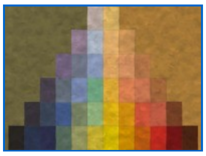
Exposition :

Ecole Polytechnique, Fête de la Science 10/2019



Jean-François COLONNA

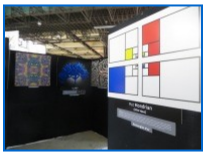
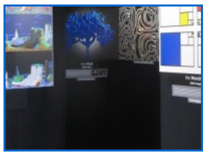
www.lactamme.polytechnique.fr

jean-francois.colonna@polytechnique.edu
CMAP (Centre de Mathématiques APpliquées) UMR CNRS 7641, Ecole Polytechnique, CNRS, 91128 Palaiseau Cedex, France

(Site WWW CMAP28 : cette page a été créée le 28/06/2019 et mise à jour le 02/07/2021 11:09:34 -CEST-)





A la manière de...

Jean-François COLONNA

www.lactamme.polytechnique.fr

(Centre de Mathématiques APpliquées)

Introduction à l'exposition

On l'ignore trop souvent, mais les Mathématiques sont omniprésentes dans la vie courante : sans elles, pas de GPS, de téléphone portable ou encore de photo numérique. Mais elles sont aussi le langage de l'Industrie, des Sciences et de la Nature : de la recherche la plus appliquée à la recherche la plus fondamentale. A partir des formules et des équations qui traduisent, par exemple, notre compréhension de l'Univers, nous tirons de nouvelles connaissances et l'ordinateur joue alors un rôle déterminant en particulier par ses capacités de calcul et de mise en images des résultats alors produits.

Mais que sont les Mathématiques ? Elles peuvent être considérées comme un ensemble de connaissances obtenues grâce aux règles de la logique et portant sur les nombres, les structures, les figures géométriques,... Les progrès s'y font en général grâce à des problèmes posés à la communauté des mathématiciens par l'un de ses membres. La plupart du temps, pour ne pas dire toujours, ces questions sont incompréhensibles pour le commun des mortels et sans rapport apparent avec la Réalité tangible. Ainsi présentées, les Mathématiques sembleraient alors n'être qu'un "simple" jeu de l'esprit guère plus utile au quotidien que le jeu d'échecs. Pourtant depuis plus de deux mille ans et encore davantage à partir du XVIIe siècle avec Galilée, les Mathématiques sont considerées comme le langage avec lequel sont écrites les lois de la Nature. Les Mathématiques peuvent être alors considérées, à côté du microscope et du télescope, comme un véritable instrument d'optique (virtuel) qui nous révèlent toujours plus de phénomènes, d'"objets",... qui autrement échapperaient à notre regard, de l'infiniment petit à l'infiniment grand.

Mais ses incontestables succès ne font que rendre plus mystérieuses leur nature profonde et la cause de leur "redoutable efficacité" (Eugène Wigner, prix Nobel de Physique 1963). Que sont donc les Mathématiques ? Deux réponses apparemment inconciliables peuvent être formulées : soit elles ne sont "que" le fruit de notre esprit et le mathématicien est un créateur (c'est-à-dire *celui qui tire du néant*). Soit elles existent indépendamment de nous et le mathématicien est un explorateur (*celui qui parcourt en observant*) ? Examinons successivement ces deux positions. Dans le premier cas, les Mathématiques (NOS Mathématiques !) sont le fruit de l'imagination des mathématiciens et d'elle-seule ; elles peuvent être vues alors comme un langage de compression des régularités observées dans la nature. Dans le second cas, les Mathématiques sont indépendantes de nous : elles existent alors en dehors de notre temps et de notre espace, mais où résident-elles et de quoi sont-elles faites ? Ces questions qui semblent tout à fait embarassantes, voire rédhibitoires, ne le sont en fait pas plus que celles de savoir où est notre univers et de quoi il est fait ! Il est même possible d'aller plus loin et de considérer que notre Réalité est "tout simplement" une structure mathématique (parmi une infinité d'autres...), un jeu vidéo en quelque sorte, à l'intérieur de laquelle ont émergé des sous-structures autonomes et conscientes (nous !). Et ainsi tout est "simple" : les Mathématiques décrivent bien notre Réalité parce que cette dernière est mathématique. Et si la Réalité est bien ainsi, la frontière entre l'Art et la Science s'estompe alors et nos ordinateurs y sont d'autres sous-structures qui nous aident à progressivement lever un petit coin du voile.

Et SI les Mathématiques sont effectivement LA Réalité, alors elles contiennent toutes les œuvres passées, présentes et à venir, mais aussi leurs créateurs. Tout serait donc "écrit", mais peu importe puisque nous avons le sentiment d'exister, d'être libre et de créer...

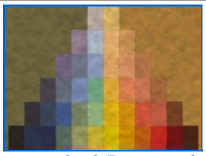
C'est ce que veut montrer cette exposition, tout en espérant réconcilier le public avec les équations. En effet, depuis de nombreuses années je développe des logiciels scientifiques de calcul et de visualisation. Mais ces "outils" peuvent être parfois détournés de leur vocation première à des fins purement artistiques. Deux approches complémentaires sont alors envisageables. La première consiste à "jouer" avec les outils existants et à voir ce qu'ils peuvent produire : le résultat est bien souvent inattendu et s'il est plaisant à l'œil ou s'il ressemble à "quelque chose" de connu, il est conservé. Quant à la seconde, en général beaucoup plus difficile, elle part du résultat visuel espéré puis cherche à identifier les modèles mathématiques et les programmes nécessaires pour atteindre cet objectif. C'est cette dernière qui fut utilisée pour réaliser toutes les images ici présentées, à l'exception de *Les Vaisseaux du Temps*.

Note relative à la Géométrie Fractale : Malgré les progrès incessants des Mathématiques, jusqu'à un passé récent, certaines questions d'apparence naïve, telle "Quelle est la forme d'un nuage ?", restaient sans réponse... Or de temps en temps, des concepts nouveaux, voire révolutionnaires apparaissent : ce fut le cas dans les années 1960 lorsque Benoît Mandelbrot (1924-2010, X1944) publia ses premiers travaux sur la Géométrie Fractale. Elle permit de répondre à cette question et à bien d'autres encore. Rapidement, elle devint un outil indispensable pour l'étude des systèmes complexes, rugueux, désordonnés,... Mais elle est aussi connue pour les images tant abstraites que concrètes qu'elle permet de produire et c'est pour cela qu'elle se retrouve un peu partout dans cette exposition.

Invités :

- Baxter, Stephen (1957-)
- Escher, Maurits Cornelis (1898-1972)
- Hockney, David (1937-)
- Kandinsky, Vassily (1866-1944)
- Klein, Yves (1928-1962)
- Magritte, René (1898-1967)
- Mondrian, Piet (1872-1944)
- Sérusier, Paul (1864-1927)
- Soulages, Pierre (1919-)
- Vasarely, Victor (1906-1997)

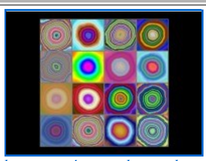
Paul Sérusier (1864-1927)



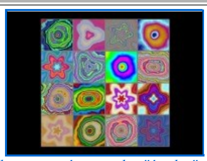
Dissonance chaude/Dissonance froide.

Paul Sérusier est un peintre postimpressionniste français. Paul Gauguin, lors de leur rencontre à Point-Aven, lui conseilla l'usage de couleurs pures. Dans cet hommage à l'une des œuvres de l'artiste, la Géométrie Fractale a été utilisée afin de reproduire les touches du pinceau sur la toile et de faire trembler les horizontales et les verticales.

Vassily Kandinsky (1866-1944)



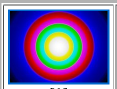
Etude de couleurs, carrés avec des cercles concentriques.



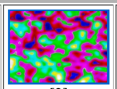
Etude de couleurs, carrés avec des "étoiles" concentriques.

Etude de couleurs, carrés avec des spirales concentriques.

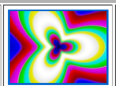
Vassily Kandinsky, l'un des artistes les plus importants du XXe siècle, fait partie des fondateurs de l'art abstrait. Certaines de ses œuvres, telle *Etude de couleurs, carrés avec des cercles concentriques*, sont faciles à formaliser : il suffit de générer des familles de cercles concentriques [1] que l'on perturbe ensuite grâce à des champs fractals [2], le tout étant ensuite colorié à l'aide de palettes de couleurs correspondant à celles de l'artiste. Il est ensuite évidemment très facile de généraliser cela, par exemple, en utilisant d'autres familles de courbes : des "étoiles" [3] ou encore des spirales [4].



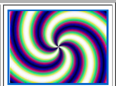
[1]



[2]

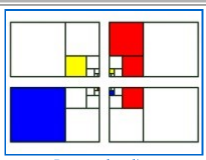


[3]

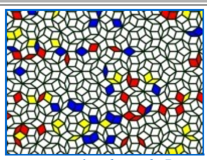


[4]

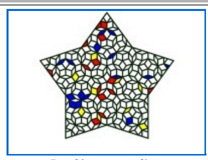
Piet Mondrian (1872-1944)



Rectangles d'or.



Pavage non périodique de Penrose.



Le décagone d'or.

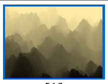
Piet Mondrian est un peintre néerlandais reconnu comme l'un des pionniers de l'art abstrait. Il est facile de décrire formellement certaines de ses œuvres, mais aussi de créer des toiles qu'il n'avait pas imaginées (par exemple une référence au nombre d'or) ou qu'il n'aurait pas pu peindre, n'ayant évidemment pas connaissance de recherches menées après sa mort. C'est ainsi le cas des travaux que Roger Penrose publia en 1974, lorsqu'il montra la possibilité de paver le plan de façon non périodique (contrairement aux pavages habituels faits, par exemple, de carrés et qui eux se reproduisent identiques à eux-mêmes). Deux types de losanges sont alors utilisés et coloriés en utilisant l'une des palettes favorites de l'artiste : le noir, le blanc, le rouge, le jaune et le bleu.

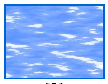
René Magritte (1898-1967)


Décalcomanie.

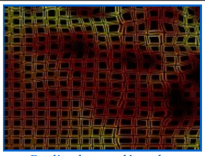

L'homme et son ombre.

René Magritte est un peintre surréaliste belge célèbre pour ses œuvres faisant se rencontrer des objets ou des personnages dans les situations les plus inattendues. La Géométrie Fractale, par une description mathématique des tentures rouges, des montagnes [1] ou encore des nuages [2], permet de reconstituer certaines de ses œuvres.


[1]


[2]

Maurits Cornelis Escher (1898-1972)

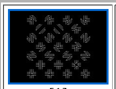

De l'ordre au désordre.


Structure paradoxale molle.


Mon escalier quadruplement impossible.

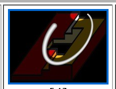
Maurits Cornelis Escher est un artiste néerlandais dont les œuvres sont bien souvent inspirées des Mathématiques : visualisation de pavages ou encore de l'infini. Mais il est surtout connu pour ses structures paradoxales dont l'existence dans l'espace à trois dimensions est impossible. Cela peut se formaliser facilement, par exemple, en constituant un catalogue de motifs élémentaires tridimensionnels individuellement constructibles [1] que l'on assemblera ensuite de façon à introduire des impossibilités, puis que l'on déformera éventuellement suivant des lois arbitraires.

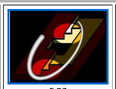
Note relative à *Mon escalier quadruplement impossible* : après avoir choisi, par exemple, le sens des aiguilles d'une montre, d'une part, à l'extérieur, il descend toujours [2] (une puis deux marches,...), alors que d'autre part, parcouru à l'intérieur il monte sans arrêt [3] (deux puis une marche,...). De plus, il peut être parcouru "normalement" de deux façons différentes : suivant la marche que l'on choisit pour commencer le parcours, on en descendra puis en montera une seule [4], ou bien on en montera deux pour ensuite en descendre deux [5]. Enfin, son "armature" [6] est une structure tridimensionnelle elle-même impossible.


[1]


[2]

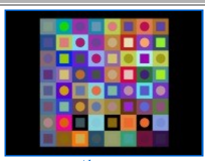

[3]

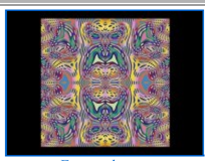

[4]

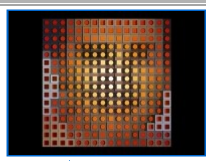

[5]


[6]

Victor Vasarely (1906-1997)

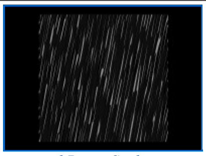

Abstrait.


Extrapolation.


Auto-portrait.

Victor Vasarely est un plasticien hongrois naturalisé français. Il fit ses débuts dans des agences publicitaires et l'une de ses œuvres les plus connues est certainement le "losange", logo du constructeur automobile Renault. Il développa un art abstrait géométrique quasiment algorithmique (en numérotant formes -simples- et couleurs -pures-) et c'est peut-être la raison pour laquelle il est l'un des artistes le plus facile à formaliser, puis à extrapoler.

Pierre Soulages (1919-)



Le noir c'est mieux choisi -quand Pierre Soulages rencontre Brigitte Fontaine-.

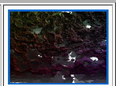
Pierre Soulages est un peintre français associé à l'art abstrait. Il est surtout connu pour son usage des reflets de la "couleur" noire. La formalisation de certaines de ses œuvres peut se ramener à la génération de champs de points de luminance aléatoire suivie de filtrages anisotropes privilégiant certaines directions (quasi-verticales dans ce cas). Enfin, un coloriage uniformément noir, sauf le long de certaines lignes alors marquées en blanc, achève la simulation.

Yves Klein (1928-1962)

Arbre-éponge bleu.

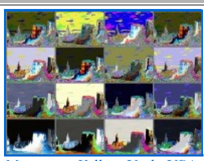
Yves Klein est un artiste français connu pour son *aventure monochrome*, immortalisée par le *International Klein Blue*. A partir de ce concept, il réalisa de nombreux tableaux mais aussi des sculptures. Certaines d'entre-elles, en particulier *Blue Sponge*, sont facilement imitables dans leurs trois dimensions grâce à la Géométrie Fractale, par exemple, en calculant l'intersection tridimensionnelle d'un arbre [1] et d'une structure "spongieuse" [2].

[1]



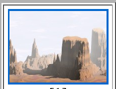
[2]

David Hockney (1937-)



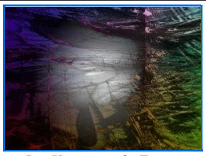
Monument Valley -Utah, USA-.

David Hockney est un peintre britannique, figure importante du *pop art*, dont la palette de couleurs est particulièrement vive. La Géométrie Fractale permet de construire mathématiquement des paysages réalistes de qualité photographique [1] dont les couleurs peuvent être ensuite perturbées de façon à les rendre plus irréelles et proches de celles de l'artiste, par exemple grâce au *jeu de la vie étendu*.



[1]

Stephen Baxter (1957-)



Les Vaisseaux du Temps.

Stephen Baxter n'est pas un peintre, mais l'un des plus grands auteurs britanniques de science-fiction. *The Time Ships* (*Les Vaisseaux du Temps*), l'un de ses meilleurs romans, est une suite à *La machine à explorer le temps* de H. G. Wells. Figure à la fin de cette nouvelle la description de machines spatio-temporelles destinées à remonter le temps jusqu'aux origines afin d'en modifier les conditions et donc le futur :

The Time Ships	Les Vaisseaux du Temps
I saw that the fleet of Time Ships had gathered more closely together ; they were rafts of green wire, silhouetted against the dazzling emptiness, and clustering as if for comfort. Tentacles -ropes of Plattnerite- snaked out across the glowing void between the Ships, and were connected, their terminations assimililated into the Ships' complex structures. Soon the whole armada about me was connected by a sort of web of cilia filament.	*Je constatai que les Vaisseaux avaient resserré leurs rangs ; treillis verts découpés sur le néant éblouissant, ils se rassemblaient comme pour se rassurer. Des tentacules -des câbles de plattnérite- serpentèrent dans le vide lumineux entre les unités de la flotte transtemporelle puis se rejoignirent, intégrant leurs extrémités aux structures complexes des Vaisseaux. Toute l'armada qui m'entourait fut bientôt interconnectée par un réseau de filaments ciliés.*
The Time Ships, book 6/chapter 3/page 465, Copyright © 1995 by Stephen Baxter	**Les Vaisseaux du Temps, livre 6/chapitre 3/page 571, Copyright © 1995 Stephen Baxter**

Et c'est alors la rencontre apparemment totalement fortuite entre les mots et les images (et non plus entre les images -les peintures- et les images -algorithmiques-) qui interpelle fortement et semble conforter la nature mathématique de notre Réalité !