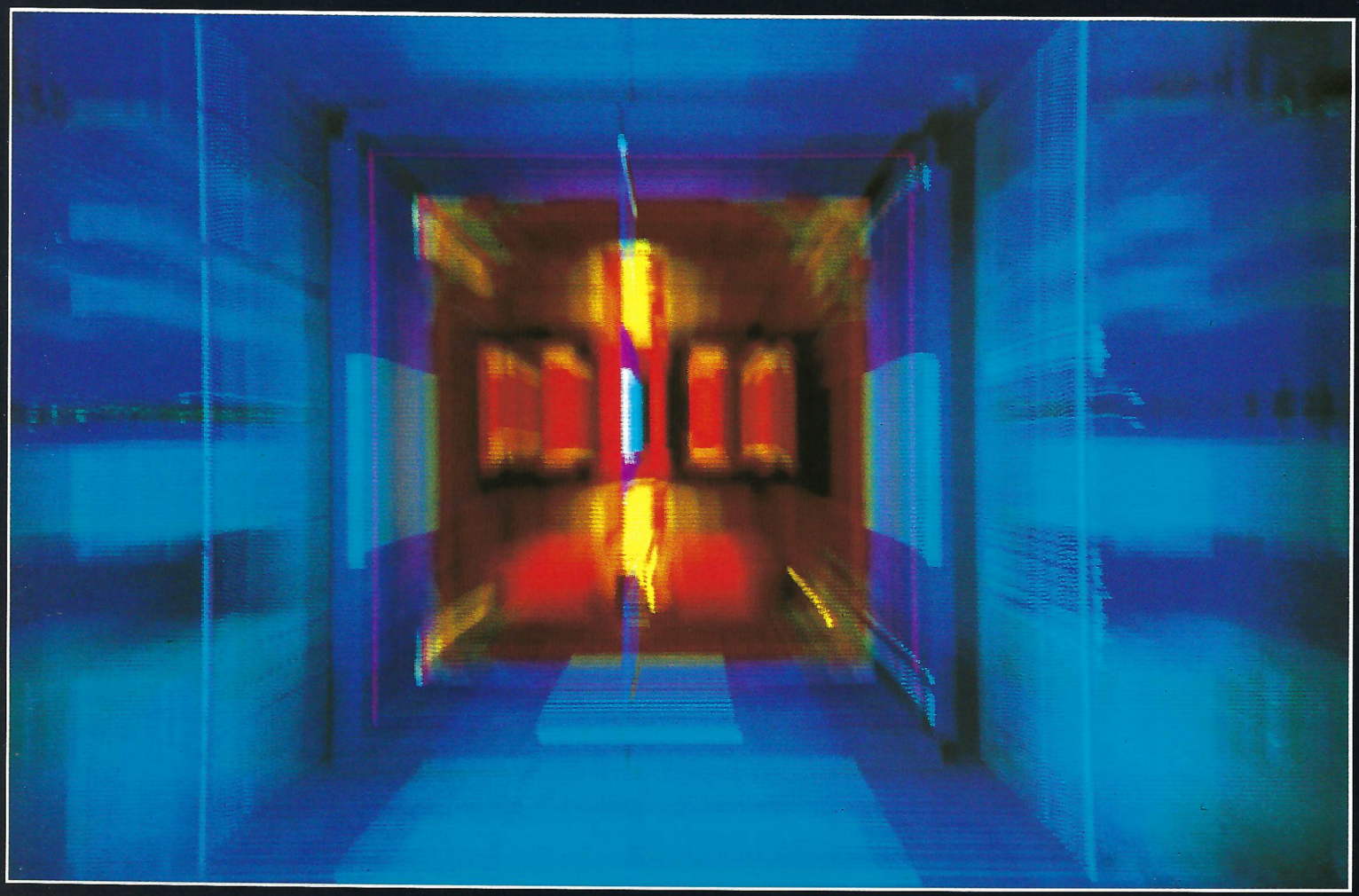


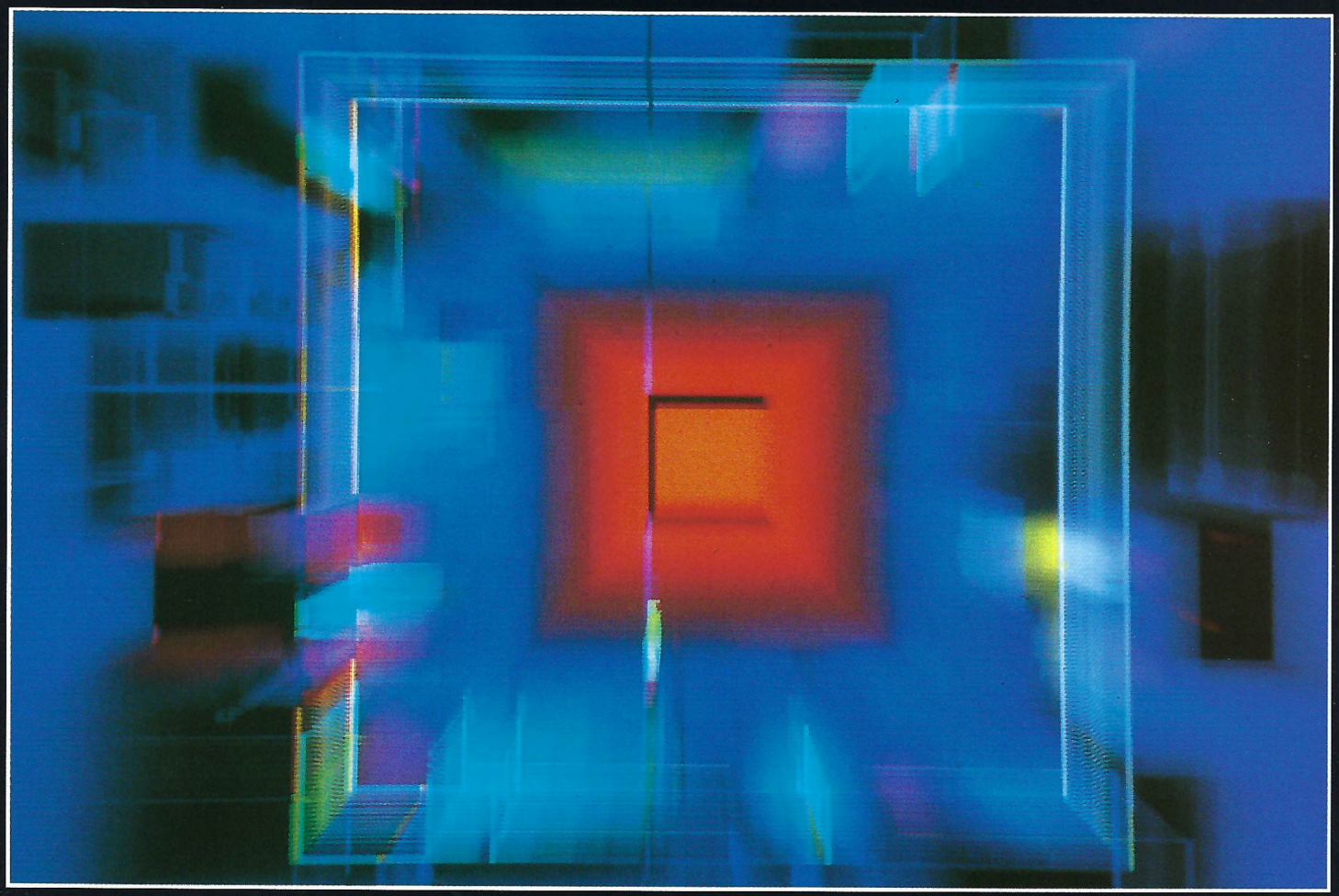
Image de diffraction : spectre de Fraunhofer

L'objet est ici un ensemble de 12 ouvertures régulièrement disposées en couronne (figure de gauche). Il est possible de reconstituer l'objet à partir de son spectre (figure de droite) qui contient la même information que l'objet, mais répartie différemment. Les figures de diffraction constituent à elles seules un monde d'images fascinant... (Photo ADASTA)

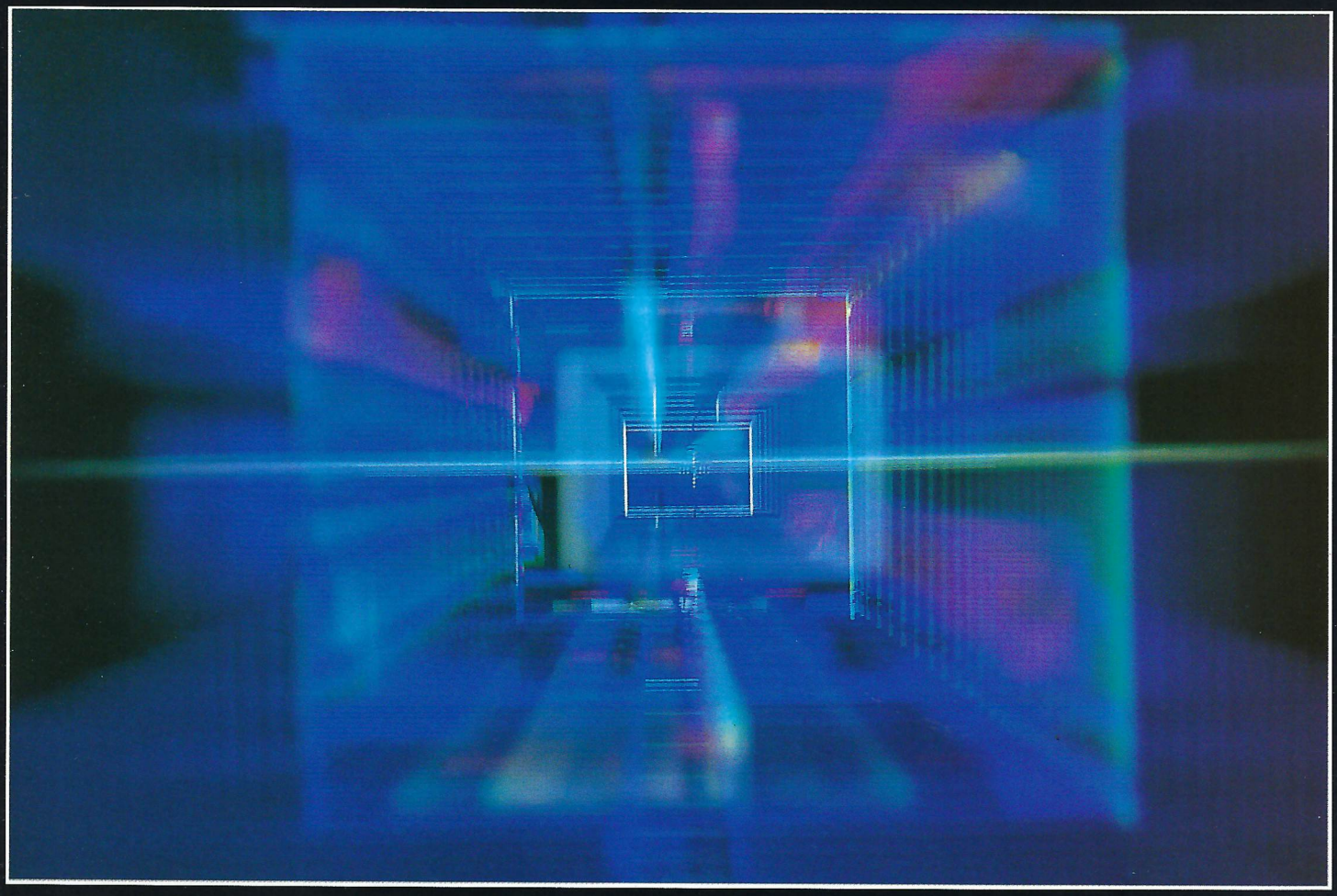
Série II

# *Bernard CAILLAUD*

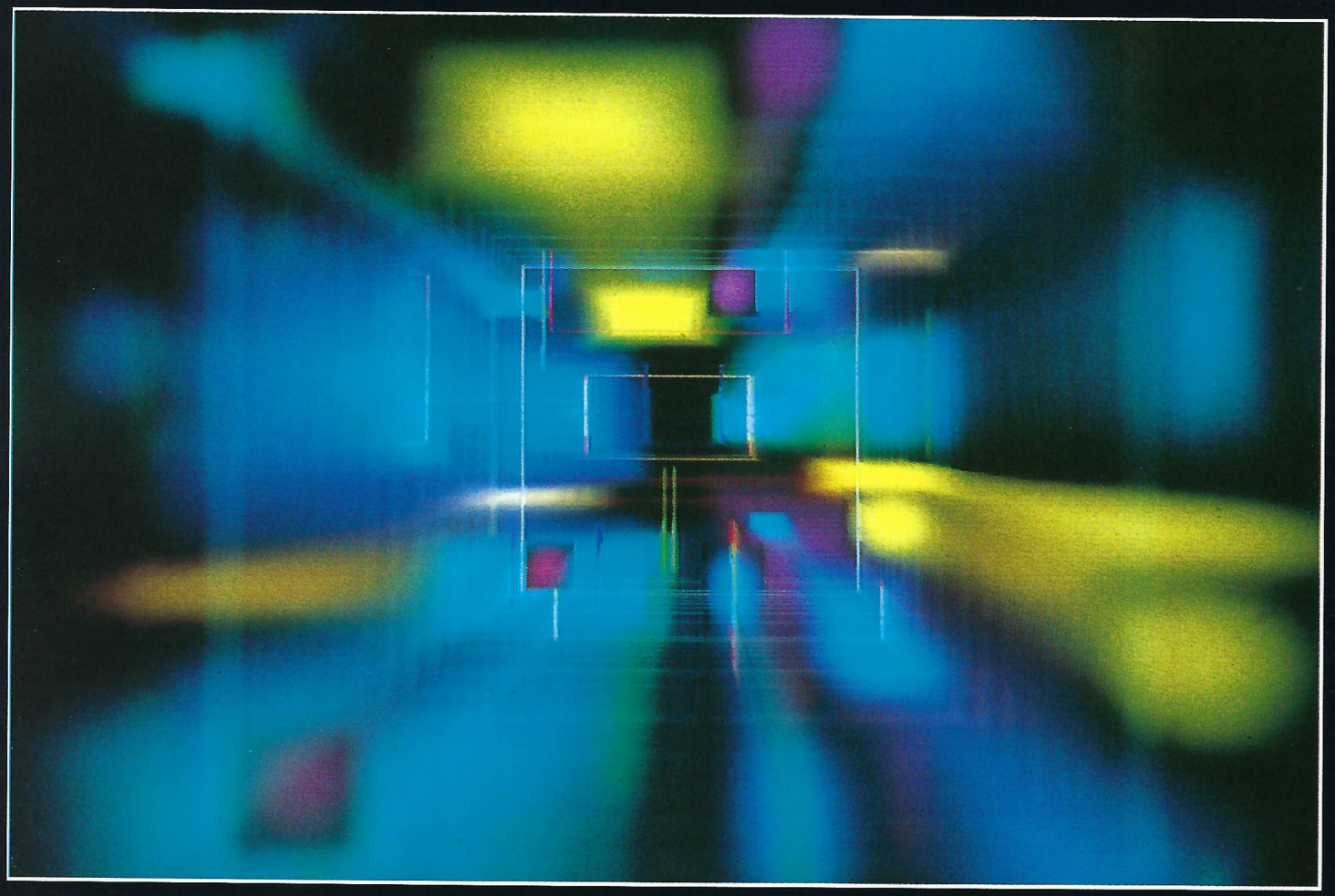




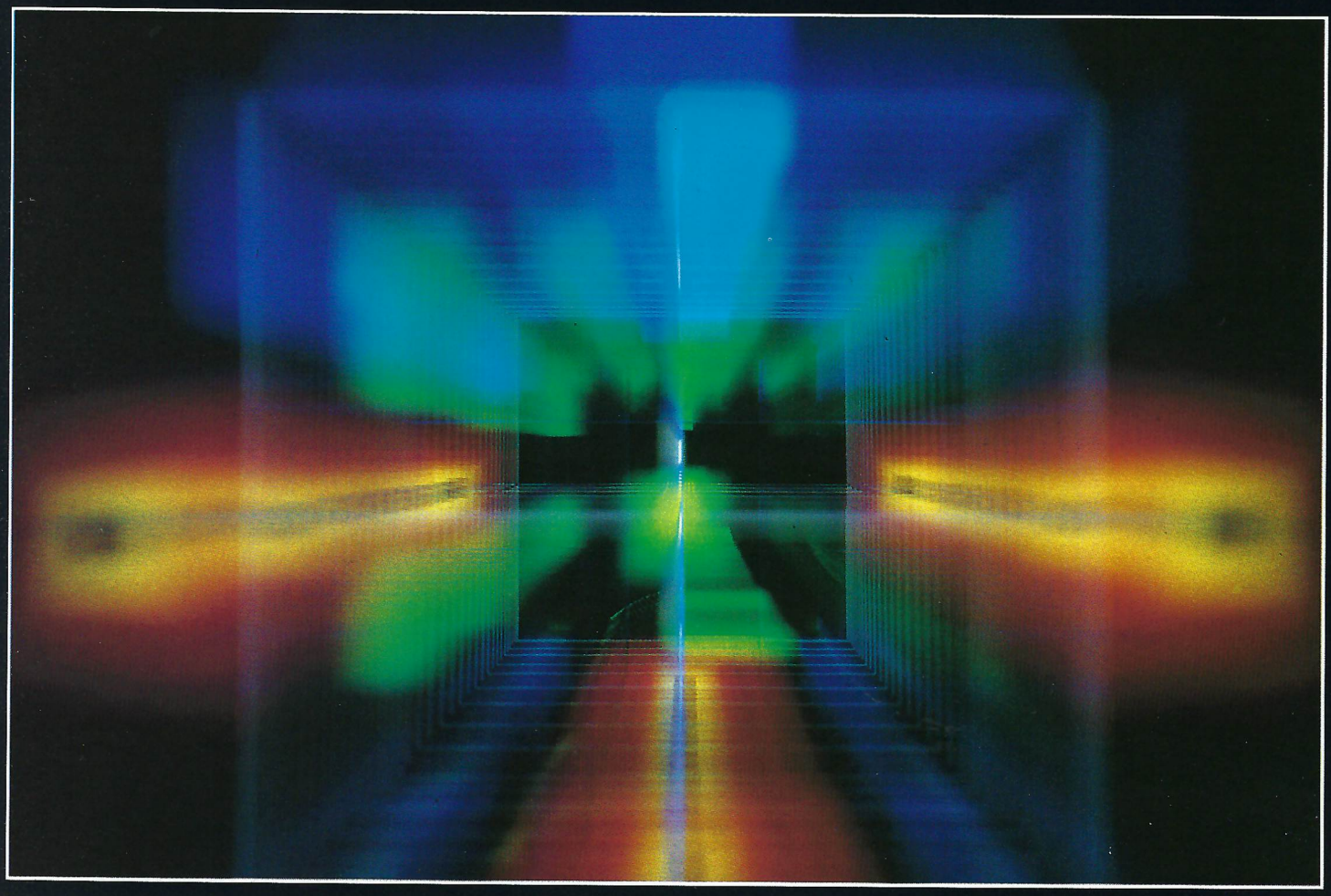
7



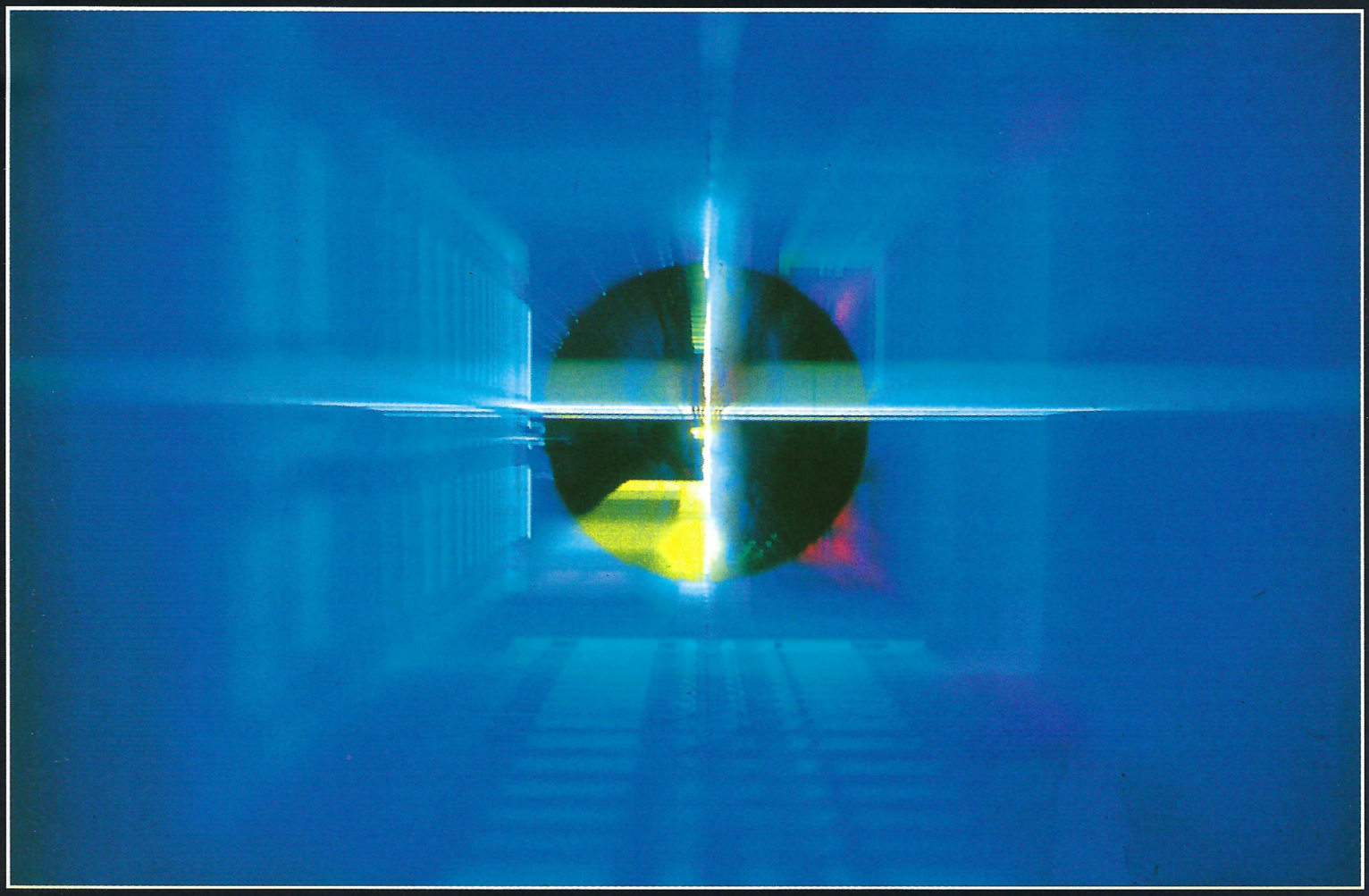
8



9



10



# UNE HISTOIRE DES IMAGES

*Bernard MAITTE*

*"Nous vivons dans un monde d'images..."*

Images reflets des choses, images trompeuses, fallacieuses, images nécessaires à nos conceptions intelligibles...traces laissées d'une réalité dont elles rendent compte, qu'elles donnent à voir, interprêtent...supports matériels de ce qui est inaccessible, imaginaire, inconscient révélé...images qui amènent à l'existence.

## POURQUOI PARLER DE L'IMAGE, ALORS QU'IL Y A DES IMAGES ?

N'est-il pas temps de s'arrêter, de jeter un regard rétrospectif, évoquer ces vestiges, signaux, repères, qui se présentent à nos yeux, témoignent de ces chemins que l'Homme a tracés : ils hésitent, obliquent, s'entrelacent, se joignent, dessinent les histoires des images, histoires que nous ne saurions reconstituer, tant elles diffèrent selon les points de vues, mais vestiges, signaux, repères que nous pouvons évoquer - ceux-là parmi d'autres, pourquoi ceux-là et non d'autres ?

Main qui apparaît sur les parois de la grotte de Gargas : le support crée le volume, les pigments soufflés laissent la trace, fixent le vivant - ce qui est doué d'une âme, d'un principe de mouvement. L'image témoigne alors d'une réalité corporelle et physique, témoigne de pratiques magico-religieuses - comme ce bestiaire déployé à Lascaux - témoigne d'un ordre symbolique aussi.

Ordre symbolique qu'il est sans doute plus facile d'analyser dans notre civilisation, à des dates plus rapprochées : pas de géant sur l'échelle du temps qui enjambe allègrement hiéroglyphes, masques mortuaires égyptiens, restes de Babylone, de l'Acropole, de Pompéi...pour se fixer un instant sur le tympan de la basilique de Vézelay, les fresques de Tournus et de Saint Savin. Par la grandeur de cette main qui bénit ou lance notre terre, par ce Christ central, la hiérarchie des personnages et l'ordre du monde nous apparaissent ; les correspondances réalisent une superposition imaginaire du cosmos, du temple et de l'homme : les jambes rejetées sur le côté du grand Christ du Vezelay dessinent une équerre anguleuse, s'enracinent dans notre monde de génération et de corruption, de mouvements selon le lieu, rectilignes et uniformes ; les épaules arrondies du Christ, la tête, l'auréole dominent et fascinent : la rotondité met en rapport symbolique avec les cieux, ces cieux sphériques, lieux de perfection, d'éternité, domaines des dieux - ou de Dieu.

Porte du Paradis du Baptistère de Florence. Après que Giotto eut osé projeter Dieu sur terre, dans le monde, notre monde, Ghiberti représente ce monde créé "popter nos" : nous en sommes les destinataires, nous pouvons le connaître ; notre œil - point unique d'où part la pyramide visuelle - le perçoit, notre regard le découvre, notre raison l'ordonne. La perspective - hésitante encore, émouvante - se construit : synthèse du plan des significations de l'époque gothique et de la vision d'un élément unique de l'époque romaine ? Elle naît à Florence, caractérise son quattrocento, donne à voir un monde modelé par l'humanisme, un monde avec sa profondeur, ses bâtisses, ses arbres, ses foules, ses symboles, sa vie, une vie que Dieu a créée et partage. Même après Brunelleschi et sa "tavoletta", fruit d'une décision parfaitement délibérée, d'un calcul savant, d'une exécution parfaite qui aboutit à une construction reproduisant "à l'identique" le baptistère San Giovanni - encore lui - et dont l'image peut être vue au travers d'un trou comme elle l'est par l'œil placé au centre du porche central du dôme voisin, même après Brunelleschi donc, les images rendent-elles compte de la réalité de ce qui est vu ? La question de la réalité n'a pas de sens coupée de tous les paramètres qui la portent. Quelle est la réalité de cette "Trinité" de Masaccio, construite pourtant - strictement - selon le modèle Brunelleschien ? Quelle est la réalité de cet "Adam et Eve" de la chapelle Brancacci, ivres de détresse d'avoir été chassés du Paradis, alors qu'ils pourraient être radieux de découvrir la vie ? Et la perspective linéaire la plus rigoureuse, la plus fidèle, n'est-elle pas lieu de métamorphoses : la monstration se fait pour un observateur externe placé latéralement chez Giotto, selon les lignes de la perspective pour un œil situé dans le tableau chez Brunelleschi et Masaccio, vers un observateur extérieur englobé dans la représentation chez le Van Eyck des "Epoux Arnolfini" et le Vélasquez des "Ménines", se donne à voir de l'extérieur dans ces tableaux dé-iconisés que sont nos affiches modernes...

Malgré ces embûches, restons naïfs, enquêtons sur ces images comme représentantes d'un monde vu. Dès que fut faite la démonstration de la "tavoletta", le peintre chercha à mettre à sa disposition des moyens propres à mettre en place la structure de son tableau, à en systématiser la production : règles mathématiques édictées par un Alberti ou le Luca Pacioli de la "Divine proportion", appareils à construire telle cette "chambre noire" - peut-être connue dès l'antiquité, décrite en tous cas, précisément, dès l'an 1000 par Ibn al Haitham, trouvant là sa première application pratique -, tel aussi ce "portillon" représenté par Dürer - et bien d'autres - permettant de former point à point l'image du sujet, vu comme au travers d'une fenêtre - choisi, cadré mis en scène -, de la construire grâce à un quadrillage, d'offrir à la représentation les moyens de transgresser le "réel" en menant à ces anamorphoses qui - avec Holbein - touchent au symbolique. Tracés, portillon, chambre noire, chambre claire - plus tardive - : ces outils légitiment les constructions et les règles du dessin. Du fonds qui se constitue, un nouvel espace sortira, un espace organisé dans lequel formaliser une géométrie deviendra possible - ce sera chose faite avec Descartes, plus de deux cents ans après Brunelleschi : comme toujours en science développements techniques et théoriques se croisent, se complètent, se fécondent, afin d'atteindre le but que se fixe l'époque...

Passons sur ces autres outils, forgés pour dupliquer, reproduire à l'identique, mécaniser, alors que le manuscrit est progressivement remplacé par le livre : gravures, sur bois d'abord, sur cuivre ensuite...

Si les hommes cherchent à représenter le monde, ils aiment aussi s'y situer, s'y inscrire : généreux donateurs agenouillés des polyptyques du Moyen Age, peintres représentés par Filipino Lippi sur une fresque de la chapelle Brancacci, geste orgueilleux d'un Dürer osant l'autoportrait - et lequel ! -, rompant par là même le triangle Homme - Univers - Dieu avec sa référence obligée à Dieu, ouvrant d'autres voies à la représentation : se faire représenter c'est témoigner d'une place sociale, acquérir une importance, importance relativisée par tous ces autoportraits accumulés et exposés côte à côte dans ce long couloir de plusieurs kilomètres joignant, à Florence, le Palazzio Vecchio au Palazzio Pitti par le Ponte Vecchio...qu'importe cette vanité : des peintres font du portrait, en série, cherchent les moyens de gagner du temps dans leur production. Au milieu du XVIII[e] siècle apparaissent des papiers noirs découpés et collés - les "silhouettes", du nom d'un ministre des finances qui ne laissa aux sujets de Louis XV que la peau sur les os - puis les "physiotraces" obtenus en reproduisant sur un papier la figure violemment éclairée du sujet - tous nos révolutionnaires se firent ainsi "tirer le portrait" à Paris grâce aux tâcherons installés dans de petites cabines placées sur les trottoirs... Avec le développement de la demande, la technique atteint ses limites, une autre va s'élaborer, trouver place...

Une chambre noire - connue des arabes dès l'an mil -, munie d'une lentille - comme l'était cette curiosité de la "Magie naturelle" de Porta à la Renaissance -, une plaque d'étain enduite de bitume de Judée - dont l'action sur la lumière était connue avant le quatrième siècle de notre ère - : voici le dispositif que Nicéphore Niepce pose sur sa fenêtre - quel symbole - en 1826. Il enregistre, après une pose de plus de huit heures, l'image d'une cour de ferme : premier pas d'une mécanisation non plus de la reproduction de l'image mais de la production même. Le pas suivant sera franchi par Daguerre, un industriel qui parvient à produire - avec l'aide du fils de Niepce - une image unique, positive, sur une plaque métallique polie, rendue photosensible grâce à l'iode et révélée au mercure : alliance de la chimie et

de constructions compliquées, de bricolages surprenants, améliorés depuis Brunelleschi, faits de cordes, de boîtes, de miroirs, de lentilles, de draps, de voiles noirs, alliance dont les résultats sont vendus par son inventeur à Arago qui - ministre - en fera don au monde, lisant le brevet d'invention du haut de la tribune de l'Assemblée Nationale, au moment où Gay Lussac faisait de même depuis la tribune du Sénat. Dès lors le "génie inventif du peuple" pourra s'exercer, les temps de pose se réduire de quelques heures à quelques secondes, les "daguerréotypes" être utilisés à garder la trace des monuments français, à aider les archéologues, à devenir outils d'investigations lorsqu'ils fixeront les images formées dans un microscope. Le pas décisif de cette mécanisation de la production sera franchi avec l'invention du support de verre transparent et l'utilisation de sels d'argent révélés puis fixés sur un "négatif" qu'il sera possible de transférer sur un nombre illimité de "positifs". La photographie était née. "Ecriture de la lumière", selon une figure étymologique douteuse , puisque produite grâce à une guerre à la lumière : la confection des plaques, leur conservation, la chambre noire, l'obscurité du laboratoire, la pénombre dans laquelle se fait l'observation - l'exclusion de la lumière est bien la condition de l'émergence d'un reflet produit par ce seul petit chemin, vite obturé, par lequel entre dans la chambre noire une image du monde, cadrée, mise au format, limitée par une profondeur de champ. Trace de la réalité que ce reflet riche mais relatif, infidèle, truqué ? Mais trace d'un instant ou trace obtenue grâce à la longueur d'une pose, la photographie apportera à la science ce qui n'est pas visible par l'œil, deviendra art...

Il manquait la couleur. Elle viendra par les "autochromes", grâce à ces grains d'amidon colorés, étalés au blaireau sur la plaque, exposés, révélés, mis en œuvre au moyen d'une recette digne d'un inventaire de Prévert...bien avant d'être maîtrisée, de devenir procédé permettant le codage.

Il manquait le relief. Il sera donné en jouant sur l'obturation, sur la focale de la lentille, sur les rapports entre plans successifs. Il sera obtenu par deux vues décalées observées en même temps par chaque œil grâce à un stéréoscope, ou par une image bordée à droite de rouge, à gauche de vert, observée au travers de lunettes dont chaque verre porte une gélatine colorée.. superposition d'images dans le cerveau, obtenue empiriquement, avant même que les zones corticales ne soient délimitées...De cette stéréoscopie, on fera aussi une méthode d'étude systématique du relief de la terre.

Il manquait l'inscription d'une trajectoire dans le temps...Sont-ce les spectacles de "lanternes" magiques" qui s'étaient développés depuis Kircher (1670) et permettaient à grand renfort de musiques, d'éduquer les foules, de renforcer leur foi en Dieu et aux Saints, de les plonger dans la crainte du démon, sont-ce ces spectacles donc qui permirent d'observer que des vues successives donnaient l'apparence du mouvement par persistance de l'image sur la rétine ? Vers 1820 apparurent les "cahiers cinétiques" ; en 1847 des images successives peintes sur une disque et observées au travers des fentes d'un stroboscope - le phénakistiscope - permettent d'animer un geste, une scène ; en 1877, un ruban de figures dessinées et observées sur des miroirs successifs que l'on fait tourner - le praxinoscope - permet, de même, l'animation ; en 1888 Emile Reynaud dépose le brevet du "théâtre optique" : des spectateurs peuvent observer sur un écran, par transparence, un décor animé à l'aide d'une lanterne magique et d'un grand praxinoscope ; à la même époque, les frères Lumière améliorent la photographie : lentilles plus précises, procédés d'obturation modifiés, émulations fines obtenues permettent - par cette conjugaison des progrès de l'optique, de la mécanique, de la chimie, d'obtenir des "instantanés". Marey - le "chasseur d'images" - s'en saisit qui réalise - au moyen d'un fusil photographique à répétition - des études précises des mouvements par "chronophotographies" du vol des oiseaux, qui parvient au moyen de fils placés au travers d'une piste d'hippodrome et reliés aux obturateurs d'appareils photos à percer le mystère du galop d'un cheval, qui fixe aussi les positions successives de corps en actions... Il revint aux frères Lumière de mécaniser à la fois l'enregistrement des photographies successives et leur projection - par entraînement régulier d'un film au moyen de roues dentées et de perforations -, de réaliser ainsi le "cinématographe", dont la première séance publique eut lieu dans le sous-sol du Grand Café de Paris le 18 décembre 1895 : un reportage (l'entrée du train en gare de La Ciotat) une reconstitution (la sortie des usines de Lyon Montplaisir), le premier scénario (l'arroseur arrosé), le premier travelling (bien involontaire : Venise vue d'une gondole) composaient la première séance de 20 minutes...Il restait à un homme venu du théâtre de prestidigitation - George Méliès - à s'emparer, dès 1900, de la nouvelle technique pour en faire un spectacle avec ses trucages, ses ralentis, ses accélérés, ses surimpressions, avec sa magie et sa poésie...Il restait à Painlevé à mettre le cinématographe au service de la science et de sa diffusion.

La période récente permit de s'affranchir du support matériel, de coder l'image, de la transmettre par voie hertzienne, de la reproduire au moyen d'un tube cathodique, la faire entrer dans notre quotidien - sans que l'on puisse toujours déceler ce qui est reflet d'un événement ou subterfuge.

Dès lors, il devint possible d'agir plus profondément encore sur le couple homme-monde dans lequel s'investit la connaissance : la période contemporaine voit, en effet, s'y insérer la machine, une machine qui permet d'élargir ces trois étapes caractéristiques de la formation des images que sont l'acquisition des données, leur traitement, leur visualisation :

L'acquisition des données : les images qui nous entourent ne résultent plus de notre seule vue sur le monde ; l'image conquiert l'ensemble du spectre électro-magnétique : des capteurs nous permettent d'analyser les très courtes longueurs d'onde, les rayons X, l'ultraviolet, l'infrarouge, les ondes hertziennes, mais aussi des domaines qui n'ont plus rien à voir avec ce spectre : scintigraphie, résonance magnétique nucléaire, échographie, et permettent d'atteindre l'infiniment grand et l'infiniment petit...Toutes les données obtenues sont codées, transformées en nombres, stockées dans les mémoires d'ordinateurs.

Le traitement : ces nombres, nous pouvons les manipuler, les ranger en tableaux, compléter par la synthèse les données numériques existantes et peu nombreuses : cette synthèse s'appuie sur des modèles qui peuvent être géométriques (euclidiens), arithmétiques (équation et algorithmes), symboliques ("intelligence artificielle").

La visualisation : les modèles sont traités et amenés dans le champ du visible ; ils permettent d'obtenir l'image, une image qui peut gagner la troisième dimension sur l'écran de l'ordinateur...Les fonctions traditionnelles de l'image - moyen synthétique de présentation, outil d'observation et de reconnaissance - sont élargies dans le même temps où de nouvelles fonctions - outils d'analyse, de simulation et de prédiction - apparaissent et se développent. Nous pouvons ajouter que l'image numérique est réflexive en ce qu'elle offre la possibilité d'élaborer le modèle qui préside à sa genèse, qu'elle permet aussi d'explorer l'espace des phases, la dynamique de tous les états d'un système...Parce que les données sont ordonnées - ou peuvent être entièrement créées-, les "nouvelles images" traitent de l'intelligence propre aux mathématiques, sont entièrement saisies par la structure abstraite des langages logico-mathématiques, projettent a contrario leur propre structure dans l'univers symbolique formel...

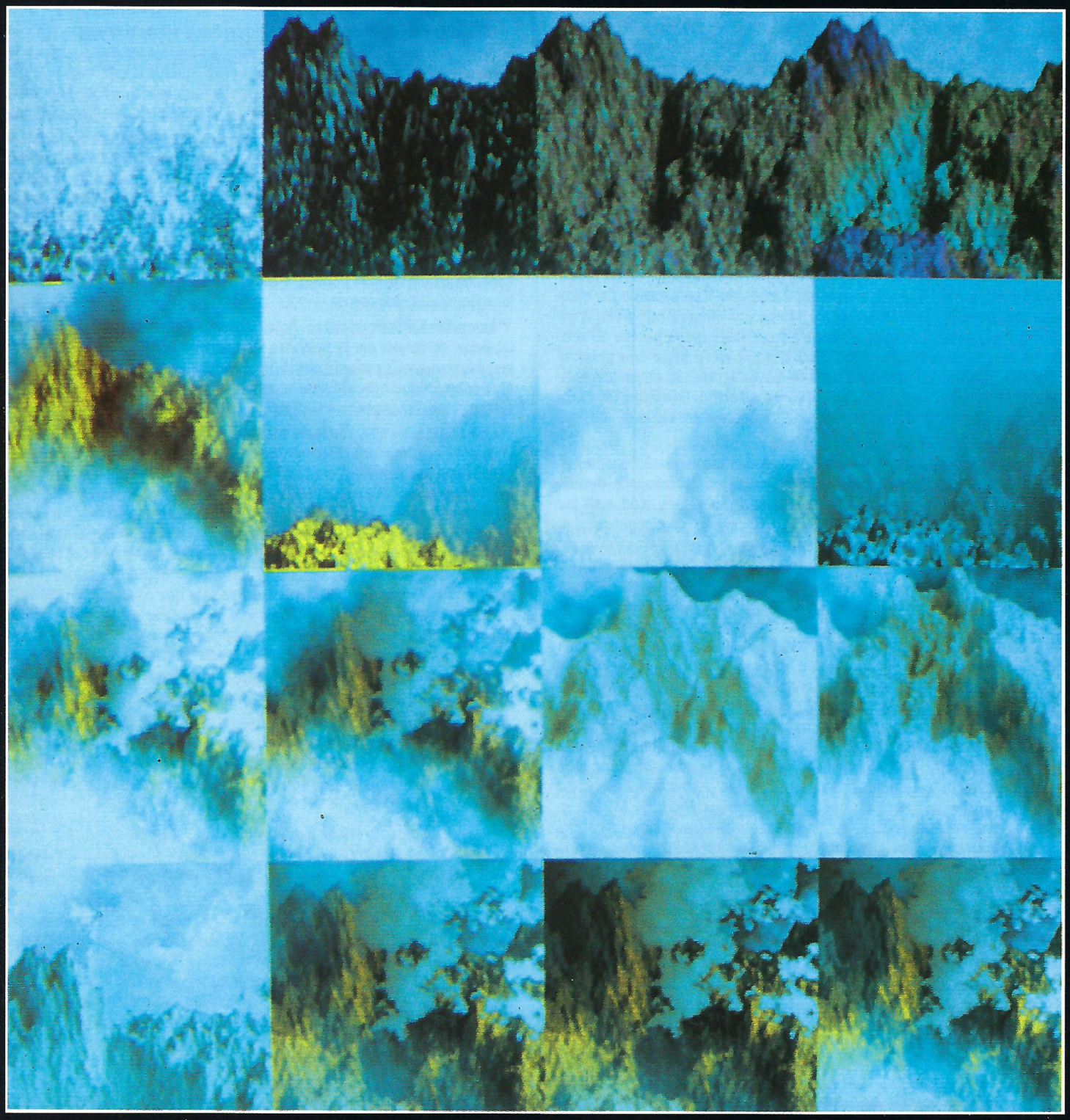
L'image a donc franchi ce qui la limitait : la production, la mécanisation, l'enregistrement automatisé, la transmission à distance...- comment ne pas s'émerveiller de cette conquête de l'esprit ? - mais étape provisoire, l'image permettant de passer à d'autres formes de représentations, plus abstraites...

Plaisir des découvertes, aventure de la pensée humaine, qui ne se confine ni dans le temps ni dans l'espace où est maintenu notre corps. C'est cette transgression de l'être, cette intelligence du monde qu'aucune machine ne pourra jamais reproduire, et qui ne fait que s'exprimer - si imparfaitement - par les figures du discours.

*"..La pensée est une vigilance continuelle"*

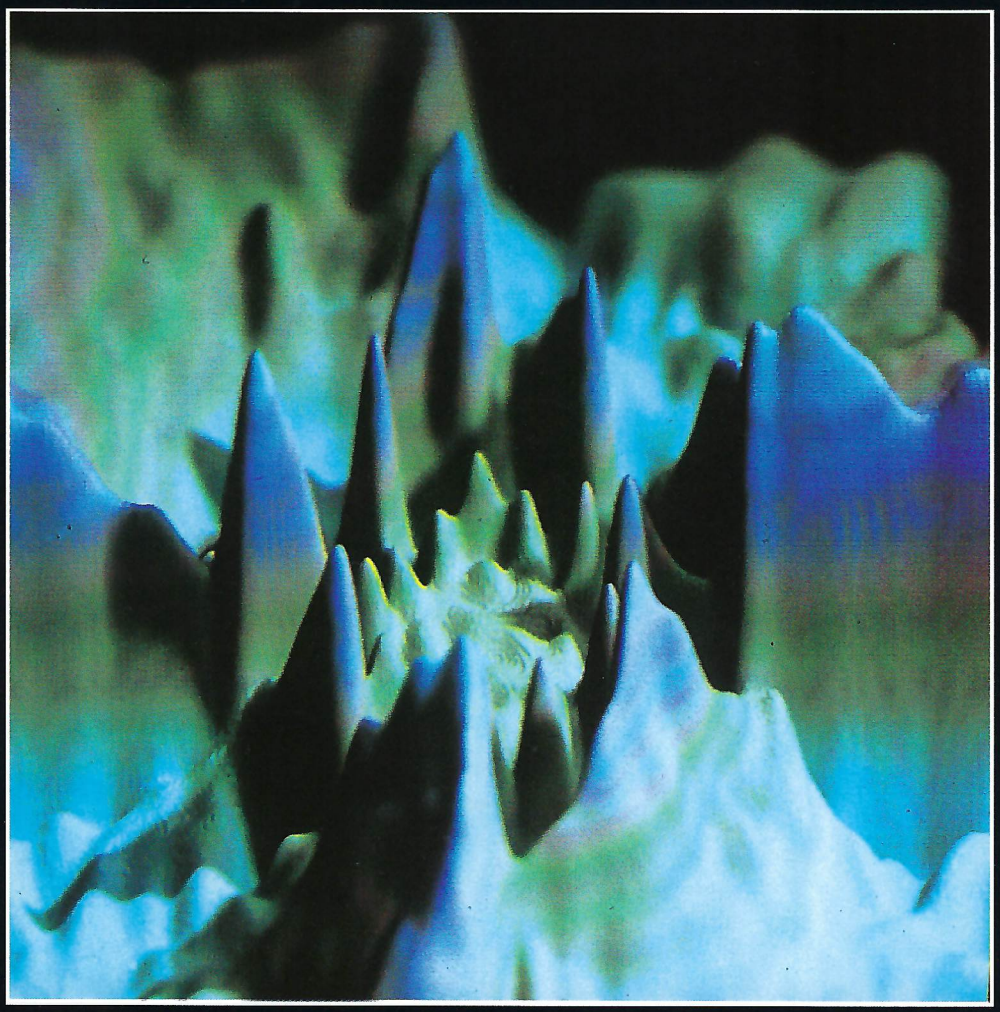
## Série III

# *Jean-François COLONNA*

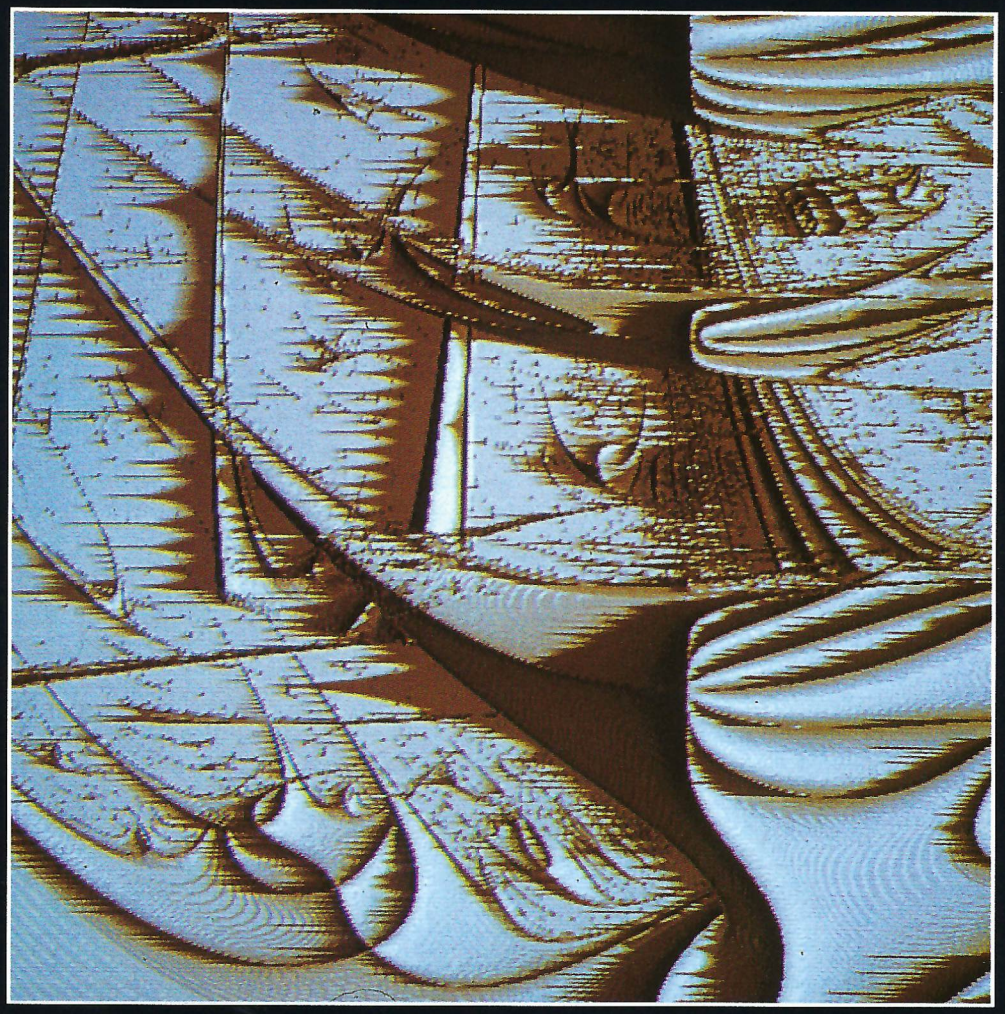




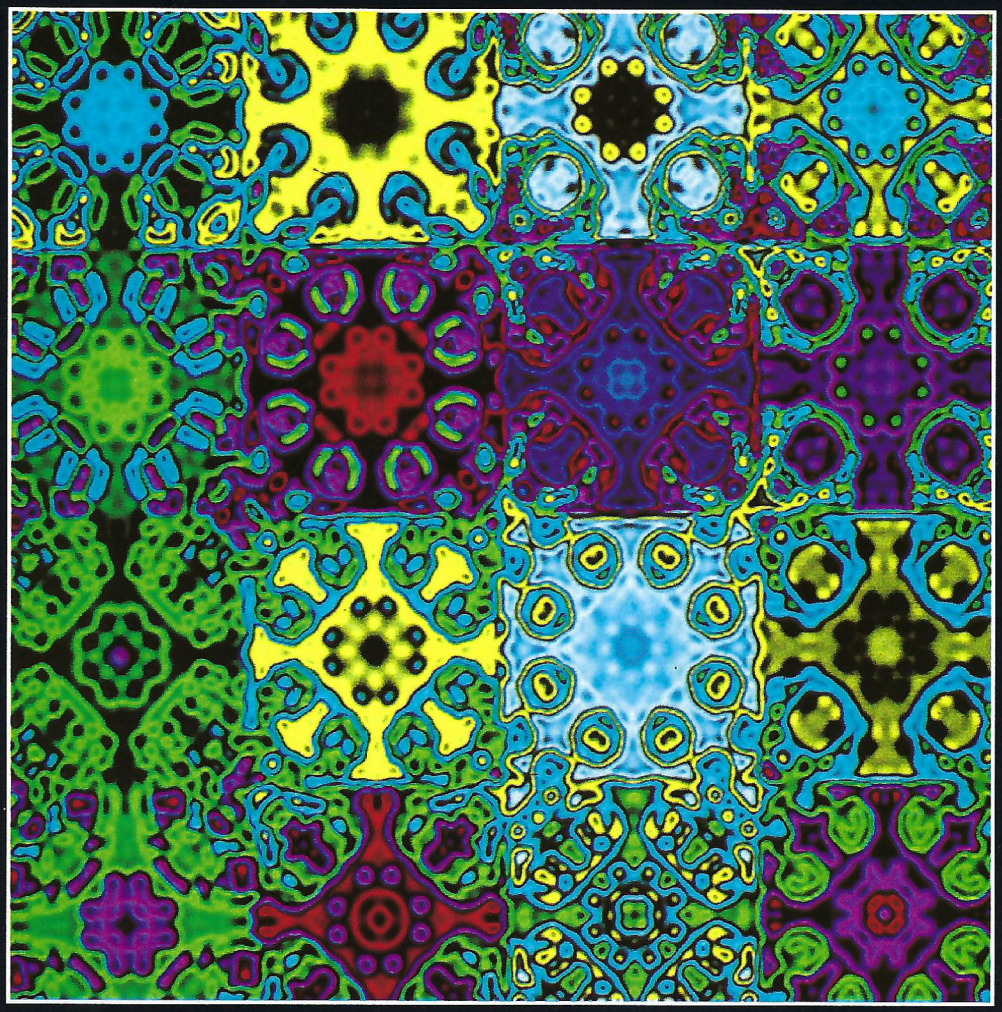
13



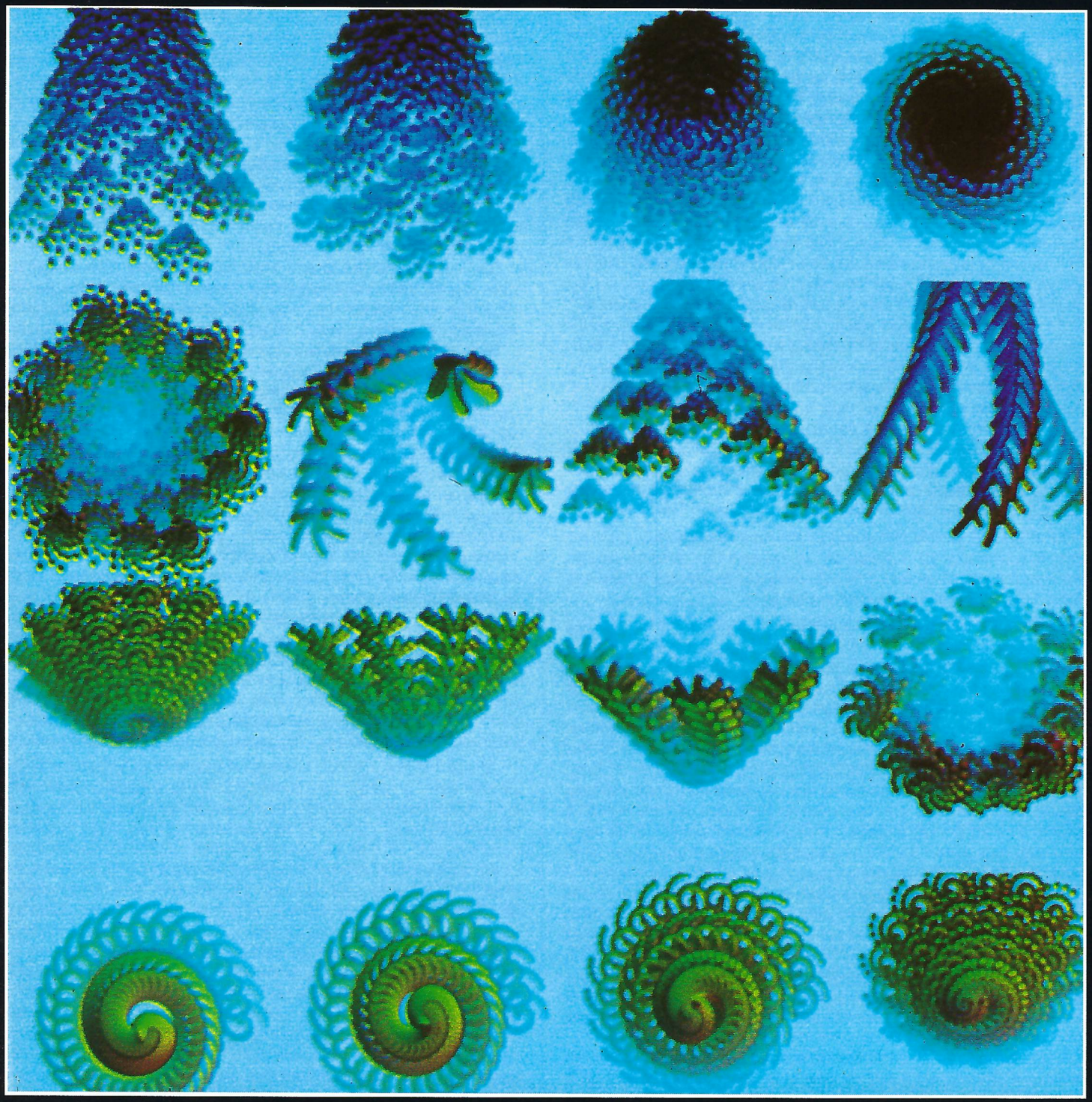
14



15



16



# IMAGE SCIENTIFIQUE ET CREATION PLASTIQUE

*Bernard CAILLAUD*

On voudrait, en ces quelques lignes, énoncer certaines remarques relatives à un aspect du dialogue Art-Science centré sur le domaine visuel. Plus précisément il s'agira d'examiner comment l'extension de l'imagerie scientifique, dans les cinquante dernières années, a pu et peut influencer la recherche dans le champ de la création plastique. Cette nouvelle imagerie repousse sans cesse les limites du monde visible ou plutôt ouvre des fenêtres grandissantes sur des mondes invisibles par rapport auxquels elle devient la seule réalité : "Se demander si cette image ressemble à ce que l'on verrait si l'on pouvait se faire assez petit pour se mettre à l'échelle de ce qu'elle représente, est une question qui n'a aucun sens puisqu'à cette échelle il n'existe pas de lumière. Personne n'a jamais vu ni ne verra jamais l'objet dont je reconnais la trace laissée par les techniques" (1). Le Réel tend de plus en plus à s'effacer devant ses images et cette nouvelle relation avec le visible doit, à plus ou moins long terme, concerner l'artiste.

Si certains auteurs ont cru pouvoir affirmer que la Nature rivalisait souvent avec le peintre, l'apparition de la photographie scientifique, en couleurs notamment, a reposé des questions voisines, surtout à l'avènement de la peinture abstraite, et les rapprochements entre certaines images (micrographie, lumière polarisée..) et des tableaux de maîtres ont fleuri autour du thème de la coïncidence envisagée ou non comme fortuite.

En quoi donc ce nouveau visible, issu de l'activité scientifique, peut-il interroger la pratique du peintre ? Ecoutons Pierre Restany en 1962 : "Si les progrès de la science photographique élargissent le domaine du réel signifiant, au point de contaminer le répertoire original du peintre, ce dernier ira chercher ses images ailleurs, dans le domaine de "l'encore informulé ?" (2). Aujourd'hui la réponse serait peut-être plus complexe et si effectivement des peintres se sont déplacés vers d'autres domaines de l'imaginaire, le plasticien revient sans cesse explorer cette imagerie et les techniques et concepts qui lui sont associés. Nous voudrions donc explorer quelques aspects de ces nouvelles relations.

**LE PREMIER** semble bien consister en une appropriation de certaines images scientifiques par le peintre qui les intègre à son travail par collage, numérisation, recouvrement partiel...On peut citer en exemple le travail de Steve Miller (3) ou celui de Neelon Crawford (4).

**LE SECOND** concerne non plus directement l'image elle-même mais les techniques qui concourent à son élaboration. Nous examinerons d'abord celles qui conduisent à une image analogique puis celles qui conduisent à l'image numérique en nous attachant plus spécialement à celles qui se révèlent être un mode de création originale.

**En image analogique** les modes de fixation de la lumière sont bien les plus importants avec à leur tête la photographie (et ses aspects connexes : macrographie, micrographie, stéréophotographie, cinématographie...) qui, depuis ses origines, participe à la fois des deux domaines avec les discussions nombreuses que l'on connaît sur l'existence, toujours remise en cause, d'un art photographique : elles annoncent celles qui auront à nouveau lieu avec l'existence des ordinateurs graphiques. Si la photographie est largement développée, on peut cependant s'intéresser à une technique particulière d'interférences en lumière polarisée dont on sait tout l'intérêt en miscrocopie (elle date pratiquement des débuts de la photographie) et qui a été reprise par certains artistes pour la richesse de son éventail chromatique ; on citera le travail de Manfred Kage (5) spécialiste en photographie scientifique et celui de Christian Rome (6) : dans ce dernier cas la préparation des solutions soumises à cristallisation et les conditions d'éclairage spécifiques rendent chaque prise de vue pratiquement non reproductible.

• Un deuxième point, lié à la lumière cohérente, concerne toutes les techniques développées autour du laser et de l'holographie. Au-delà de la simple reproduction d'objets en trois dimensions, l'holographie suit une évolution comparable à celle de la photographie et prend progressivement ses lettres de noblesse en tant qu'"holographic art" à travers des hologrammes originaux et des "installations" (on pourra se reporter à un dernier numéro spécial de la revue *Leonardo* (7) pour avoir une vue assez large de ce secteur de création).

• En image analogique encore on doit évoquer les techniques liées au tube cathodique. Si ces dernières conduisent à la vidéo et à la télévision (domaines aussi explorés et décrits que la photographie) elles permettent dans leurs débuts (avec l'oscilloscope, autour des années quarante) l'émergence d'un art graphique électronique, dont les fondements sont connus depuis Jules-Antoine Lissajous (1822-1880), et qui présente sur écran des courbes complexes résultant de deux signaux perpendiculaires. Parmi les pionniers, il faut citer Mary Ellen Bute, Alexandre Vitkine, Ben F. Laposky (8) et Herbert W. Franke : ils travaillent dans les années cinquante et produisent des images fixes mais surtout des courts métrages abstraits et rigoureux ; H.W Franke, dans son ouvrage *Computer Graphics - Computer Art* (9) situe ces recherches aux origines de la "création graphique calculée" qui voit ses premières publications en 1963 (*cf.* également la fin de cet article).

• Un dernier aspect (qui participe en fait pour une part de l'imagerie numérique) concerne les techniques mises principalement en œuvre en imagerie médicale. On peut visualiser ici, suivant différents types d'émission (I.R.,X, nucléaire, ultrasonore...) l'intérieur du corps humain : "une nouvelle image du corps plus belle, plus colorée, se substitue aux anciens atlas pathologiques. Scintigraphie, thermographie, images scanner aux rayons X, résonance magnétique nucléaire...Le réel s'éloigne peu à peu au profit de lignes et de couleurs." (10)

Pour le plasticien, forcé, avec la photographie de rester à l'épiderme des corps, on voit tout l'intérêt que peuvent apporter de telles techniques de pénétration : des travaux ont au moins été conduits en thermograhie avec R. Adzak et en scintigraphie avec Ismail Kazem (11).

En restant toujours dans le domaine des techniques qui concourent à l'élaboration de l'image scientifique nous devons maintenant parcourir celles qui conduisent à une **image numérique**. Il faudrait alors évoquer successivement la prise, le traitement et la création d'image proprement digitale.

Si la prise de vue numérique (ou la numérisation d'images), dans le domaine non-scientifique, semble offrir peu de place à l'acte créateur (sauf la prise de vue elle-même !), le traitement d'image, par contre, apparaît riche de possibilités. Issu, en particulier, des problèmes d'analyse morphologique d'images (12) il conduit à toute une gamme de "filtres" (à l'intérieur desquels il faut citer les algorithmes de transformée de Fourier) dont la combinatoire présente un champ de création apparemment inédit. Je travaille personnellement à partir d'images construites sur un logiciel pour Macintosh (13) et les noms des filtres sont alors évocateurs : tracé de contours, maximum, minimum, passe-haut, courbes de niveau ; d'autres s'inspirent plus du traitement photographique d'image : solarisation, négatif, isohélie ; d'autres tendent à réduire l'information initiale : ajout de bruit, flou directionnel, flou radial ; d'autres, enfin, sont des filtres de déformations ou d'effet et sortent progressivement de notre propos. On connait le succès de ces manipulations appliquées le plus souvent à des images scanérisées.

• L'aspect le plus important en image digitale est bien la création directe sur ordinateur. On ne peut ici explorer toutes les facettes de ce phénomène initié, depuis plus d'une vingtaine d'années, pour les besoins en images de certaines techniques liées à la représentation du Réel. Nous laisserons donc d'un côté ce qu'il est convenu d'appeler image de synthèse telle qu'elle apparaît dans les secteurs télévisés de la publicité ou de l'animation et de l'autre image de palette électronique, deux versants d'une infographie dont les réussites ne sont pas toujours pleines d'éclat : " cela s'étend des tristes imitations de violon ou de flûte qui constituent une des multiples possibilités des synthétiseurs, au "pinceau" de Van Gogh et Seurat que les utilisateurs d'éditeurs graphiques trouvent maintenant dans leur panoplie (pourquoi pas la plume de Rimbaud ? )" (14). Nous examinerons plutôt ce qu'on peut appeler image de simulation ou de modélisation, en entendant ici une image qui implique une conceptualisation d'un type de structure ou de fonctionnement dans le cadre d'une théorie (en ce sens l'image de synthèse ci-dessus participe, il est vrai, de l'image de simulation). Au-delà de la seule activité scientifique apparaissent alors soit des chercheurs soit des artistes qui travaillent en liaison plus ou moins souple avec les premiers et font évoluer certains modèles vers des créations purement originales : dans la voie tracée par D'Arcy Thomson *(On Growth and Form* - 1917) on doit citer les recherches de Yoichiro Kawaguchi (15) et celles de William Latham (16) (qui concrétiseraient ce que l'on nomme aux U.S.A. : "biometric art") et, en liaison avec les centres d'études spatiales, une partie des créations de David Em (17) qui a pu travailler avec James Blinn au Jet Propulsion Laboratory de Pasadena. Ces artistes, parmi les plus importants des années 80, travaillent en image fixe ou en animation et témoignent qu'à un haut niveau de programmation (ce qui nous amène déjà à la partie

suivante) une symbiose art-science peut exister parfois qui conduit vers de nouveaux imaginaires.

• Sous le terme d'image de pseudo-simulation j'ai personnellement réalisé un travail (suite de diapositives composées sur l'ordinateur et retravaillées à la prise de vue) qui prétendait (mais sans esprit de falsification) illustrer les chocs entre cible et ions lourds à l'intérieur du Grand accélérateur (GANIL) de Basse-Normandie (*cf.* Série N°2 dans la présente revue). Ce déplacement de la notion de simulation pouvait sembler intéressant dans la mesure ou ces chocs ne sont pas visualisables.

**UN TROISIEME** et dernier aspect de ces relations entre image scientifique et arts plastiques concerne plus directement la visualisation des mathématiques et donc les images sans objets (si l'on exclut du monde des objets les algorithmes qui leur donnent naissance !). Certains puristes excluent ces images du corpus de l'image scientifique essentiellement vouée au Réel (au sens de la Physique) mais elles sont suffisamment liées souvent à l'image de simulation et leur richesse formelle est trop grande pour que nous nous privions de les faire intervenir dans notre panorama.

**L'image issue des mathématiques** apparaît d'abord comme image de fonction (courbe qualifiée parfois d'ornementale (18)) et l'on connait au moins l'utilisation de certaines d'entre elles par des peintres ou des sculpteurs (comme Georges Vantongerloo ou Max Bill) ; les figures de Lissajous, déjà citées, participent de la même thématique. Avec la géométrie fleurissent les surfaces complexes qui inspireront plus ou moins directement des sculpteurs, et les volumes réguliers qui depuis les polyèdres de Platon sont toujours source de recherche pour les plasticiens (19) ; la topologie elle-même suggère des travaux (20). Les problèmes de pavage (qui font intervenir formes et couleurs) ont souvent été traités parfois pour les illusions perceptives associées (op'art). Enfin je citerai simplement pour mémoire les questions de perspectives - largement développées par ailleurs - et de projections complexes liées aux anamorphoses, pour clore ce premier aspect de l'image mathématique qui mériterait un plus ample exposé.

• Depuis l'apparition de l'ordinateur et sous le terme général d'expérimentation numérique ou virtuelle elle a conquis une place importante dans le champs visuel. Il s'agit bien ici d'établir une correspondance entre des valeurs calculées à l'aide d'un algorithme plus ou moins complexe et les coordonnées (et couleurs) des points commandables d'un moniteur : on crée les conditions d'observation d'un "phénomène" uniquement numérique et on gagne ainsi en information sur ce phénomène.

On connait la richesse des images issues des travaux fondateurs de B. Mandelbrot (21) sur les "Fractales" et le développement de la littérature sur le sujet (d'une dizaine d'articles au début des années 80 on est passé à plus de 2 000 au début des années 90) ; on sait aussi que les "formes fractales" sont "apparues" dans le monde Réel (et on rejoint alors directement l'image scientifique (22)) et on doit signaler que certains artistes-chercheurs travaillent sur les équations de base pour développer leurs propres créations : citons H.O Peitgen et P.H Ritcher (23) puis Clifford A. Pickover (24) et Mario Markus (25) parmi les plus connus actuellement.

Dans le cadre de ces images algorithmiques il faudrait également citer les visualisations liées à la notion d'automate cellulaire (qui conduisent à de remarquables images en évolution (26)) et celles liées à des procédures de calcul voisines, telles celles qui relient la couleur d'un point de l'écran à une opération logique sur les valeurs de ses coordonnées (*cf.* en particulier : réf. 21 c pp.79-82).

De façon générale, il faudrait présenter les images issues des notions d'attracteur étrange et de chaos (comme l'écrit A. Dewdney : "...il serait intéressant que des artistes et des critiques d'art exposent leur point de vue sur la valeur artistique des images engendrées par le chaos" (27)) pour avoir une vision plus large de cette nouvelle imagerie calculée , permise depuis une dizaine d'années par l'ordinateur.

• On ne saurait quitter le domaine de l'image algorithmique et numérique sans accorder une place aux tendances créatrices fondées en partie sur l'aléatoire.

S'il apparaît nécessaire pour simuler des structures naturelles (regardons par exemple les images de R.F Voss ou de V.A Norton : montagnes, îles, archipels, planètes...fractales) et s'il a été à mainte reprise introduit de façon systématique par certains peintres dans leurs travaux (Elsworth Kelly ou François Morellet (28) par exemple...) il intervient également dans la recherche de tout un courant de plasticiens ("computer art") regroupés autour de l'ordinateur, et initialement de la table traçante, depuis le début des années 60 : on peut d'abord citer A. Mickael Noll, Georg Ness et Frieder Nake qui sont les premiers à exposer leurs travaux (Howard Wise Gallery, New-York, 1965) et dans le même temps Gerd Zwing, Herbert W. Franke, Vera Molnar, Manfred Mohr...et bien d'autres (*cf.* Réf.9) Ces travaux, le plus souvent en noir et blanc, présentent des combinatoires de signes formels élémentaires modulés par des règles aléatoires suivant des géométries simples : dans leur rigueur et leur simplicité ils concrétisent un moment important de l'art abstrait.

On a donc voulu ici souligner les implications profondes des différents contextes de l'image scientifique dans le domaine des "arts de l'image". Cette évidence ...plastique est souvent mal reconnue par ceux qui, parmi les premiers, devraient en être les plus conscients. Certains, et non des moindres, vont jusqu'à affirmer qu'établir des relations entre arts plastiques et image scientifique n'a aucun sens puisque cette dernière n'est pas créée dans un souci de beauté (ce qui demanderait une solide théorie contemporaine sur le beau !) ; une remarque voisine est souvent formulée à propos de l'art par ordinateur (qui participe pleinement, comme on l'a vu, de notre propos). "Si le terme soulève fréquemment des connotations négatives, c'est simplement parce que beaucoup d'œuvres créées par ordinateur ont été produites par des scientifiques, mathématiciens et amateurs qui ne se préoccupaient pas nécessairement des problématiques habituelles de l'art contemporain" (29).

Au delà de ces assertions au contenu très limité, l'image scientifique interpelle l'artiste par ce qu'elle suggère elle-même, par la pertinence de ses techniques de formation et surtout par les concepts liés à sa lecture. Ainsi en dehors même de son propos premier elle doit être l'objet de toute notre attention. L'idée d'un Musée de l'Image Scientifique s'en déduit facilement : c'est en partie l'objet de ce numéro spécial.

1 - Michel Mercier, "Les images de microscopie électronique : construire un réel invisible", *in Culture technique* N° 22, p. 34 ; 1991.

2 - *Planète* N° 7, p. 87 ; nov-dec 1962.

3 - "En ce moment j'utilise des images électroniques microscopiques de virus, ou qui ont un rapport avec le corps humain, que je retravaille par ordinateur" ; *Pixel* N° 11, p. 28 ; 1991.

4 - "Il déforme, sélectionne et recompose à sa guise pour constituer l'image voulue avant de transférer le résultat avec ses pinceaux et ses couleurs" ; *Pixel* N° 4, p. 63 ; 1989.

5 - Manfred Kage, "Nouvelles voies ouvertes par la kaleïdomicrographie", *Camera-europhot*, N° 11 ; 1963.

6 - "Cristal Palace", *Zoom* N° 165, pp. 67-71 ; mai-juin 1991.

7 - "Archives of holography", *Leonardo*, vol. 25 N° 5 ; 1992.

8 - Ben F. Laposky, "Oscillons : electronic abstractions" *Leonardo*, vol. 2, pp. 345-354 ; 1969.

9 - Herbert W. Franke, *Computers Graphics-Computer Art*, Springer Verlag ; 1971.

10 - Monique Sicard, *Images d'un autre monde. La photographie scientifique*, Photopoche/CNRS Images Media, Centre national de la photographie ; 1991.

11 - Ismail Kazem, "Scintigraphic art" *Leonardo*, vol. 7, pp. 339-341 ; 1974.

12 - Michel Coster, J.-L. Chermant, *Précis d'analyse d'images*, Presses du CNRS-CNRS Plus ; 1989.

13 - Adobe Photoshop, Version 2.5, Adobe systems incorporated ; 1993.

14 - Stephane Natkin, "Autour d'un cube de Sol Lewitt", *Nov'art* N° 11, pp. 18-19 ; juin-août 1993.

15 - "En entreprenant nos recherches morphogénétiques, nous avons cherché à utiliser toutes nos connaissances aussi bien techniques qu'artistiques de façon à créer des images plus pertinentes et à développer des algorithmes plus avancés dans la création d'objets harmonieux. En agissant ainsi, nous avons voulu établir une union entre la théorie analytique et la sensibilité esthétique"; Catalogue Parigraph, p. 16 ; 1985.

16 - Stephen Todd and William Latham, *Evolutionary art and computers*, Academic Press, London ; 1992.

17 - *The Art of David Em*, Harry N. Abrams P., New-York ; 1988.

18 - "Courbes mathématiques", *Revue du Palais de la Découverte*, Numéro spécial 8 ; 1976.

19 - Lucio Saffaro, "On some new platonic forms" in VIsual Mathematics, *Leonardo*, special issue, vol. 25 N° 3 et 4 ; 1992.

20 - George K. Francis with Brent Collins, "On knotspanning surfaces : an illustrated essay on Topologic Art" in Visual Mathematics (cf. ref 19 ci-dessus).

21 - Son premier article qui semble aborder directement le sujet date de 1967 : "How long is the coast of Britain? Statistical self-similarity and fractionnal dimension", *Science* N° 155, pp. 636-638.

22 - Etienne Guyon, H. Eugène Stanley, *les Formes fractales*, Elsévier/NorthHolland, Palais de la Découverte ; 1991.

23 - H.O. Peitgen, P.H. Richter, *The beauty of fractals*, Springer Verlag ; 1986.

24 - Voici trois principaux ouvrages de Clifford A. Pickover (qui débordent largemet le cadre de l'image fractale) :

a) *Computers, pattern, chaos et beauty*, St Martin Press, N.Y. ; 1990.

b) *Computers and the imagination*, St Martin Press, N.Y. ; 1991.

c) *Mazes for the mind*, St Martin Press, N.Y. ; 1992.

25 - John Briggs, *Fractals, the pattern of chaos*, Thames and Huston, London, pp. 151-153 ; 1992.

26 - Voir par exemple : A. Dewdney, "Cristallisation en spirale", *Pour la Science*, N° 144, octobre 1989 et Manfred Schroeder, *Fractals, chaos power laws ; minutes from an infinite paradise*, Freeman, N.Y.; 1991.

27 - "L'espace de Lyapunov", *Pour la Science*, N° 170, p. 127 ; 1991.

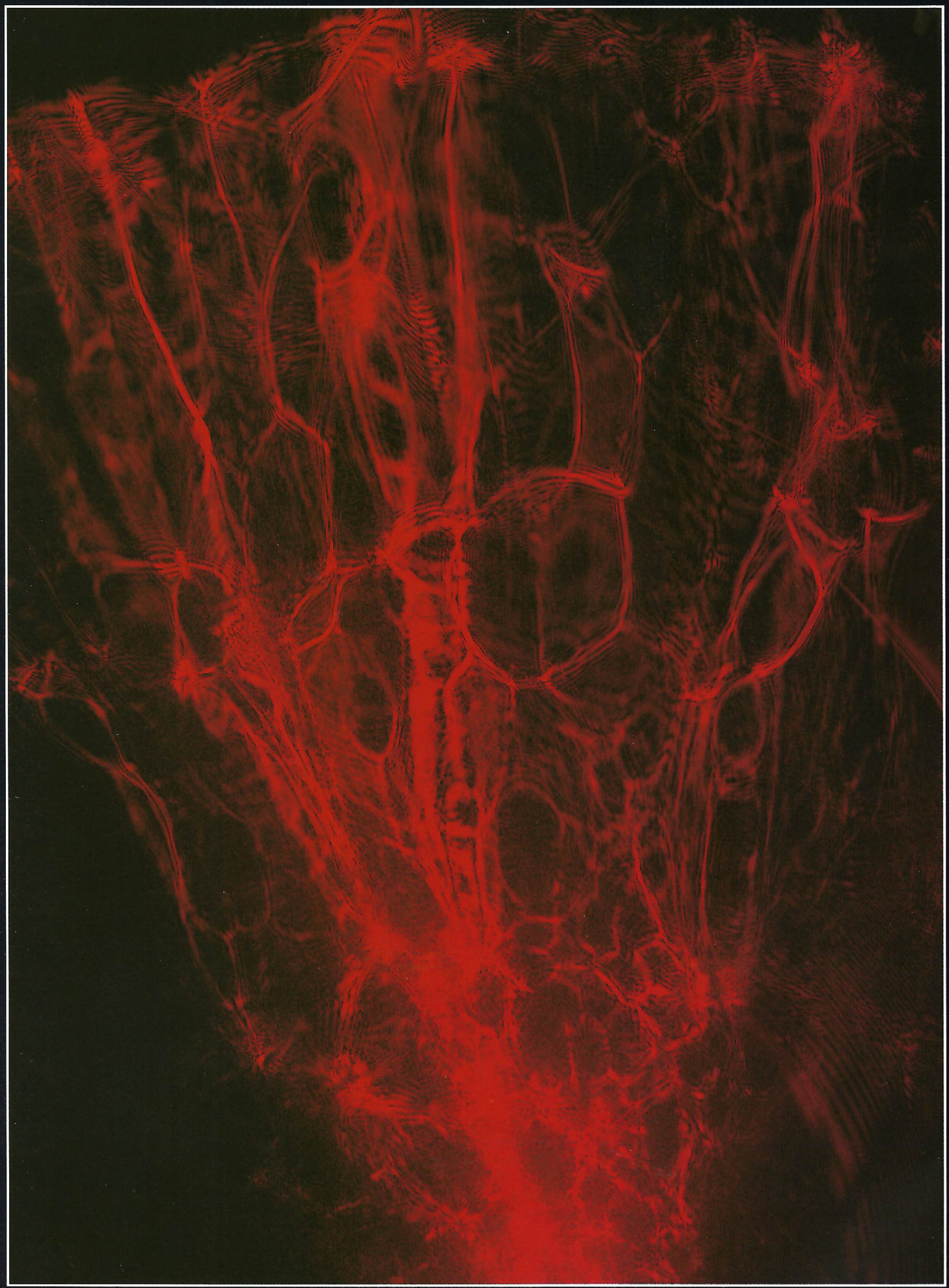
28 - Elsworth Kelly, *Spectrum colors arranged by chance* ; 1951.

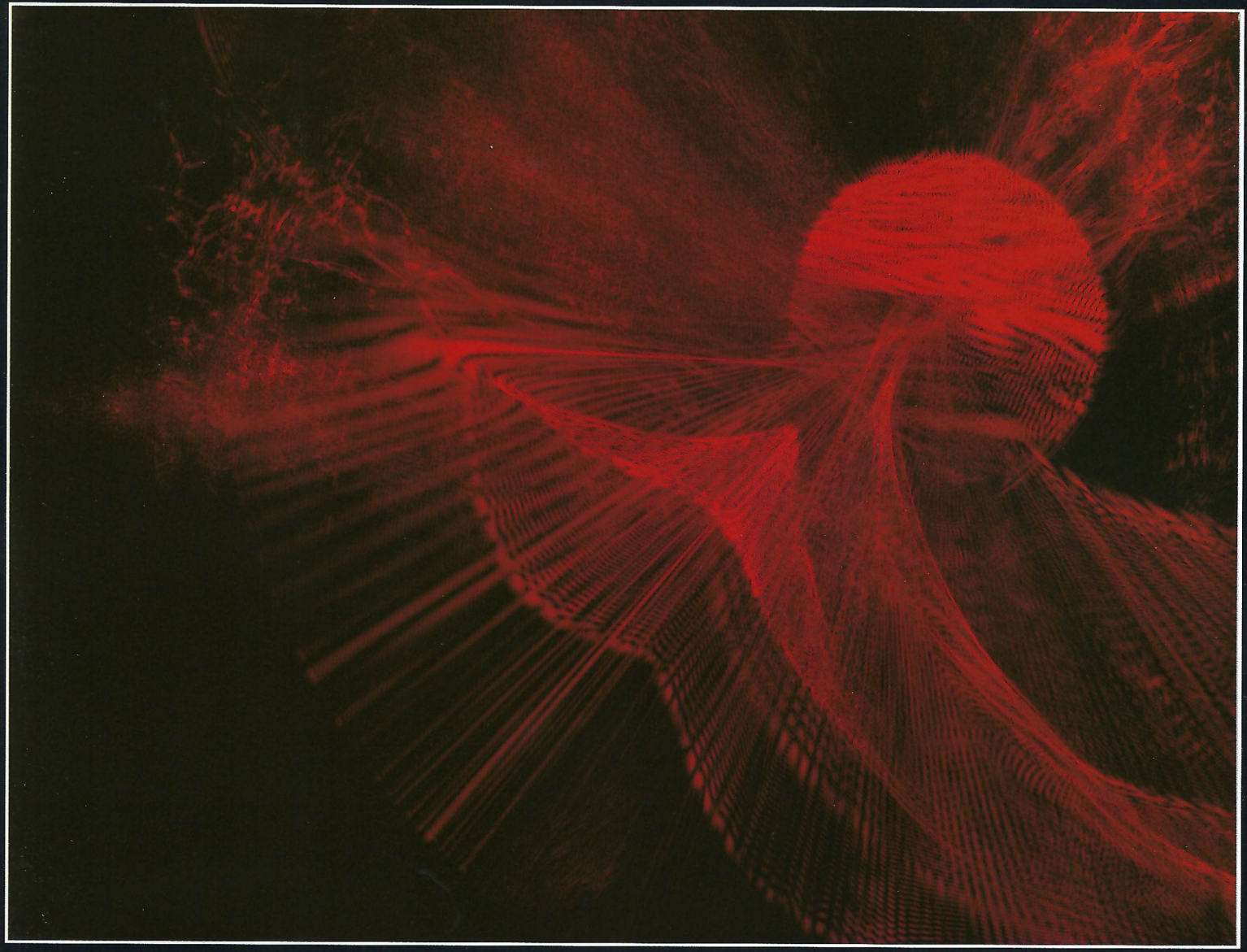
- François Morellet *Répartition aléatoire de 40 000 carrés selon les chiffres pairs et impairs d'un annuaire de téléphone* ; 1961.

29 - *Groupes, mouvements, tendances de l'Art contemporain depuis 1945*, Ecole Nationale supérieure des Beaux-Arts, Paris, p. 47 ; 1989.

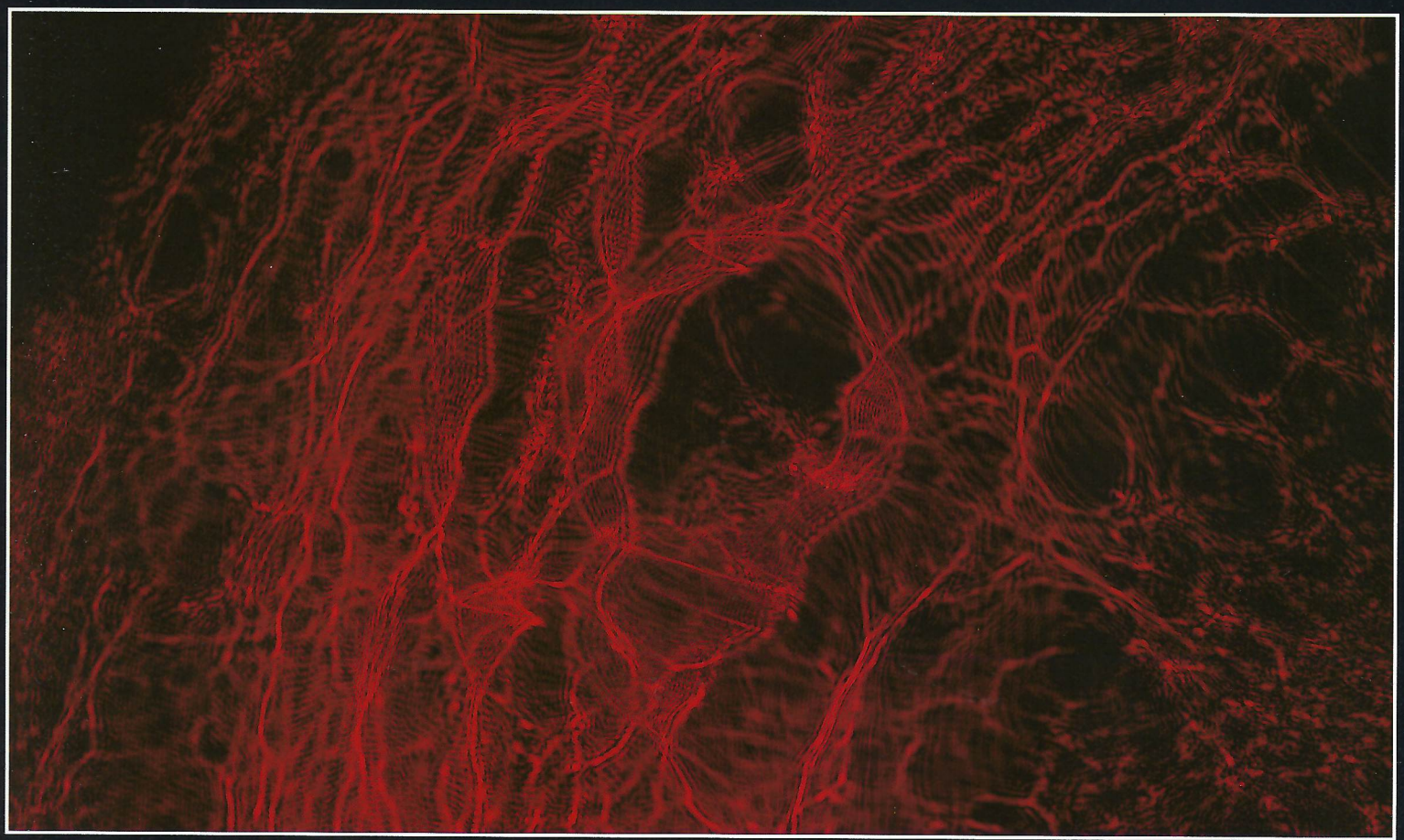
Série IV

# *Roland JOUANISSON*

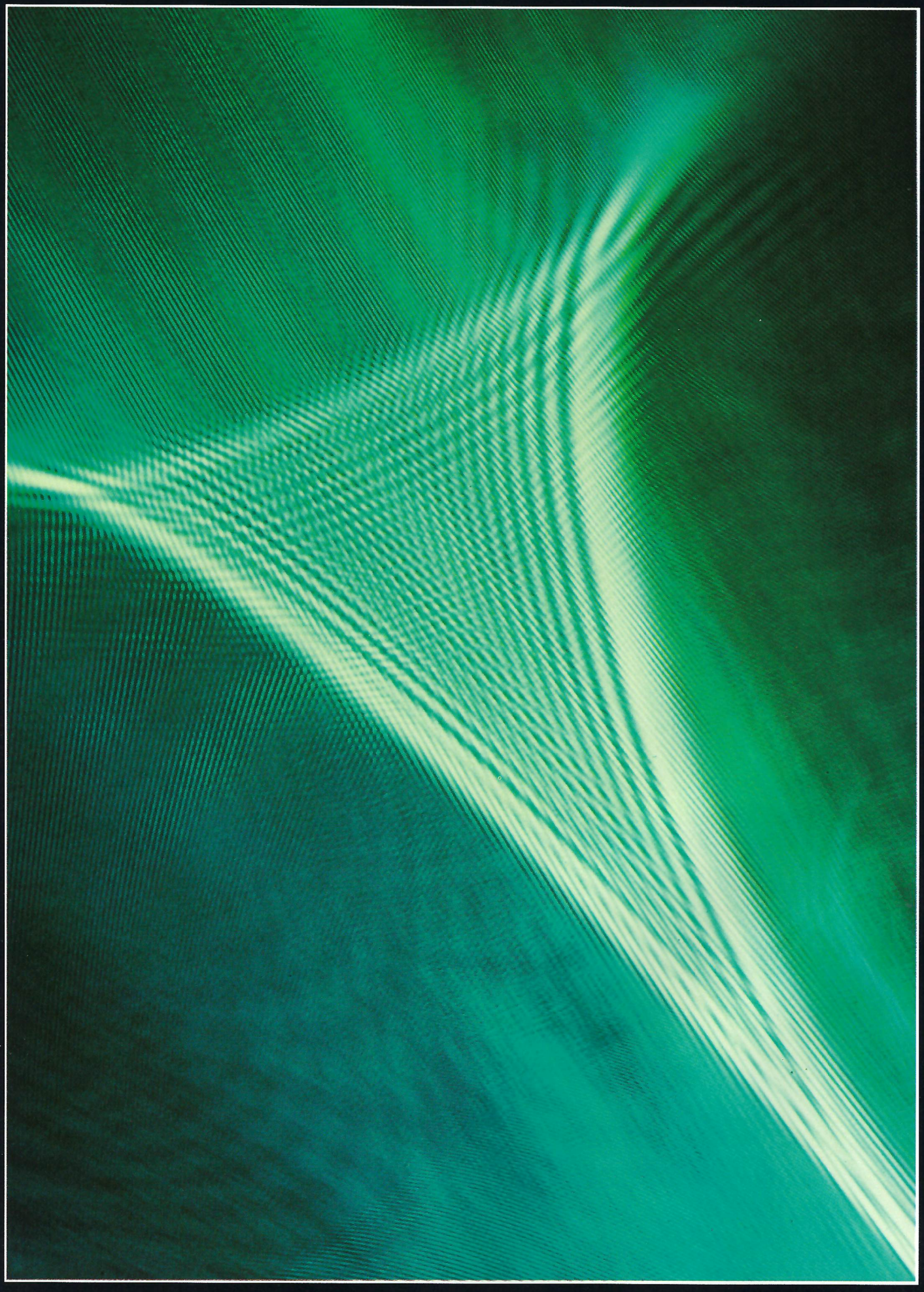


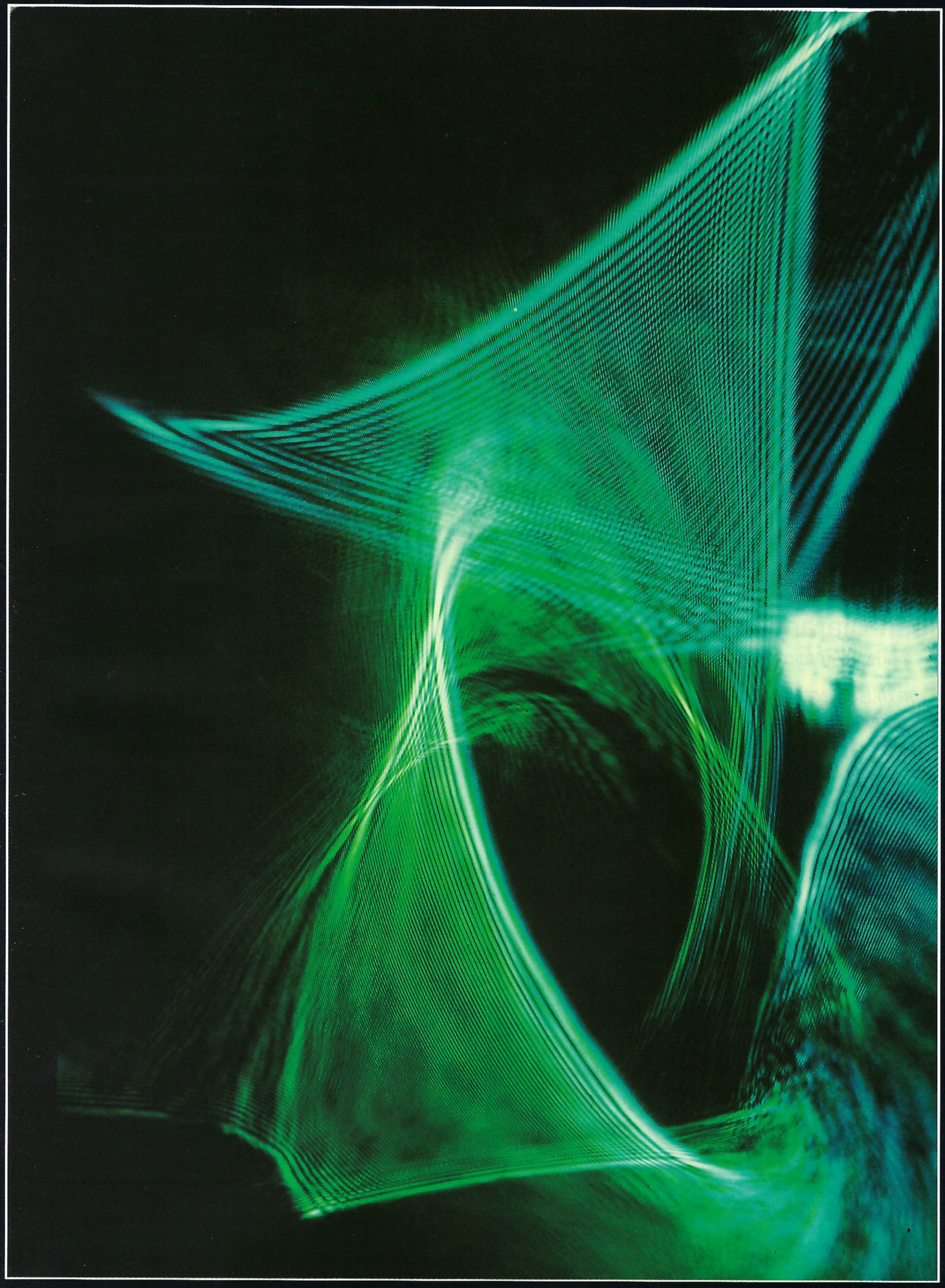


19



20





## Jérôme SNYDER

Graphis - n° 165 - 1973/1974 p.9

*"A première vue, l'artiste et le savant semblent engagés dans des voies divergentes ou pour le moins obéir à des motivations dissemblables. On serait porté à croire que l'artiste ne peut que ruer dans les brancards de la stricte discipline et des exigences de méthodes propres à la démarche scientifique. Pourtant, au-delà de ces oppositions de surface s'ouvrent de vastes régions où l'on constate la congruence du travail artistique et scientifique, et parfois même leur identité. L'effort scientifique est au fond un effort de création où l'intuition joue son rôle dans la réduction de l'ignorance. Les conceptions d'un artiste ont par ailleurs beau être dépourvues du sceau de l'authenticité scientifique, elles obéissent à la même impulsion fondamentale qui fait le chercheur : l'insatisfaction d'un esprit qui cherche au-delà de la réponse".*

## Le Directeur général de l'O.N.E.R.A.. - P. CONTENSOU
## Le Directeur du Palais de la Découverte - A.J. - ROSE

Revue du Palais de la Découverte - Mars 1973 "Science, forme, couleur..."

*"Une certaine forme d'art moderne tend de plus en plus à s'inspirer d'images résultant de phénomènes scientifiques pour trouver une nouvelle façon de s'exprimer, mais les résultats ne sont pas toujours aussi heureux qu'un large public pourrait le souhaiter. Pourtant, dans bien des domaines, il n'est pas besoin de déformer ni même de traduire des documents qui, sans la moindre altération, constituent de véritables compositions artistiques, tout en étant simplement à la base de l'analyse des phénomènes que l'on étudie couramment dans les laboratoires de recherche scientifique".*

## Jean-Clarance LAMBERT

in : Opus International - N°5 - p.36 - 1968

*"...un musée anti-mystères comme le Palais de la Découverte devient l'un des lieux les plus chargés, esthétiquement parlant, qui soient à Paris. Les artistes, cinétiques ou non, le savent de longue date, qui y viennent se rafraîchir les idées, las qu'ils sont parfois de nos Louvres où les chefs d'œuvre apparaissent trop souvent comme usés et ternis par toute l'admiration qu'ils ont exigée et reçue, depuis tant et tant de générations".*

## Vera MOLNAR - p.414, colonne B

Catalogue de l'exposition Electra - 1983

*"La technologie sophistiquée de nos jours permet (...) - et ceci pour la première fois - l'expérimentation quasi-scientifique dans le domaine de l'art, domaine qui est resté jusqu'à présent à cause de la paresse des artistes, ou à cause de leur attitude religieuse, une réserve jalousement gardée à l'ignorance".*

## W.KANDINSKY

Du spirituel dans l'Art et dans la peinture en particulier - Denoël - p.183 Gonthier - 1969 (1re éd : 1912)

*"Observons, pour terminer, que nous nous rapprochons chaque jour de l'époque où la conscience, l'intelligence, auront de plus en plus de part aux compositions picturales, où le peintre sera fier d'expliquer ses œuvres en analysant leur construction (attitude inverse de celle des impressionnistes, qui se vantaient de ne rien pouvoir expliquer), où créer deviendra une opération consciente".*

**NAUM GABO** : "Art and Science" in Gyorgy Kepes
The new landscape in Art and Science - P.62 - 1956 Chicago

*"Le travail de l'artiste n'est pas aussi pragmatique et direct que celui du scientifique ; cependant l'un et l'autre sont poussés par le même désir créateur de trouver une image perceptible des forces cachées dans la nature dont l'un et l'autre sont conscients".*

**W. STRZEMINSKI** : 2e manifeste du groupe "a.r."
Lodz - 1932

*"Le but de la création artistique n'est pas d'exprimer sa propre personnalité mais de faire évoluer l'art objectivement. Les questions résolues jusqu'alors intuitivement par les artistes doivent l'être aussi selon le mode de l'analyse scientifique et de la correction réciproque des résultats obtenus. L'art moderne se rapproche dans ses méthodes des procédés à l'aide desquels progresse la science. L'évolution et le progrès de celle-ci procèdent de la formulation et du rejet d'hypothèses. L'observation et l'expérimentation entraînent le progrès parce qu'elles permettent la formulation d'une nouvelle hypothèse ou le rejet de l'ancienne.*
*L'analyse du phénomène artistique opérée sous l'angle de la mécanique, de l'optique, de la physique, de la chimie, des mathématiques ou de la biologie contribue à la formulation d'hypothèses artistiques.*
*Une telle formulation n'est pas l'objectif unique : l'observation et l'expérimentation doivent conduire à la vérification des prémisses d'une hypothèse donnée. La vérification des prémisses physiologiques, c'est-à-dire de l'action des divers éléments artistiques, doit être opérée systématiquement en vue d'un contrôle mutuel des observations individuelles.*
*La logique du développement artistique actuel implique que l'art doit s'appuyer sur l'activité d'une organisation vouée à la recherche, à l'expérimentation et à la vérification des hypothèses".*

**P. LASZLO** : "Science en images"
Revue du Palais de la Découverte 12/1991

*"L'art moderne et l'illustration scientifique ne sont pas étrangers l'un à l'autre. Paul Klee, pour ne prendre que cet exemple, formé aux mathématiques, excellent musicien, a une production artistique qui côtoie de près les concepts scientifiques".*

**A. GIACOMETTI** : Ecrits - Savoir sur l'art - Hermann - Paris - 1990 p. 279

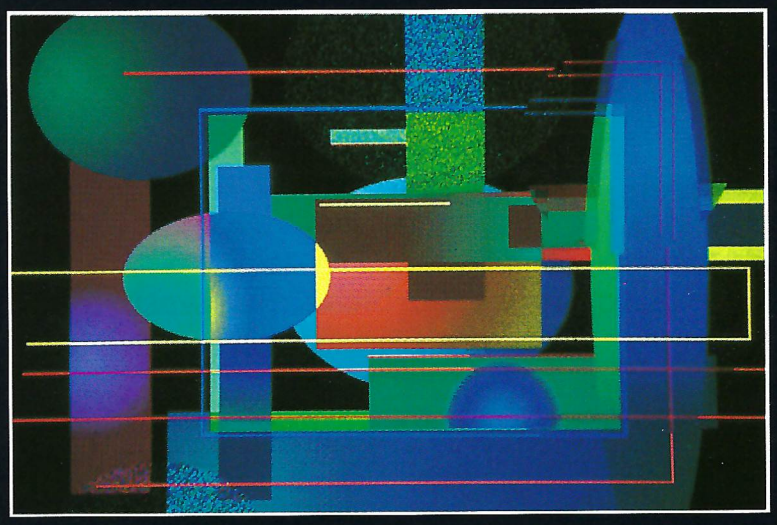
*"Si on s'accroche à vouloir saisir le mieux possible ce qu'on voit, qu'on fasse de la science ou de l'art, la démarche est la même. Un savant qui se spécialise dans n'importe quel domaine, plus il en connaît, plus il a à connaître et il ne doit jamais y avoir d'espoir non plus d'arriver à une connaissance totale, ce serait la mort même. L'art et la science, c'est tâcher de comprendre".*

**E. Christopher ZEEMAN** : "Les mathématiques et la pensée créatrice"
Sciences - Revue française des Sciences et des Techniques - n° 34 - 1964 p. 12

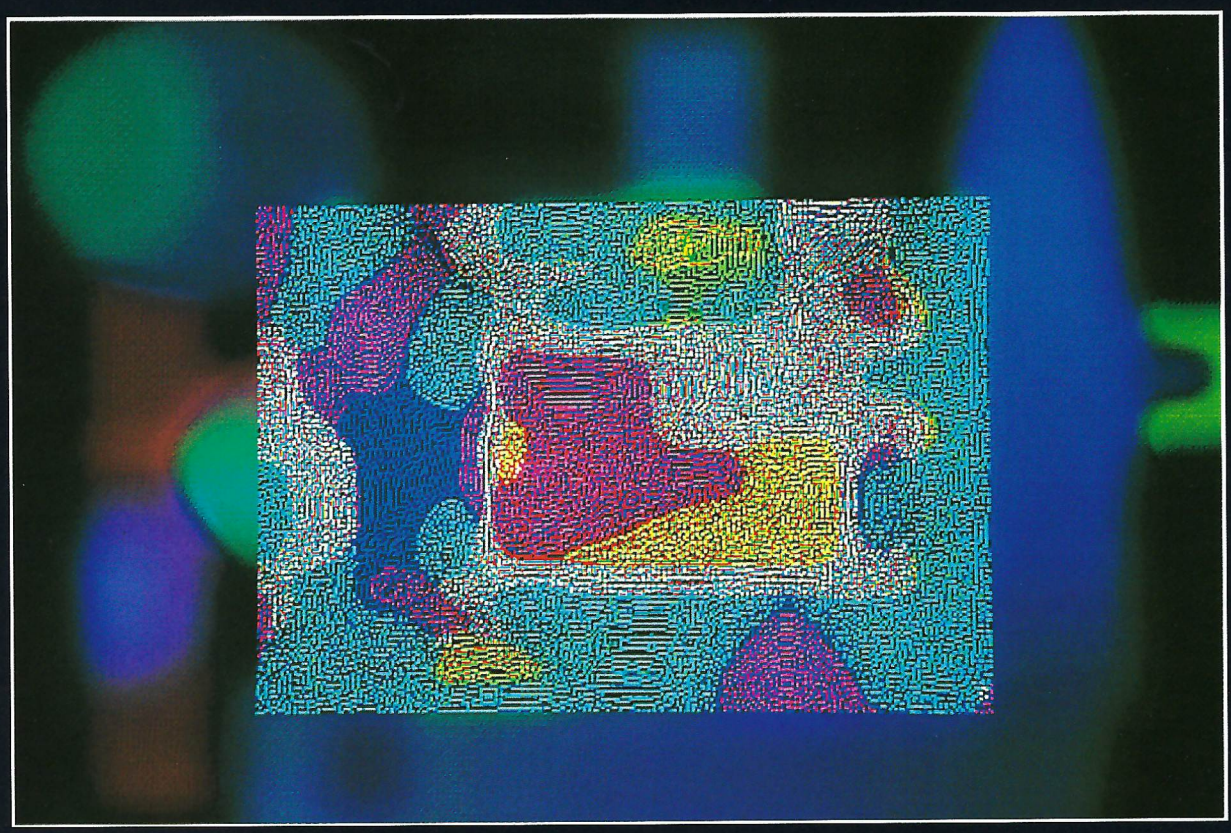
*"Il est maintenant reconnu que nous choisissons l'objet de nos travaux mathématiques, non pour son utilité ou son efficacité, mais pour "son élégance, sa beauté intrinsèque, sa profondeur, sa générosité, sa simplicité, sa subtilité et son économie". Comme ces critères sont subjectifs - et pourtant les mathématiciens reconnaissent immédiatement ces traits et sont étonnamment unanimes dans leurs jugements - ces mots sont ceux mêmes que nous emploierions pour décrire l'œuvre d'un grand peintre".*

## Série V

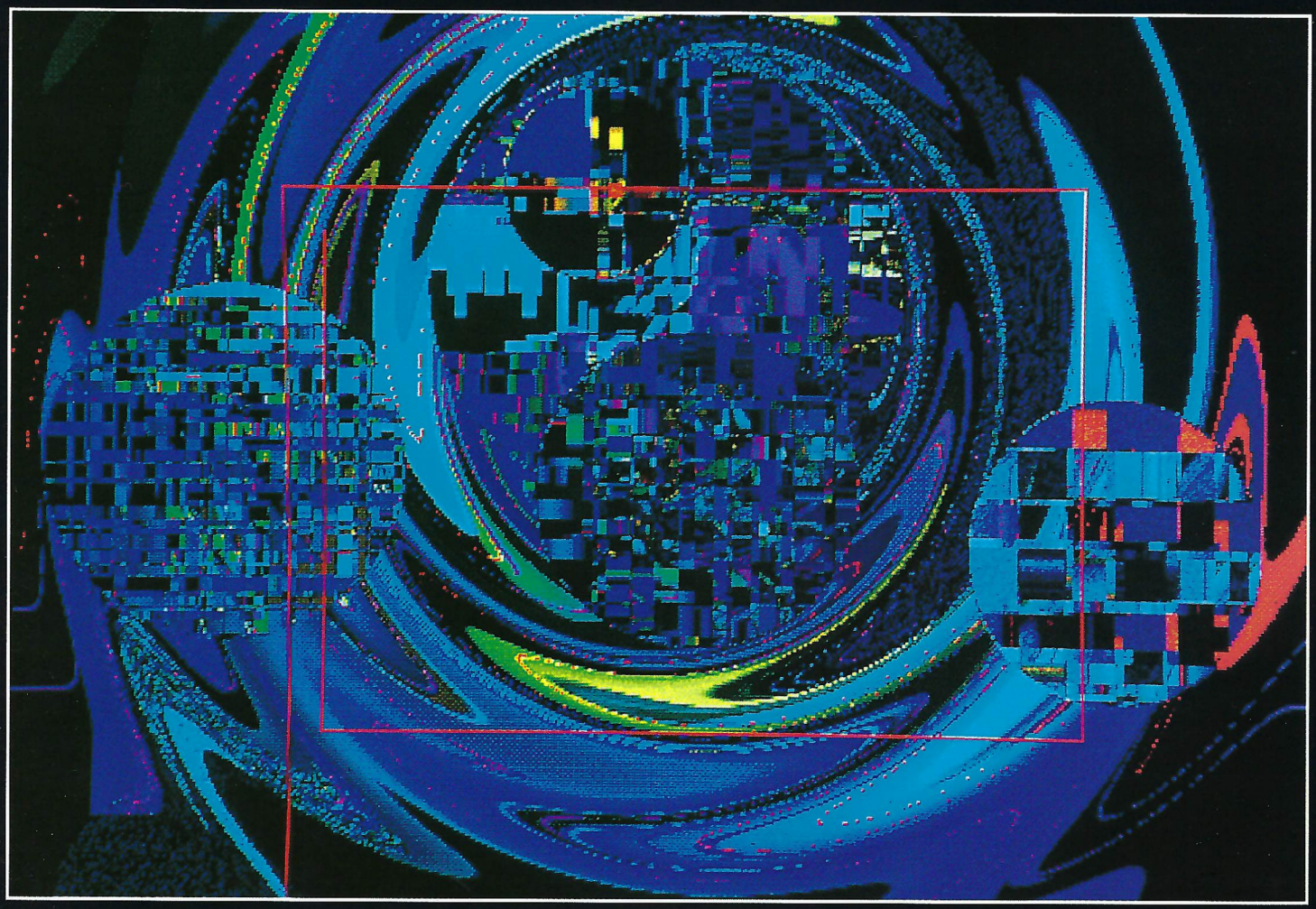
# *Bernard CAILLAUD*



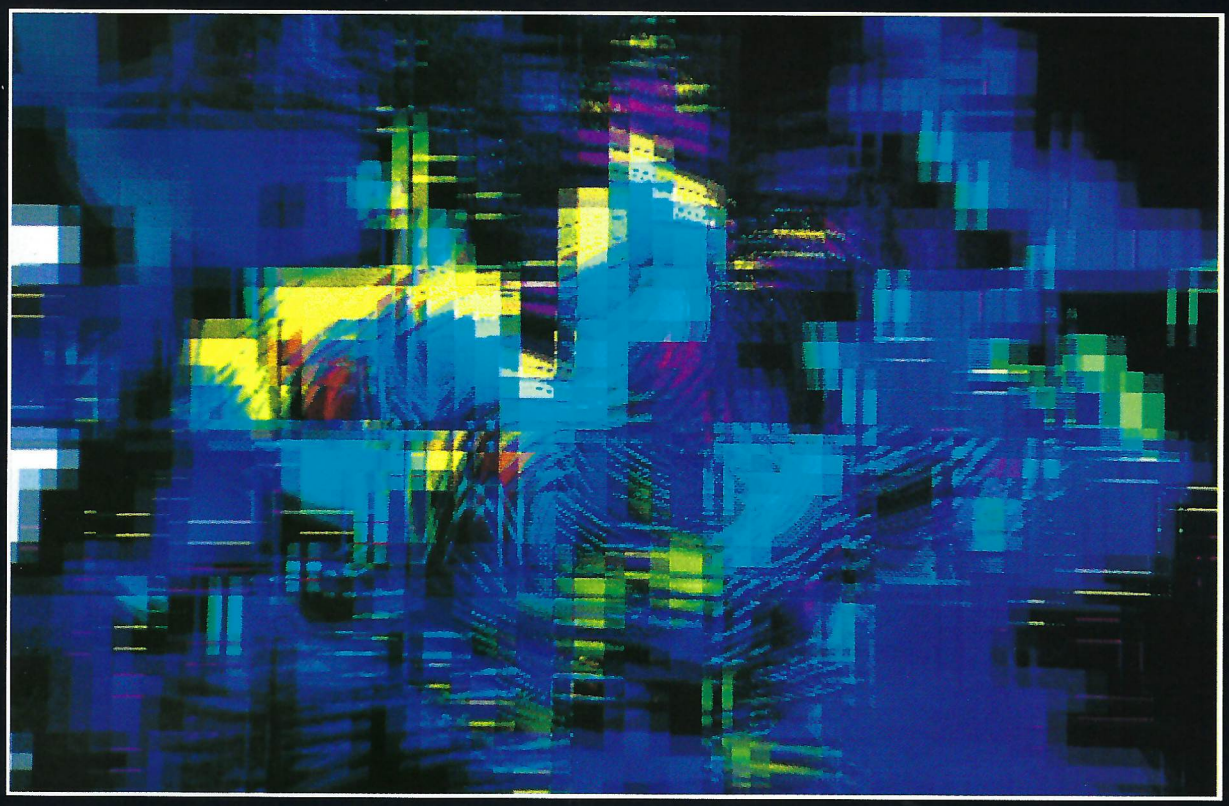
23



24



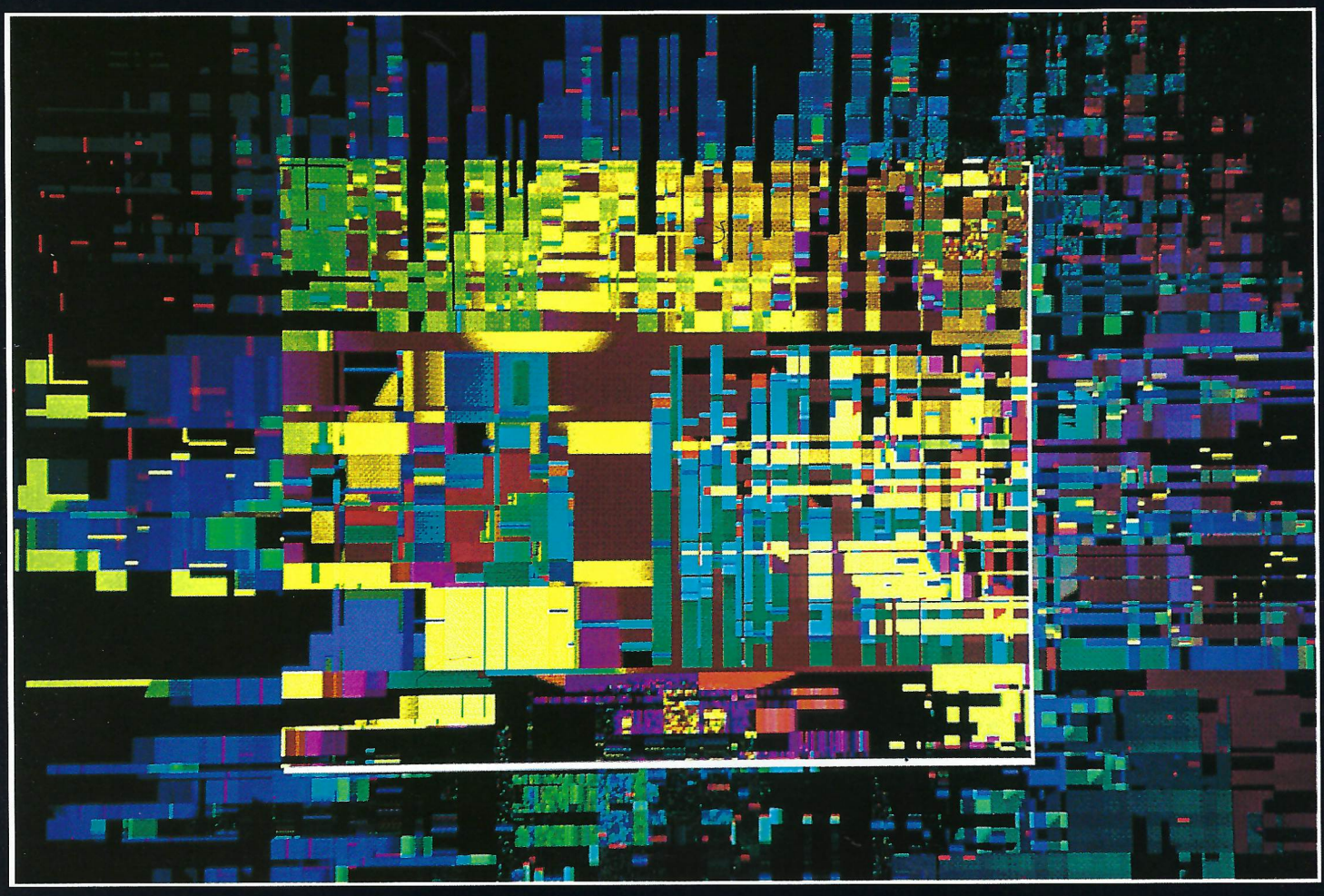
25



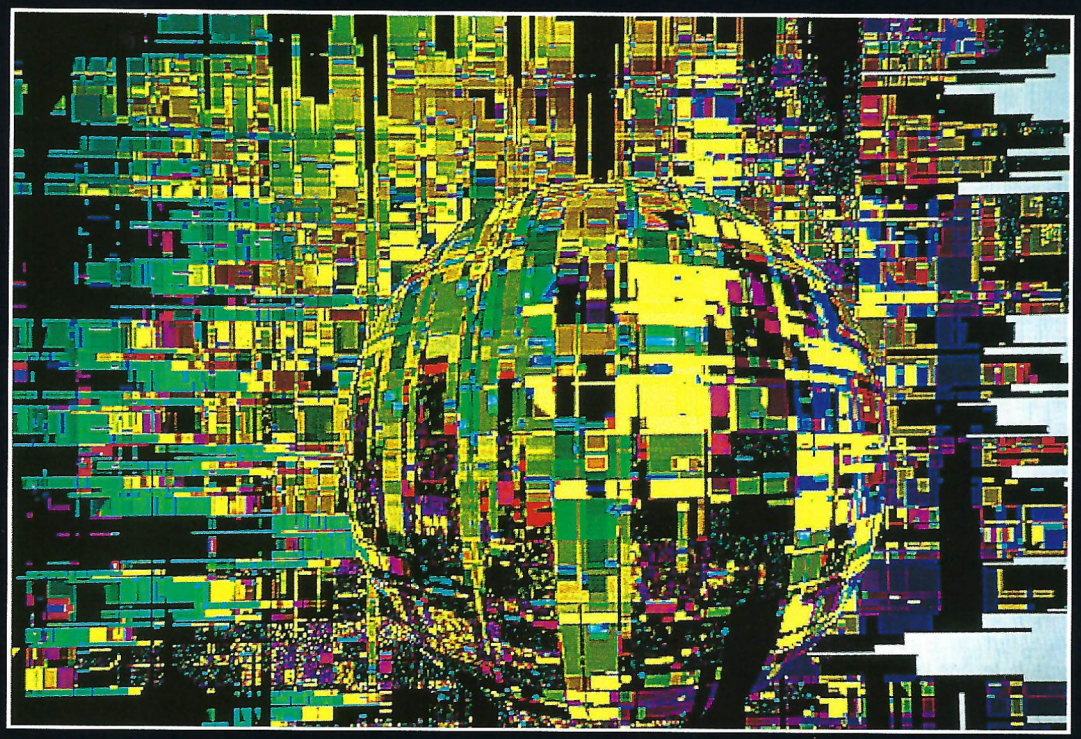
26



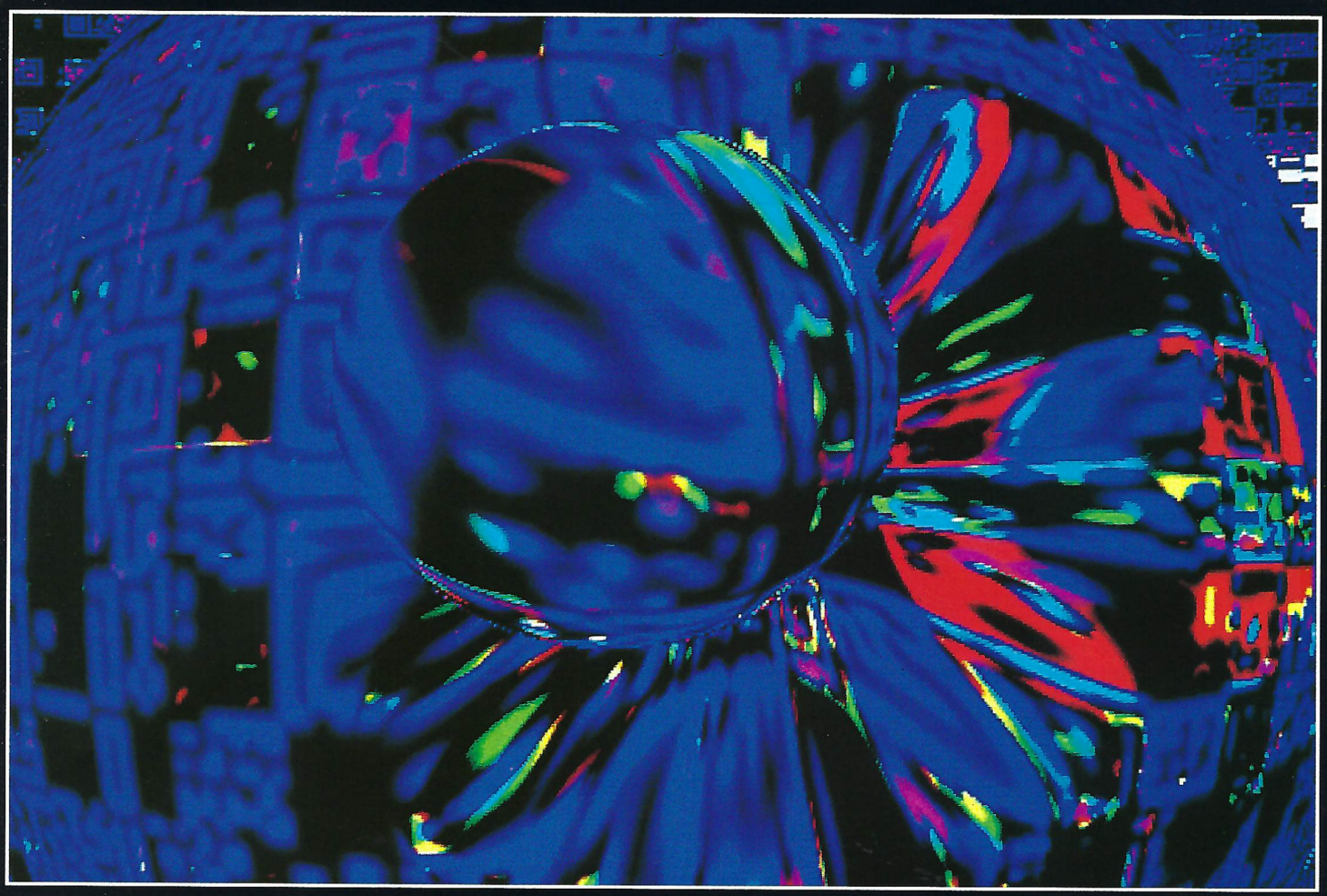
27



28



29



30

# POUR UN MUSEE DE L'IMAGE SCIENTIFIQUE

*Bernard CAILLAUD*

L'image scientifique fait partie de notre patrimoine visuel et apparaît comme le témoin multiple de nouvelles dimensions du réel qui ne peuvent échapper à l'Artiste.

Ces documents, auxquels on reconnait parfois une "beauté brute", sont cependant pratiquement toujours utilisés dans leur contexte d'origine ou à l'occasion d'expositions qui gardent avec prudence un caractère scientifique ou technique. Le but de cet article est d'affirmer l'autonomie de ces images qui doivent alors pouvoir être montrées au moins pour leurs simples structures forme-couleur.

L'imagerie scientifique englobera ici toute image apparaissant dans l'activité des Sciences Pures et Appliquées. On peut alors la subdiviser en :

image-document
image-reconstitution
image-modélisation
image simulation
image d'expérimentation numérique.

- La première prétend surtout apporter, grâce aux ondes électromagnétiques, aux corpuscules et aux vibrations mécaniques, des documents de dimension du Réel peu facilement accessibles à l'expérimentation directe telles que le trop grand, le trop petit, le trop lent, le trop rapide, le caché et le transparent. Elle est encore souvent de caractère analogique.

- La seconde se donne les mêmes finalités mais grâce à une opération de synthèse qui porte sur plusieurs images (ou plusieurs séries de mesures) qui participent elles-mêmes de la première catégorie. Cette opération est le plus souvent de caractère numérique.

- la troisième est bien une hypothèse visuelle et peut faire appel à la synthèse numérique ou parfois encore aux techniques traditionnelles des peintres.

- la quatrième apparaît souvent en animation dans un hyperréalisme numérique de moins en moins approximatif ; elle prend historiquement sa source dans des problèmes d'apprentissage divers.

- La cinquième enfin, complètement numérique, apparaît comme la visualisation de formulations de problèmes physiques (champs, attracteurs, automates...) ou d'équations simplement mathématiques (exemple des fractales).

En fait, à côté de l'image scientifique proprement dite, on peut faire place aux Images des Sciences et des Techniques qui regrouperaient :

- Les images technologiques (images de la mise en œuvre des techniques).

- Les images du fonctionnement des sciences (images d'expériences, de scientifiques au travail, de savants...).

- Les images de modélisation libre qui conduisent à l'illustration de vulgarisation scientifique.

- Les images de la science dans les bandes dessinées, les films, les publicités...

- Les images employées dans la pédagogie des sciences qui ne représentent peut-être pas une catégorie très différente de la vulgarisation bien que certaines puissent être spécialement conçues dans ce but.

Au-delà de ces définitions et avant d'aborder la question plus précise du Musée on peut vouloir établir une comparaison entre les démarches de l'Artiste et du Scientifique face à la mise en image du monde.

L'un et l'autre se confrontent au monde et en fabriquent des images qui viennent s'adjoindre à lui et modifient dans le même temps son intelligibilité. Si les motivations et les méthodes semblent souvent différentes nous voudrions souligner ici les points communs des images ainsi créées.

Si l'un et l'autre réalisent des images qui à court terme apparaissent dans un cercle restreint (le "monde de l'Art",...La communauté scientifique...) un bon nombre d'entre elles peuvent diffuser plus ou moins rapidement pour acquérir une audience élargie et font progressivement partie de notre mémoire planétaire.

Examinons donc les principaux rôles que l'on peut attribuer à ces images.

- A propos de l'image comme témoignage d'un objet (au sens premier de l'optique géométrique) il y a bien dans les deux cas transmission d'une information, au moins pour l'Art à travers une bonne part de la peinture dite figurative et de la photographie, et pour la Science à travers certaines catégories d'images qui apparaissent notamment en biologie, en géologie, en ethnologie, etc...Il faut d'ailleurs ici rappeler que certaines images du domaine de l'Art peuvent servir de document pour le scientifique et que ce qu'il est parfois convenu d'appeler l'Art Scientifique (1) se situe bien à l'interface des deux domaines.

- A propos de l'image comme hypothèse sur le monde, l'Art est bien représenté à travers les travaux des peintres qui transmettent leur vision personnelle du monde (ce qui correspond, au moins, à la quasi-totalité de la peinture figurative évoquée ci-dessus). La science, elle, transmet, en partie par l'image, un modèle du monde (ou d'une partie du monde...) à travers, au moins, l'image-modélisation et, pour une petite part, à travers l'image de reconstruction.

- A propos de l'image comme trompe-l'oeil la référence à la peinture est évidente et la science répond par l'image-simulation.

- A propos de l'image comme mise en vision de mondes non visibles on peut d'un côté faire référence à toute la peinture fantastique-surréaliste dans son exploration de l'imaginaire et de l'autre à la mise en image de dimensions non perceptibles du Réel (qui ont été citées au début de cet article).

- Enfin, à propos de l'image comme recherche de structures forme-couleur on peut au moins faire référence d'une part à la peinture dite abstraite et de l'autre à toutes les méthodes de traitements d'image (optique et numérique) spécialement développées en astrographie et en sciences des matériaux.

Ces points communs entre les deux démarches ne peuvent en cacher les différences que l'on s'est toujours plu à souligner. Pourtant depuis le début du siècle des voix se sont élevées (surtout chez certains artistes) pour souligner des parallélismes, souhaitables ou réels, dans les protocoles expérimentaux des uns et des autres et même dans les fondements conceptuels de la démarche qui conduit à l'œuvre.

On pourra se reporter à ce propos aux citations regroupées aux pages 28 et 29.

On pourrait multiplier ce genre de citations (ce qui serait inopportun dans le cadre d'un article) qui tissent des relations à plusieurs niveaux entre création artistique et scientifique (2).

C'est dans ce "décor" qu'apparaît alors l'idée d'un Musée (3) de l'Image Scientifique : on entend ici par Musée, et dans une acception très classique, un espace avant tout destiné à la contemplation de l'Image hors de tout contexte et pour ses seules qualités plastiques. Ce type principal de lecture pourra cependant être accompagné, mais dans des espaces connexes, de directions d'études complémentaires telles que celles privilégiant l'évolution historique, les "styles", les techniques d'imagerie et les relations avec d'autres catégories d'images (et notamment celles issues des arts plastiques).

On peut maintenant développer l'Idée du Musée à travers son contenu lié à une architecture imaginaire construite sur une organisation complexe (et évolutive) de cellules qui ressemblent fort à la classique modélisation du Benzène ! La plus grande dimension de chaque salle-cellule est environ de vingt mètres (Cf. figure).

Nous pouvons alors commenter de façon succinte chacune des catégories de ces salles.

## SALLES PRINCIPALES D'EXPOSITION (A)

Elles occupent le centre géographique du Musée et sont consacrées à des collections de "belles images" qui seront classées par type de support et présentées avec un seul souci d'accrochage forme-couleur. On pourra alors distinguer les documents sur papier photographique, les documents sur diapositive en projection, les documents sur plan-film en caisson lumineux, les documents sur vidéo-disque et les documents holographiques. Toutes ces salles concernent des images fixes d'origine analogique ou numérique. Les seules indications associées à chaque document seront la date et le nom de l'auteur ou du laboratoire ; un numéro renverra à un catalogue précis qui contiendra toutes les indications supplémentaires exigées par les responsables de l'image et notamment la technique d'imagerie correspondante.

## SALLES D'ACTUALITES (B)

Elles peuvent se subdiviser en :

• Salle des acquisitions récentes qui serviront à renouveler progressivement les salles principales ou les salles spécialisées ou les salles annexes (voir ci-dessous).

• Salle des nouvelles techniques d'imagerie : chaque année voit l'apparition ou la modification de certaines techniques d'imagerie. Cette salle fait le point sur le double plan de l'information technique (dans un souci de vulgarisation) et des possibilités de visualisation correspondante.

• Salle d'exposition consacrée en permutation soit à un laboratoire producteur d'images, soit à un artiste qui travaille en relation plus ou moins proche avec les démarches scientifiques, soit à un thème d'étude sur l'image scientifique dans l'optique du Musée (exemple : Art et Fractale, algorithme et création, typologie de l'image, etc...). Cette salle est conçue en liaison avec les conférences ou les séminaires qui pourront avoir lieu sur ces thèmes dans l'espace du Musée.

## SALLES SPECIALISEES (C)

Faisant en quelque sorte le pendant aux salles principales d'exposition et tout en privilégiant la qualité des documents et leur accrochage, ces salles présentent l'image en liaison avec certains aspects des contextes scientifiques ou artistiques. On obtient alors trois grandes subdivisions :

• Les salles des domaines d'échelle

• Les salles de l'image numérique

• Les salles des relations entre image scientifique et image de création :

- Les premières gardent, en fil directeur, la distinction classique entre les deux infinis faite à la mesure de l'homme, et qui conserve au moins un intérêt historique.

- Chaque salle présentera de la façon la plus interactive : les principaux matériels d'imagerie ; des collections d'images dans leur contexte ; les principaux domaines d'application de chaque technique. On rencontrera dans l'ordre : les salles de l'infiniment petit (microscopies, spectroscopies, images de diffraction), une salle de macrographie, les salles de l'imagerie médicale (images du non-pénétrable par radiographie, scintigraphie, échographie, R.M.N, images endoscopiques, images externes par thermographie, photographie, électrophotonique...), les salles des techniques de visualisation (images des champs, des vibrations, des fluides...) et enfin les salles de télédetection et celles d'astrographie (par rayonnements $\gamma$, X, UV, visible, IR, radio...) (4).

- Les secondes présentent les principaux apports de l'ordinateur d'une part dans les traitements d'images et d'autre part dans la création d'images dites de synthèse (à travers leurs différentes orientations : réalisme, modélisation, simulation, recherches esthétiques) mais elles insistent surtout sur l'expérimentation numérique menée soit en Physique, soit en Mathématique, soit en création algorithmique (avec par exemple les travaux de J.F. COLONNA, C.A. PICKOVER, M. MARKUS...)

- Les dernières tentent de présenter une exploration de certains points communs à l'image scientifique et à l'image de création. Cette exploration qui n'en est ici qu'à ses débuts doit constituer à long terme une dimension très importante du Musée. On citera alors :

• La salle de l'analyse morphologique d'image.

• La salle des structures formelles (qui doit servir de base à une théorie générale de la forme et de la texture).

• La salle des images sans échelle.

• La salle des images indécidables (hors de tout contexte, existe-t-il des critères de distinction stricte entre image artistique et image scientifique ?).

• La salle des rencontres forfuites (?) entre image artistique et image scientifique (qui pourrait servir de base à une histoire comparée de l'image).

• La salle de l'image chirographique (en donnant à ce dernier terme le sens de : "réalisé avec les techniques manuelles du graphiste et du peintre") qui regrouperait à la fois les tentatives de reproduction directe de la "chose vue" (en microscopie et en astronomie par exemple...) et les images de modélisation qui apparaissent souvent en illustration médicale et naturelle (au sens des sciences du même nom) et en vulgarisation scientifique.

• La salle de l'appropriation par l'artiste de l'image scientifique.

## SALLES DE L'HISTOIRE DE L'IMAGE SCIENTIFIQUE (D)

En première approximation ce titre semble pouvoir se passer de commentaires : l'axe diachronique est privilégié et doit trouver son origine dans les premières images chirographiques (qui remontent au moins au haut Moyen-Age..).

## SALLES ANNEXES

Elles regroupent :

• Les salles des relations entre image de création et techniques d'imagerie.

• Les salles des images des Sciences et Techniques.

- Les premières tenteront de donner un panorama (sans cesse à compléter) des productions des artistes qui s'expriment à travers des techniques ou des mises en forme de phénomènes issues du fonctionnement des Sciences. On peut alors citer l'holographie, la scintigraphie, la thermographie, la lumière polarisée, l'électrotastique, l'oscilloscope...(en réservant, au moins pour mémoire (!), une salle à la photographie et à l'infographie).

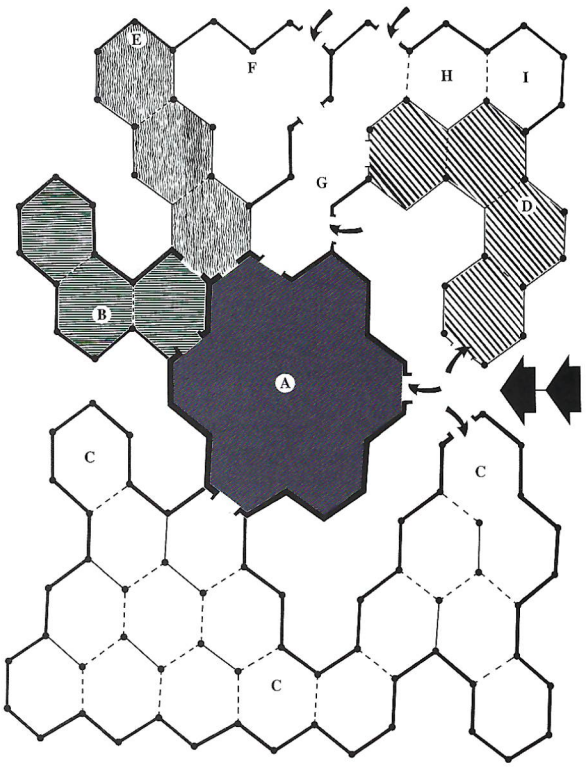
- Les secondes ont vu leur contenu défini dans la première partie de cet article et il est donc inutile d'y revenir. Voici donc le contenu (à affiner...) de ce Musée Imaginaire essentiellement consacré à l'image fixe et qui doit, à l'évidence, englober une salle de conférence et de projection (F), une bibliothèque (G), une animathèque qui pourra, au moins partiellement, compléter le Musée en présentant divers aspects de l'image scientifique évolutive, et enfin une iconothèque (I) qui pourra avoir le double aspect d'une banque d'images et d'une artothèque.

Au-delà de ses rôles premiers (collection, classification, exposition...) ce Musée s'affirme comme une interface entre deux domaines disjoints (depuis seulement quelques siècles...) et qui semblent avoir tout intérêt à mieux diffuser l'un vers l'autre sur des plans multiples dont certains sont bien apparus dans la description de certaines salles ébauchées ci-dessus.

Cependant il ne semble pas qu'on puisse actuellement prévoir les diverses implications de ce Musée et surtout celles issues d'une seule "réflexion visuelle" sur ces artefacts détachés de leur contexte initial. Ce Musée devrait alors nous interroger sur notre vision de l'œuvre picturale et plus généralement sur les fondements de la création plastique.

(Notes et références bibliographiques : Cf. Ci-après).

Figure : PLAN "IMAGINAIRE" DU MUSEE DE L'IMAGE SCIENTIFIQUE
A : Salles principales d'exposition / B : Salles d'actualités / C : Salles spécialisées / D : Salles de l'histoire de l'image scientifique / E : Salles annexes / F : Salles de conférence et de projection / G : Bibliothèque / H : Animathèque / I : Iconothèque




1 - Revues GRAPHIS n° 165 1973/74 numéro spécial : "L'Artiste au service de la Science".

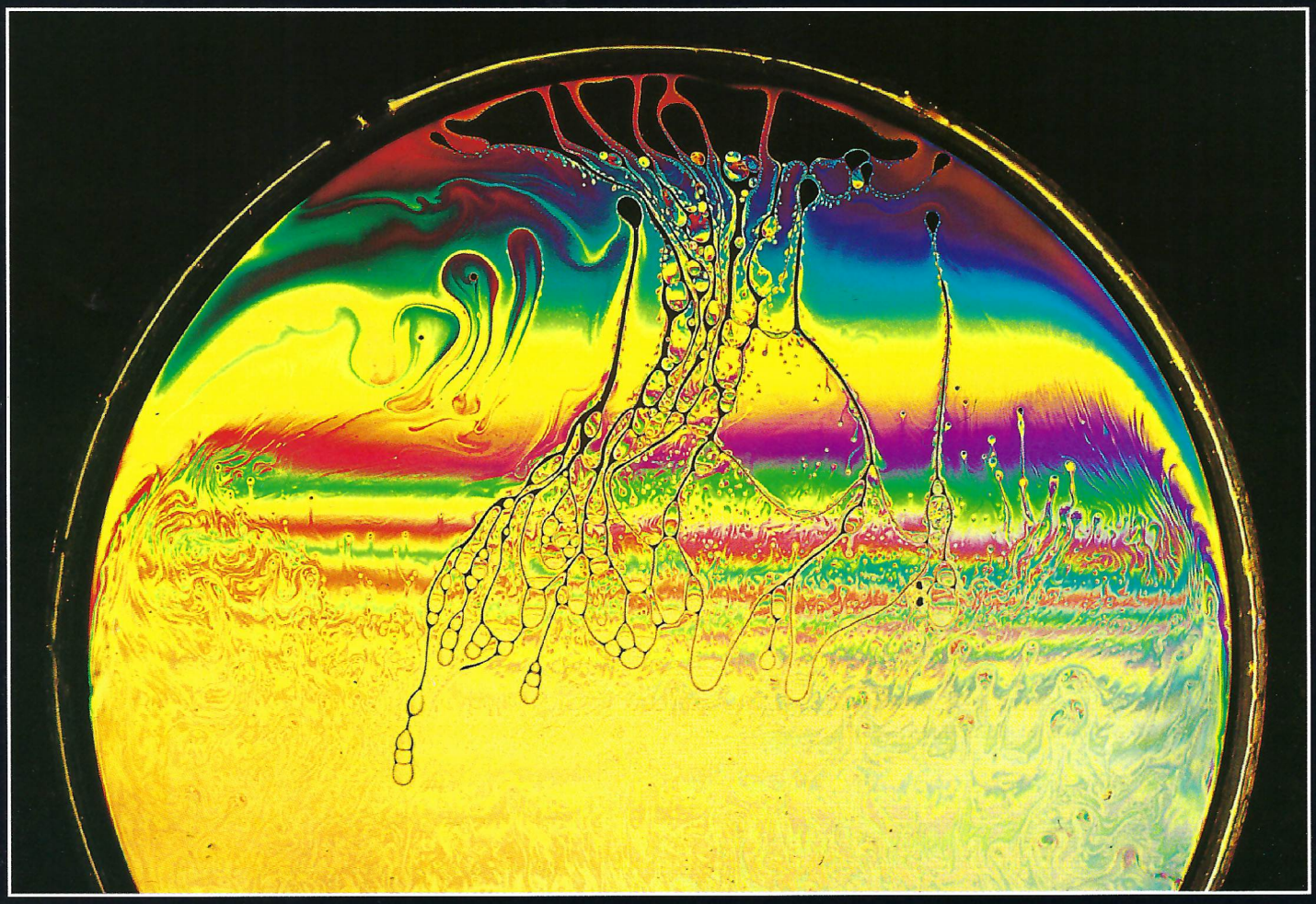
2 - On pourra également consulter : Ans Van BERKUM - Science*Art ; Tom BLEKKENHORST - Utrecht - Hollande ; s.d. (vraisemblablement 1987 ou 1988)

3 - Au sens premier du Musée : lieu consacré aux Muses donc à l'étude des Belles-Lettres, des Sciences et des Arts

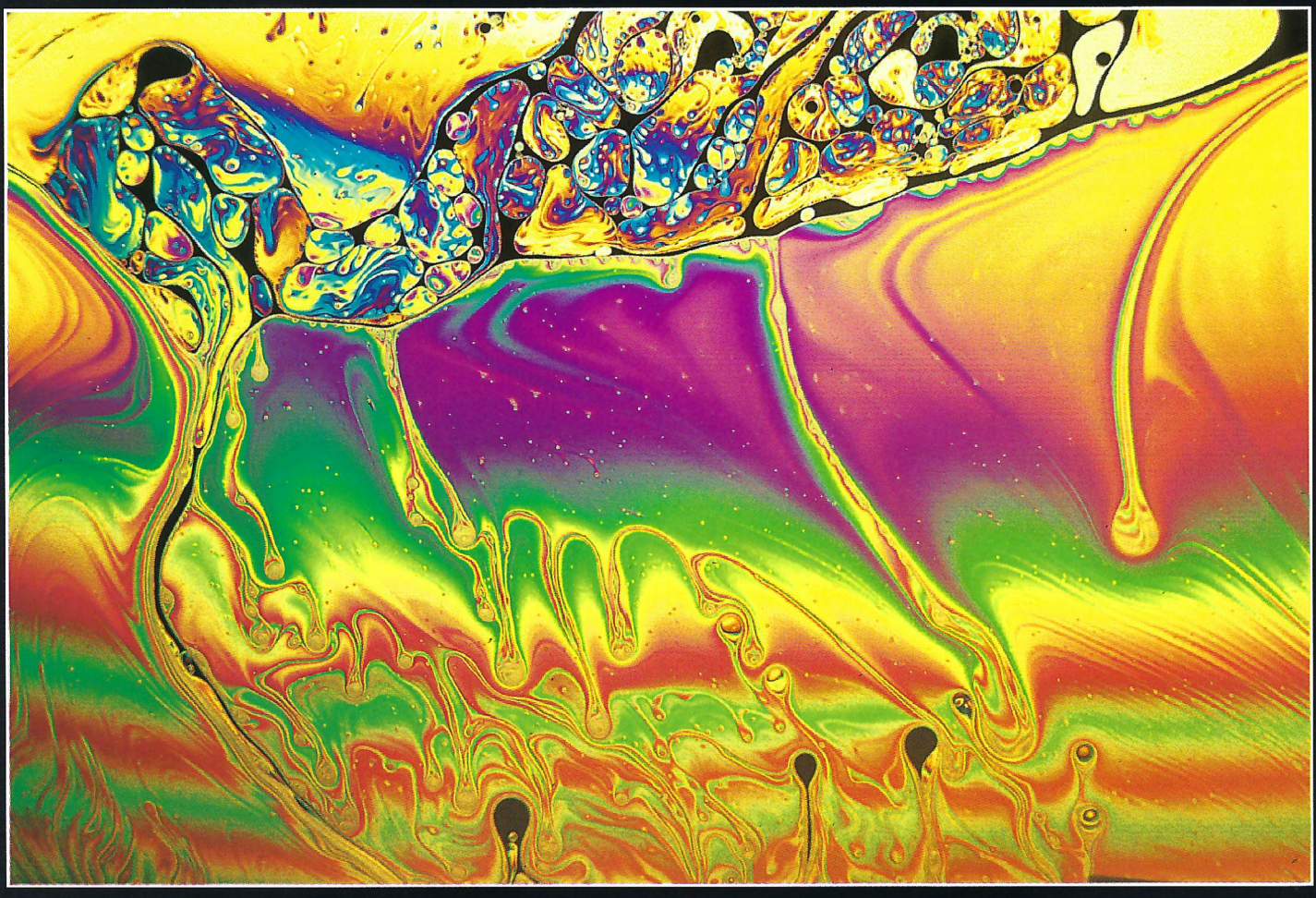
4 - Il faudrait en fait ici prévoir des salles complémentaires consacrées à des types d'images difficilement classables dans la grille présentée telles que les Images des sensations, l'imagerie micro-onde, l'imagerie Cenrenkov, les images des phénomènes d'optique, les images des sons, etc...

## Série VI

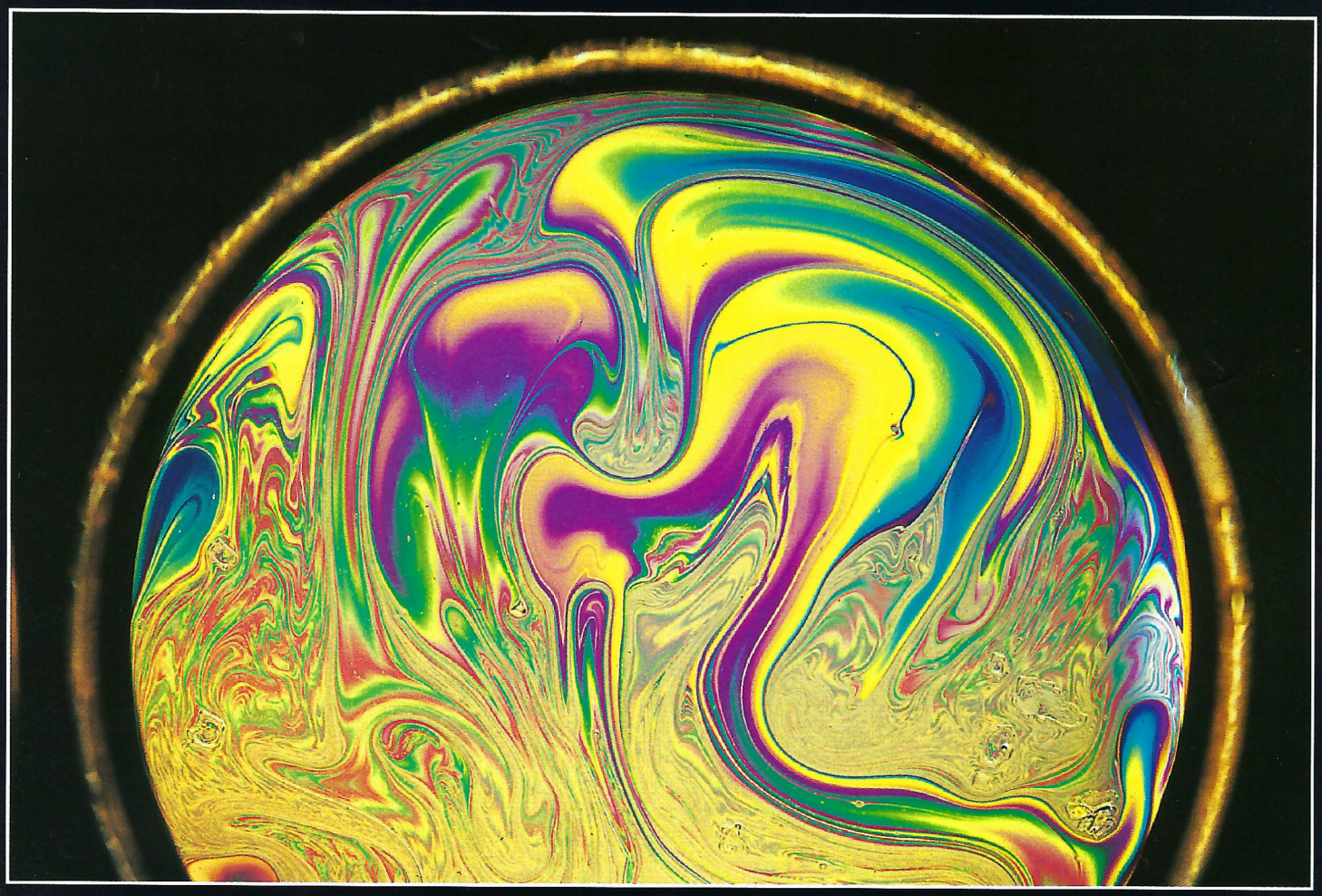
# *Roland JOUANISSON*



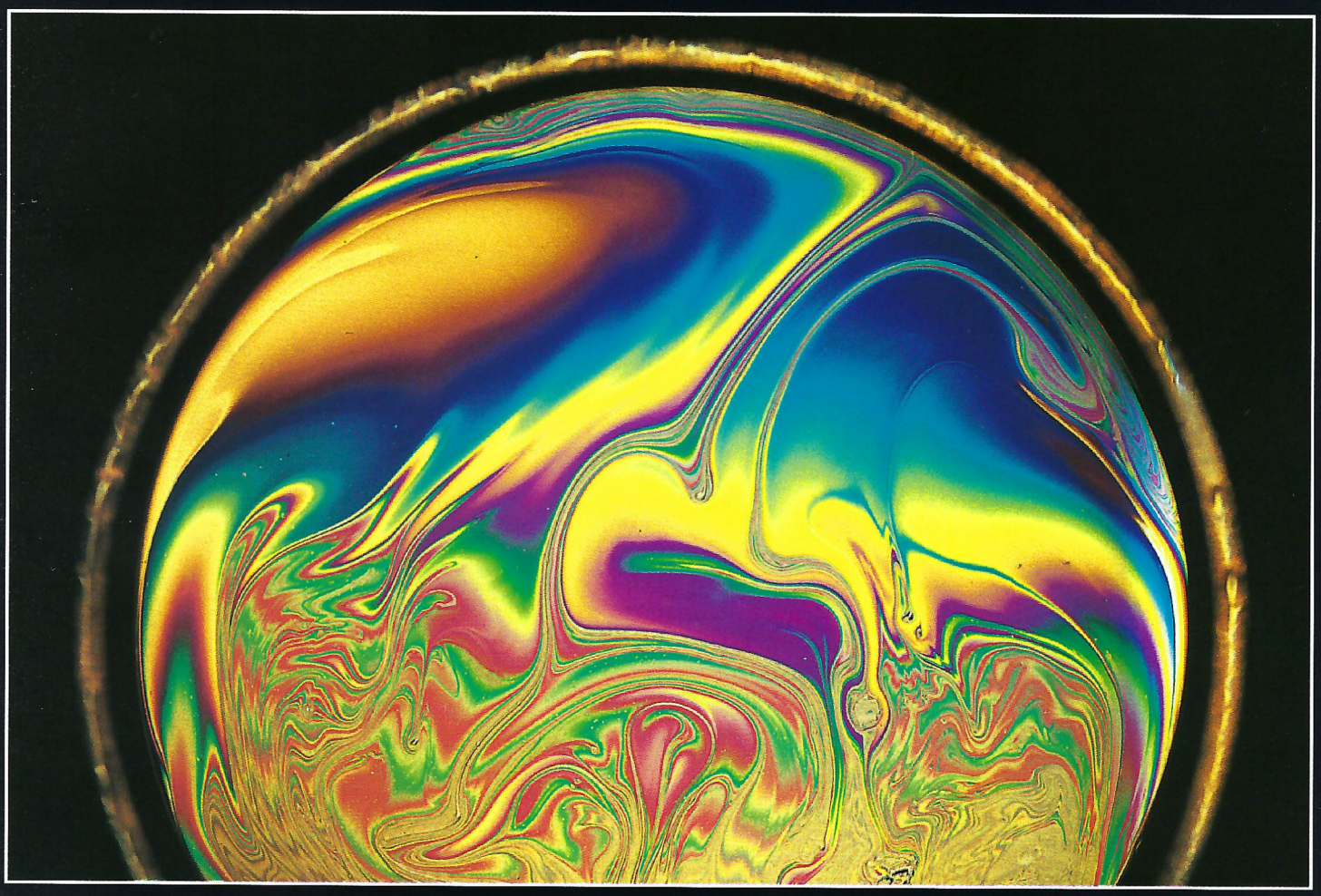
31



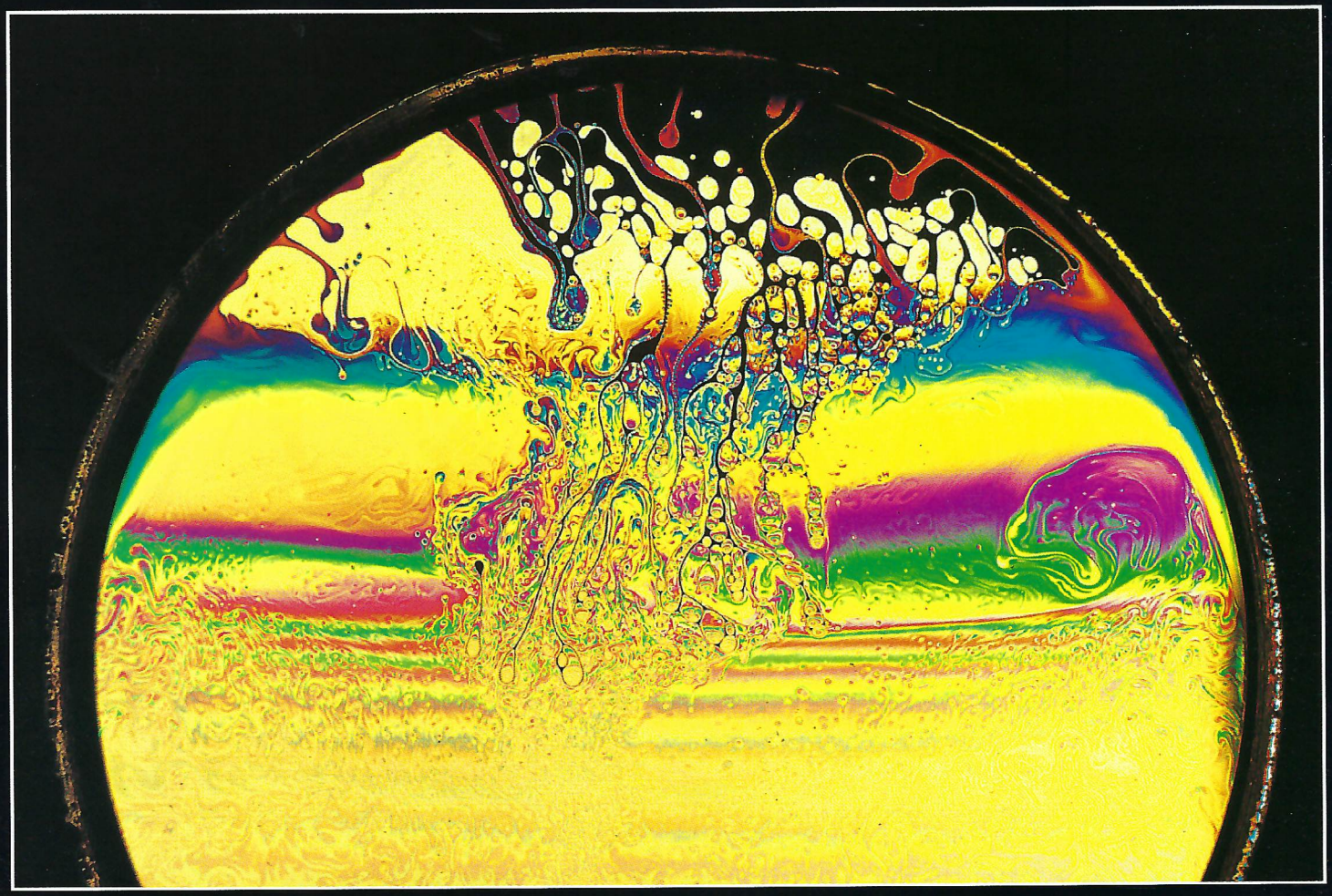
32



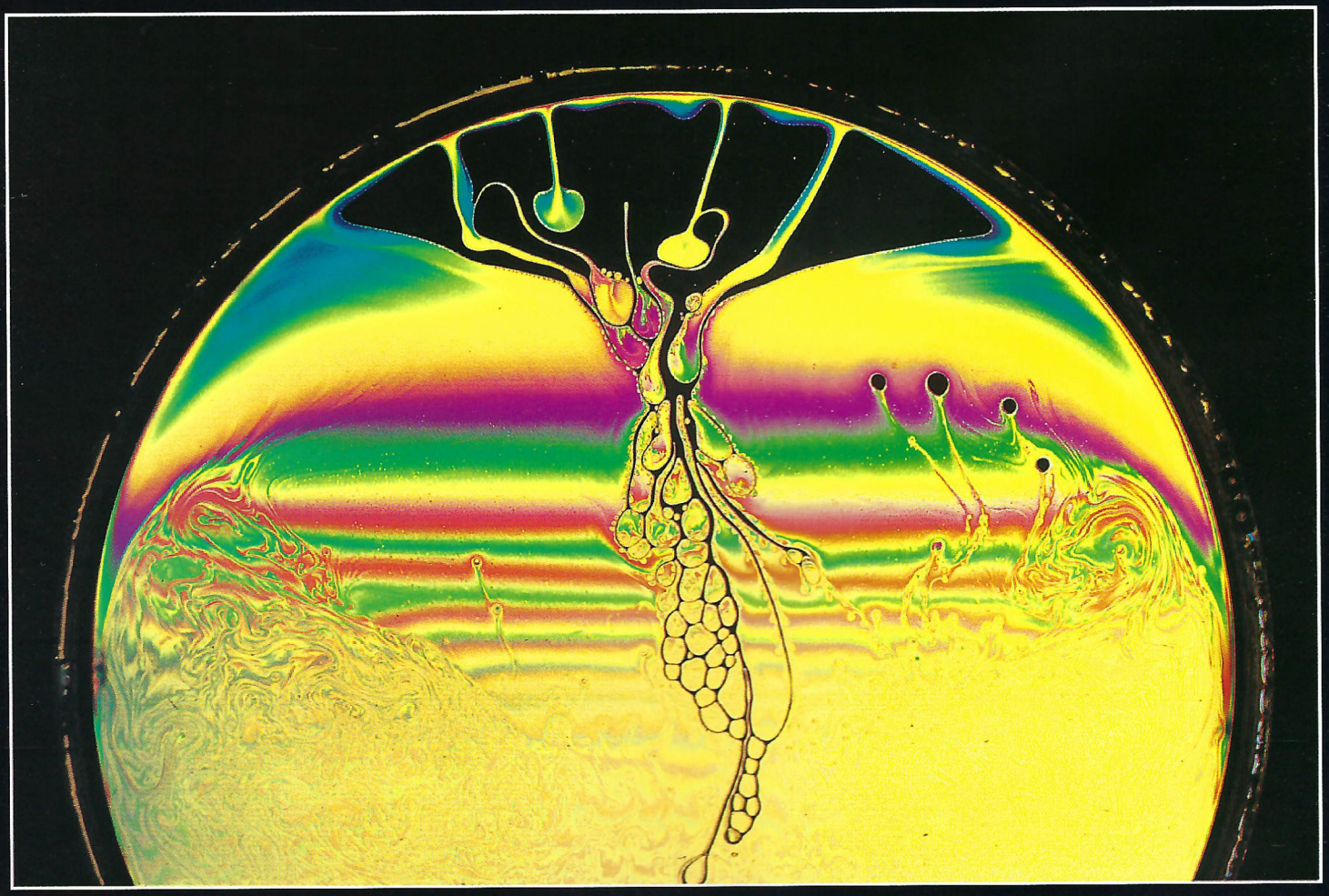
33



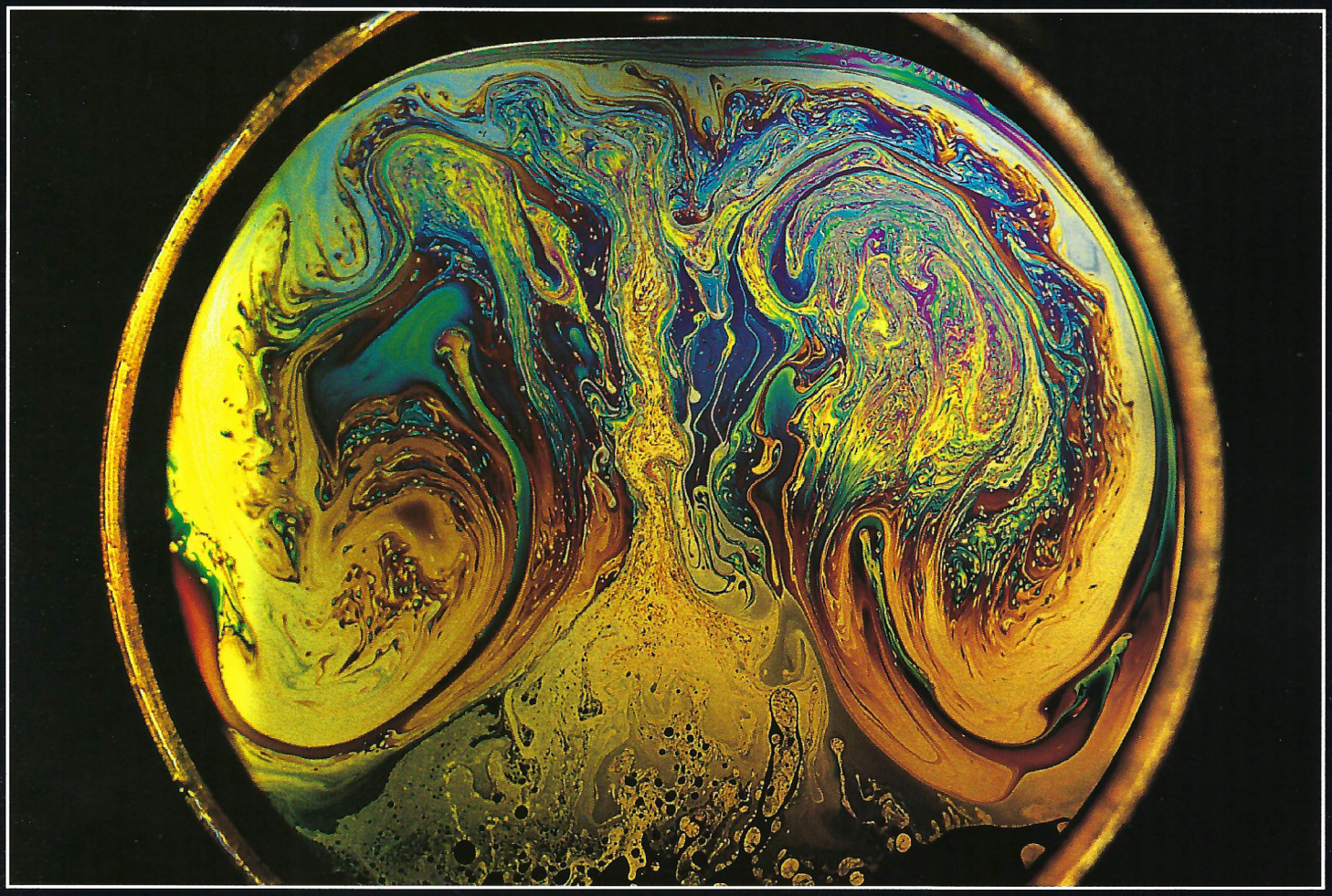
34



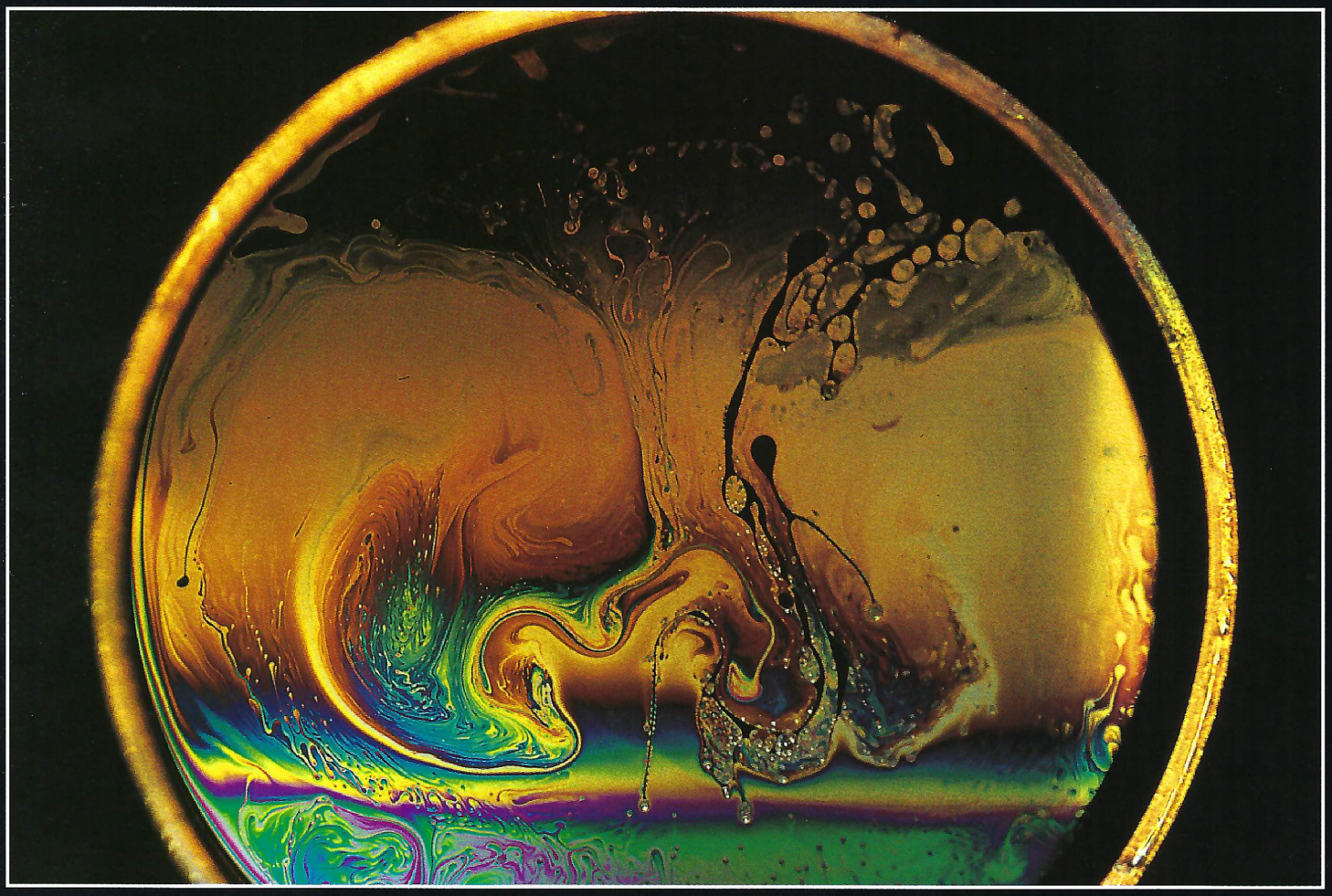
35



36



37



38

## Monique SICARD



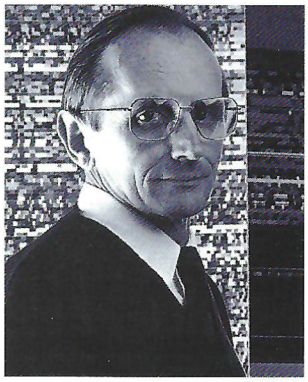
*Chercheur au CNRS, a participé à la création d'expositions sur l'image et publié de nombreux articles et ouvrages sur ce thème :*
*- **Images d'un autre monde, la photographie scientifique** - Photopoche, Centre National de la photographie, Paris, 1991.*
*- **L'image offre-t-elle accès au regard du chercheur ?** in "Le Scientifique et le spectacle de la science", IV[e] Rencontre Internationale du Groupe d'Etude et de Recherche sur la Science de l'Université Louis Pasteur, Strasbourg, 1992.*
*- **L'image de science comme regard** in "La Science en spectacle". 15[e] Journées Internationales sur l'Education Scientifique, L.I.R.E.S.T., Université Paris 7, 1993.*
*- **Art et Science, le héros problématique** - Ouvrage collectif, Autrement, collection sciences et société, à paraître.*
*- **The importance of mental perception when creating research pictures** Advanced Research Workshop, "Exploiting Mental Imagery with Computers in Mathematics Education", University of London, Department of Mathematics, Statistics and Computing, 1993.*
*- **L'image regard -** Catalogue de l'exposition "images de la science", ASTS, 1993.*
*- **L'image comme accident**, Alliage, Nice, à paraître.*

## Michel HENRY



*Agrégé de Physique et Docteur ès Sciences, a commencé sa carrière à l'Université de Brazzaville puis à l'Université de Paris dans le laboratoire du Professeur FRANÇON.*
*Passionné d'optique et de pédagogie, il assure actuellement la préparation au CAPES et à l'agrégation de physique ainsi que des cours à l'Institut National des Télécommunications.*
*Sa rencontre fortuite avec Roland Jouanisson a été le point de départ d'une "aventure auvergnate" qui s'est traduite par la publication d'un recueil d'expériences d'optique centré sur le laser (dont la deuxième édition est sous presse) ainsi que par la participation à divers stages et Universités d'Eté organisées par l'ADASTA.*
*Michel HENRY est l'auteur de près d'une centaine de publications, tant scientifiques que pédagogiques ou "grand public" (Pour la Science, La Recherche...).*

## Bernard CAILLAUD



*Docteur en Arts et Sciences de l'Art (Sorbonne) - Physicien de formation ; enseignant - Plasticien et photographe.*
*Après vingt années consacrées à la peinture, se tourne vers l'ordinateur comme générateur d'image et présente "sa peinture numérique assistée par la photographie" sur diapositives en projection.*
*Nombreuses expositions et pièces audiovisuelles en France et à l'Etranger. Cours, conférences et séminaires sur la couleur, l'image scientifique et la création plastique.*
*DERNIERES PUBLICATIONS*
*- **"L'imagerie Scientifique"** - Références documentaires CNDP, Paris, 1986*
*- **"Couleur et Aléatoire"** - Editions paradigme, Caen, 1988*
*- **"Parcours à travers l'image numérique assistée par la photographie"** - Bulletin de l'ADASTA, 1991*
*- **"Technoscience Art : itinéraire d'un plasticien"** - Revue du Palais de la Découverte, 1992*
*- **"Image, algorithme et aléatoire"** - Revue Internationale de Sociologie : à paraître*
*PRINCIPAUX ARTICLES PUBLIÉS SUR LE TRAVAIL DU PLASTICIEN*
*- **"Bernard CAILLAUD, l'Image et la Science"** - Pixel n° 1 - 1988*
*- **"Bernard CAILLAUD, construire la couleur"** - Eric Rigollaud - Kanal magazine - 1990*
*- **"Bernard CAILLAUD algorithmes et formes chromatiques"** - René Prédal - Alliage N° 15 - 1993*

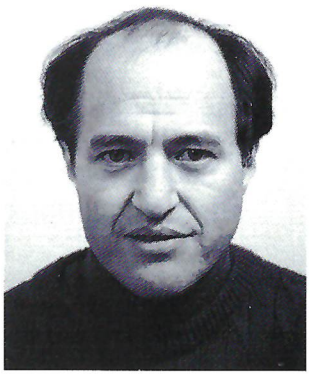
## Bernard MAITTE



*Physicien (Cristallographie physique) et historien des sciences - Enseigne à l'Université des Sciences et Techniques de Lille Flandres Artois.*
*A écrit des manuels de cristallographie géométrique, de radiocristallographie, d'optique anisotrope, de thermodynamique... A publié aussi **"La lumière"** prix Jean Rostand 1982) (Points Sciences - Seuil), **"Cosmos, une histoire des représentations de l'Univers"**(épuisé) - Films : **"Anisotropie des milieux cristallins"** cinq films (Prix International du Festival du film scientifique, Toulouse, 1982)*
*Directeur d'ALIAS - Centre Régional de Promotion de la Culture Scientifique, Technique et Industrielle - Nord - Pas de Calais depuis 1984.*
*Dans ce cadre a conçu des expositions *(**"Vision des couleurs", "Jeux de couleurs", "Cosmos, une histoire des représentations de l'Univers" "Créatures Artificielles", "Symétries"**), des "valises-exploration" (**Symétrie", "Energie", "Cosmos", "Images et représentations"**), des opérations en direction des jeunes ...Le Centre possède aussi une documentation multimédia - qui pilote l'opération "Livre ta science" sur les livres scientifiques de jeunesse - ainsi qu'une "salle d'actualité".*
*Prix Jean Perrin de la Société Française de Physique (1993)*

**Renseignements : 75 chaussée de l'Hôtel-de-Ville - 59650 Villeneuve-d'Ascq*

## Jean-François COLONNA



*Ingénieur civil des Télécommunications, Docteur d'Etat ès-Sciences ; est responsable du LACTAMME (Laboratoire commun au CNET et à l'Ecole Polytechnique) spécialisé dans les applications scientifiques et pédagogiques de la synthèse d'images.*

***DOMAINES D'ACTIVITÉS ET D'INTÉRÊTS PROFESSIONNELS :***

*Architecture des ordinateurs, Systèmes d'exploitation, Réseaux larges bandes, **Réseaux locaux** ,Télévision numérique, Enseignement multi-média assisté par ordinateur, **Synthèse et traitement d'images, animation, Simulation numérique**, Création artistique assistée par ordinateur.*

***PUBLICATIONS :***

*Plus de deux cents articles, conférences et émissions de radio et de télévision, portant en particulier sur l'apport de l'image dans différents domaines (art, recherche scientifique, enseignement).*

***RÉCOMPENSES RÉCENTES :***

- *"Fine Work Award", 1985, Japon.*
- *"Artistic and Technical Excellence Award", 1986, Japon*
- *Artiste sélectionné aux Siggraphs 1986 et 1987, USA*
- *Troisième prix au "First Dataplotting International Art Competition", 1987 Canada.*
- *Troisième prix au "Concours Seymour Cray", en 1987*
- *Médaille Baccarat décernée par la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale, 1988.*
- *Technical slide contributor aux Siggraphs 1988, 1989, 1990 et 1991, USA*
- *Classé hors-concours à "Image de la Recherche", cinquantenaire du CNRS, 1989, Paris*
- *Premier prix "Imagerie Scientifique Recherche-Université", Paris-Cité 1990*
- *Technical achievement award, Ausgraph'90, Melbourne, 1990, Australie.*

## Roland JOUANISSON



*Agrégé de l'Université (Sciences Physiques)*
*Maître de Conférences à l'Université Blaise Pascal de Clermont-Ferrand - Directeur scientifique de l'ADASTA*
*Ses recherches ont porté sur la création et la réalisation d'outils pédagogiques ; a publié de nombreux articles dans divers domaines de la physique et notamment l'optique.*
*A publié, en collaboration avec Michel Henry "La lumière du laser, Guide d'expériences" (Masson, 1987 ; 2e édition 1993)*


## LE CONSEIL REGIONAL MISE SUR L'EXCELLENCE

**Le Conseil Régional d'Auvergne a mis en place pour la première année en 1993 des Bourses d'Excellence pour l'enseignement supérieur**

Ce nouveau programme aide les étudiants qui ont déjà soutenu leur thèse de doctorat et qui mènent un projet scientifique de recherche particulièrement intéressant pour l'Auvergne.

**Le projet peut se dérouler soit :**

- ➢ au sein d'un laboratoire de recherche implanté en Auvergne,
- ➢ en partenariat avec une entreprise privée ou un organisme international à caractère public.

**L'examen de la pertinence du projet est soumis à l'avis :**

- ❑ du Conseil Scientifique des Universités,
- ❑ du Comité d'Auvergne pour la Recherche et la Technologie (CART),
- ❑ de l'organisme d'accueil dans lequel l'étudiant va effectuer son stage.

**L'organisme d'accueil doit être reconnu comme Pôle d'Excellence.**

**Cette année, la Région a ainsi attribué sept bourses pour un montant de 500.000 francs. Parmi les sept bénéficiaires, deux étudiants partiront aux Etats-Unis et un étudiant en Suède.**

**CONSEIL REGIONAL D'AUVERGNE**

AUVERGNE

# ICONOGRAPHIE

## SERIE I
## LE LERMAT
## Laboratoire d'études et de recherche sur les matériaux-U.R.A.-C.N.R.S.-n°1317 ISMRA

Le LERMAT est un laboratoire d'Etudes et de Recherches sur les Matériaux où l'image a toujours été un support important dans différentes disciplines : métallurgie, céramurgie, physique du solide, et même biologie. Elle nous provient soit de la microscopie optique (métallographie d'objets, macrographies), soit de la microscopie électronique à balayage ou en transmission, permettant d'aller jusqu'à la résolution de colonnes atomiques, la connaissance de l'infiniment petit devenant très importante de nos jours.

Ces photographies sont les supports pour les analyses morphologiques menées par les techniques d'analyse d'images, mettant en œuvre le plus souvent les concepts de l'école française de Morphologie Mathématique (Ecole des Mines à Fontainebleau), pour l'étude des endommagements de matériaux déformés ou cassés (comme le cas des composites céramiques développés pour des utilisations aéronautiques et spatiales) ou encore pour l'étude des défauts intrinsèques et des caractéristiques atomiques des joints de grains, l'objectif étant à chaque fois de relier les caractéristiques morphologiques et/ou microstructurales aux propriétés intrinsèques des matériaux.

L'activité scientifique du laboratoire se fait autour de cinq thématiques :

- analyse morphologique des matériaux par les techniques d'analyse d'images,
- étude du comportement thermomécanique et de l'endommagement de composites céramiques et de céramiques monolithiques,
- étude de la structure, des défauts et propriétés des joints de grains,
- étude des défauts et des interfaces de semiconducteurs et métaux en relation avec leurs propriétés,
- irradiation de matériaux par les ions lourds et conséquences.

Les images reproduites dans cette revue, qui n'illustrent qu'un certain type de travail, sont relatives à des ruptures de matériaux composites, observées à partir de répliques vernis-carbone par microscopie électronique en transmission. Actuellement ce type d'observation se fait dans plus de 99 % des cas par microscopie électronique à balayage qui permet une observation directe avec une plus grande profondeur de champ, le plus souvent sans préparation, avec une résolution de 80 à 100 Å. Cependant si l'on veut accéder à des détails très fins, le passage par les répliques et la microscopie électronique en transmission permet d'atteindre des résolutions très inférieures à 20 Å. C'est la raison pour laquelle de telles observations se refont actuellement.

En ce qui concerne l'analyse d'images, le laboratoire a publié le seul ouvrage en français sur ce sujet qui, épuisé après un an, a été complété et réédité.

Précis d'Analyse d'Images
par Michel COSTER et Jean-Louis CHERMANT
1re Edition : Les Editions du CNRS, 1985, 522p
2e Edition : Les Presses du CNRS, 1989, 560 p

*Image 1* :

Rupture en flexion, à 20° C, d'une éprouvette en composite carbure de tungstène - cobalt à 3 % pds.

*Image 2 :*

Rupture d'une éprouvette de traction à 20° C en alliage lourd tungstène - 7 % nickel fer.

*Image 3 :*

Rupture d'une éprouvette de flexion, fracturée à 20° C, en composite carbure de titane - nickel.

*Image 4 :*

Rupture d'une éprouvette de traction en alliage lourd : tungstène - 7 % nickel fer. Zones de rupture fragile, ductile et intergranulaire.

*Image 5 :*

Faciès fragile lors de la rupture d'une éprouvette de flexion, à 20° C, en composite carbure de titane - cobalt.

## SERIE II
## B. CAILLAUD

Ces images sont extraites d'une suite présentée en projection à l'occasion de l'exposition "7 artistes et le cyclotron" réalisée par la Galerie GALEA en 1991 à Caen.

Cette série "GANIL" (Grand Accélérateur National d'Ions Lourds) qui a pour sous-titre "Collisions imaginées" est un essai de visualisation des chocs entre ions lourds accélérés et cibles à l'intérieur de l'ensemble de détection. Ces phénomènes, en réalité non directement visualisables, apparaissent ici dans l'imaginaire du plasticien. On pourrait qualifier cette série de pseudo-simulation (... sans aucune volonté de falsification) ; cf. dans ce numéro l'article intitulé : "Image scientifique et création plastique".

*Images 6, 7, 8, 9, 10, 11.*

## SERIE III
## J.-F. COLONNA
## L'expérimentation virtuelle

A côté de l'**expérimentation** que nous qualifions ***de laboratoire*** ou de ***naturelle***, effectuée soit *a priori* (c'est l'observation des phénomènes naturels), soit *a posteriori* (pour vérifier le pouvoir prédictif de la déduction mathématique), se trouve l'**expérimentation virtuelle**. Elle consiste à étudier le modèle mathématique d'un système, plutôt que ce système lui-même. Deux approches complémentaires et non exclusives l'une de l'autre sont alors possibles : la première, **formelle**, est celle qui donne la "solution exacte" dans un cadre donné, et qui, la plupart du temps, est impraticable, voire impossible, même dans les cas les plus simples (par exemple le problème des N corps, N étant strictement supérieur à 2) ; la seconde, dite **numérique**, procède par approximations et fournit ses résultats sous la forme de nombres. Dans un cas comme dans l'autre, l'ordinateur est aujourd'hui un outil indispensable, tant au niveau de la manipulation formelle des expressions et des équations, qu'au niveau numérique, étant donné la complexité des opérations à réaliser.

En général, le volume des nombres produits par une expérience virtuelle est tel, que leur analyse sous une forme alpha-numérique est impensable et même absurde (notons qu'aujourd'hui cela est tout aussi vrai des expériences *de laboratoire* effectuées, par exemple, à l'aide des accélérateurs de particules). C'est ainsi que, lors d'un passage en machine d'un programme d'étude de la turbulence bidimensionnelle, dans un domaine carré échantillonné par $10^3 \times 10^3$ points, le nombre de valeurs flottantes obtenues au bout de 100 pas de temps, est de l'ordre du milliard ! Le passage par la production d'*images synthétiques* est alors incontournable. L'**Expérimentation Virtuelle** peut alors être définie pragmatiquement comme étant la réalisation de mesures sur un modèle mathématique par le moyen d'un système informatique, et l'analyse de celles-ci grâce à la production d'images synthétiques interactives, animées et en couleurs. Cette approche place le chercheur dans une boucle de rétroaction, où le **sens de la vision** joue un rôle privilégié, celui-là même qui est fort probablement à l'origine de la curiosité scientifique.

Mais, en plus de permettre cette **mise en forme** de résultats fournis "en vrac", elle fait apparaître d'autres avantages fondamentaux. En particulier, elle facilite la **mise au point** et la **validation** (voire la **réfutation**) des modèles ; elle simplifie la **communication** scientifique et pédagogique, en

particulier en ce qui concerne la compréhension de concepts abstraits. C'est aussi un fabuleux outil de **découverte** : en effet, sous l'œil du chercheur ou de l'ingénieur, de ces images surgissent spontanément des formes, bien souvent imprévues et imprévisibles (bien que présentes dans les équations...), qui seront pour lui des indices de régularités sous-jacentes ou bien de pistes à suivre. Mais, il s'agit surtout d'un **instrument révolutionnaire** (comme le furent en leur temps le télescope et le microscope) qui permet l'observation, mais aussi, et surtout, la manipulation d'objets qui autrement seraient hors de notre portée et de notre regard. C'est ainsi, que l'astronome peut aujourd'hui "jongler" avec les trous noirs et les galaxies, et qu'à l'autre bout de l'échelle, le physicien peut observer la structure en quarks des hadrons... Enfin, notons au passage que l'artiste détient là, lui aussi, un formidable méta-outil de création, dont les productions, images de réalités virtuelles (de nouvelles réalités ?), n'ont pas fini d'étonner, mais aussi d'interroger nos sens.

*Image 12 :*
"Saisons" ou les rythmes annuels vus par la géométrie fractale.

*Image 13 :*
Coucher de soleil vu par la géométrie fractale.

*Image 14 :*
Simulation de la profondeur de champ d'un objectif virtuel enregistrant une scène fractale. Ce qui pourrait être considéré comme un défaut, est en fait une aide facilitant la lecture d'une scène tridimensionnelle inconnue.

*Image 15 :*
Visualisation des zones de comportement non chaotique du système dynamique "forcé" :

$X_0 = 0.5$

$X_{n+1} = R.X_n.(1-X_n)$

Il est ainsi qualifié, car R n'est plus maintenu constant tout au long de l'évolution ; dans le cas présent, R varie à chaque itération suivant la loi périodique :

$R_1 \rightarrow R_1 \rightarrow R_1 \rightarrow R_1 \rightarrow R_1 \rightarrow R_1 \rightarrow R_2 \rightarrow R_2 \rightarrow R_2 \rightarrow R_2 \rightarrow R_2 \rightarrow R_2 \rightarrow ...$

Les axes OX et OY correspondent respectivement aux valeurs de $R_1$ et $R_2$, telles que :

$3.0 < R_1 < 3.7$

$3.0 < R_2 < 3.7$

Chaque point de l'image est associé tridimensionnellement à un système dynamique $S(R_1, R_2)$ paramétré par un couple $(R_1, R_2)$ et son altitude apparente caractérise la valeur de l'exposant de Lyapunov calculé pour $S(R_1, R_2)$. Les zones chaotiques (pour lesquelles l'exposant est positif) matérialisent le sol, alors que des pics sont utilisés pour représenter les zones non chaotiques.

*Image 16 :*
Simulation de mosaïques par un procédé général d'animation de textures.

*Image 17 :*
Simulation de formes naturelles "récursives". L'effet de brume est une autre aide possible facilitant l'appréhension d'objets tridimensionnels inconnus.

## SERIE IV
## R. JOUANISSON
## Le laser, créateur d'images

La lumière du laser possède à la fois la cohérence "temporelle" et "spatiale". Pratiquement cela signifie, d'une part, que cette lumière est très monochromatique et que, d'autre part, les photons émis par la source ne sont pas indépendants, comme ceux qui sont émis, par exemple, par deux points d'une source ordinaire.

Il en résulte qu'avec une telle lumière se produisent des phénomènes d'interférences dans des milieux transparents, donnant parfois de belles images "abstraites". La lumière observée en un point donné dépend de la différence des parcours suivis par les différents rayons.

Certaines accumulations de lumière dans des configurations particulières sont appelées "caustiques" (du grec Kausticos : brûlant ).

Ainsi, la figure 18 a été obtenue avec une simple goutte d'eau.

*Images 18, 19, 20, 21, 22.*

## SERIE V
## B. CAILLAUD

Le travail, dont on donne ici quelques exemples, porte sur les diverses mutations formelles et/ou chromatiques offertes par certains logiciels graphiques de traitement d'image.

L'image de départ (n° 23), construite directement sur ordinateur, est interprétée à l'aide d'une combinatoire de différents "filtres" (cf. dans ce numéro l'article intitulé : "Image scientifique et création plastique") qui, rapidement, conduit à des images-filles n'ayant plus aucun rapport avec l'original. Cet itinéraire pose, au-delà de la surprise visuelle première, plusieurs questions liées :

- Le plasticien est-il effectivement, ici, maître de sa création ?
- Ne peut-on plutôt voir d'abord ces images comme une démonstration des possibilités de la machine ?
- L'exploration graphique des capacités de la machine n'est-elle pas une démarche artistique ?
- L'original est-il distinguable de ses images-filles ?
- L'original a-t'il réellement une importance ?
- Ne peut-on donc pas "partir" de n'importe quelle image ?

Ces questions contradictoires, liées aux nouvelles technologies, renouvellent peut-être l'interrogation sur l'Art, en tous cas elles ne peuvent entamer en rien la liberté du plasticien.

*Images 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30.*

## SERIE VI
## R. JOUANISSON
## Couleurs des lames minces

Une simple lame mince d'eau savonneuse éclairée en lumière blanche est une source inépuisable d'images. Les couleurs sont dues à des phénomènes d'interférences entre la lumière réfléchie vers l'observateur par les deux faces de la lame. Ces couleurs ne sont observables que si l'épaisseur de la lame est de l'ordre de grandeur de la longueur d'onde (le millième de mm).

Quand l'épaisseur augmente (ici sous l'effet de la pesanteur), les couleurs sont de moins en moins vives ; on ne distingue plus que des teintes verte et rose pâles, en bas des photographies. On observe des franges horizontales d'égale épaisseur (zone d'ordre) où naissent des mouvements chaotiques dus à la modification de l'équilibre des forces en présence.

*Images 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38.*

