Art et Mathématiques

Une vision artistique ou scientifique du monde : opposition ou complémentarité ?

Conférence du 8 Décembre 2014

Au Lycée Saint-Laurent La Paix Notre Dame

de Lagny sur Marne

Denise Demaret-Pranville

www.ddemaretpranville-artetmath.fr

Art et mathématiques

Introduction :

Une vision artistique ou scientifique du monde : opposition ou complémentarité ?

1)Les mathématiques, un outil au service de l'art.

a)Le nombre d'or

b)La perspective

c)L'anamorphose

d)Les images paradoxales : transformation du monde visible

2)Des objets mathématiques comme sujets de l'art

a)Les polyèdres

b)Les pavages

c)Les surfaces, en particulier la bande de Moebius ou Möbius

3)Les grands mouvements du XXè siècle qui font appel aux mathématiques

a)Le Cubisme

b)L'abstraction géométrique ou art construit ou art concret

c)Le constructivisme

d)Le suprématisme

e)L'Op'Art ou art optique

f)L'art minimal et l'art conceptuel

g)L'art fractal

Introduction :

Une vision artistique ou scientifique du monde : opposition ou complémentarité ?

On aurait tendance à penser que les mathématiques et l'art sont des domaines très différents, mais si l'on y regarde de plus près, on s'aperçoit que leurs champs d'investigation et leurs approches présentent des similitudes. Les mathématiques et les arts essaient de représenter le monde, chacun avec les outils qui lui sont propres. L'artiste et le scientifique sont tous deux en quête d'une explication, sont tous deux porteurs d'interrogations. L'un exprime son ressenti à partir d'outils plastiques, l'autre tente de répondre en utilisant des outils abstraits. Ils se rejoignent sur un plan très important, l'intuition qui est un élément essentiel de leurs démarches respectives. Le mathématicien a besoin de beaucoup d'intuition pour faire progresser sa recherche et l'artiste utilise son intuition dans sa création plastique.

L'association art-mathématiques ne semble donc pas incompatible, les mathématiques ayant leur forme de « beauté », on parle d'une « belle » démonstration mathématique, d'un « beau » raisonnement, d'une « belle » figure géométrique.

Au cours de l'histoire les rapports entre l'art et les mathématiques sont passés par tous les stades. Dans l'antiquité, la construction des pyramides et des temples, la réalisation de frises et de multiples pavages ainsi que de mosaïques ont nécessité le recours aux mathématiques. La perspective, dont les bases avaient déjà été explorées dans l'Antiquité, devient une théorie mathématique à la Renaissance. Puis, pendant plusieurs siècles, la peinture devient très académique aves des règles très rigoureuses. Enfin, au 18ème siècle on assiste à l'avènement de la photographie, la représentation « académique » du monde qui nous entoure n'est plus une priorité pour les artistes, ils recherchent alors de nouvelles voies de création en essayant de s'affranchir de la perspective. Le XXème siècle voit l'émergence de nombreux courants artistiques dont un certain nombre font référence aux mathématiques. Le cubisme a été une étape importante car il a essayé de contourner la mimésis (Imitation ou représentation de la réalité) en faisant appel à la géométrisation des formes. Puis on voit apparaître l'art géométrique ou art Construit qui intègre complètement la géométrie puisqu'il en fait son sujet principal. Les artistes minimalistes veulent se détourner d'un art subjectif trop empreint d'émotions, ils se tournent vers la représentation de formes géométriques épurées. Avec l'arrivée de la théorie des fractales et enfin avec l'art numérique on aboutit à une redéfinition des liens entre ces deux disciplines

Nous allons donc tenter de définir quelle est la place que tiennent les mathématiques dans l'art. Il y a deux façons différentes de rencontrer les mathématiques dans le domaine de l'art, soit comme un outil aidant à la création d'une œuvre, comme, par exemple, avec l'utilisation de la perspective, soit, au contraire, lorsque l'artiste choisit de prendre des objets mathématiques comme sujet, ce qui est très présent dans l'art géométrique ou dans l'art fractal. On peut dire que, dans le premier cas, les mathématiques constituent un **outil** au service des artistes, et que, dans le second cas, les mathématiques deviennent un **sujet** de l'art. Nous verrons que, avant le XXème siècle c'est surtout comme outil que les mathématiques sont utilisées par les artistes.

Après cette brève introduction nous allons faire un petit tour d'horizon historique afin de voir comment les mathématiques et l'art cohabitent dans bon nombre d'œuvres.

1) Les mathématiques, un outil au service de l'art.

a) *Le nombre d'or*

Le Petit Larousse en donne cette définition : « nombre égal à $\frac{1+\sqrt{5}}{2}$ soit environ 1,618, et correspondant à une proportion considérée comme esthétique ». Plus précisément, le nombre d'or est le rapport entre deux longueurs a et b tel que le rapport de la somme $a + b$ sur la plus grande longueur a soit égal au rapport de la plus grande sur la plus petite, c'est-à-dire $\frac{a+b}{a} = \frac{a}{b}$. A partir de cette relation on peut en déduire que le nombre d'or est la solution positive φ de l'équation $x^2 - x - 1$ qui est égale à $\frac{1+\sqrt{5}}{2}$ soit environ 1,618. On dit aussi que φ divise un segment en « moyenne et extrême raison ».

Une droite est dite coupée en extrême et moyenne raison quand, comme elle est toute entière relativement au plus grand segment, ainsi est le plus grand relativement au plus petit.
Euclide, *Eléments*, livre VI, 3ème définition

Il a longtemps été prêté à ce nombre des vertus esthétiques uniques, c'est pourquoi il a aussi été appelé la **divine proportion**. Le moine Luca Pacioli a écrit en 1498 un ouvrage intitulé, *De divina proportione*, publié en 1509, dans lequel il décrit les effets du partage d'une longueur selon cette divine proportion. Le nombre d'or a été beaucoup utilisé dans l'architecture, il a ensuite été « détecté » de façon plus ou moins rigoureuse dans bon nombre de tableaux où l'on a prêté à l'artiste, soit la volonté d'utiliser volontairement des proportions d'or, soit de les avoir utilisées de manière intuitive, ces proportions étant censées se rapprocher d'un idéal esthétique universel.
En 2800 av JC la pyramide de Khéops a des dimensions qui mettent en évidence l'importance que son architecte attachait au nombre d'or. (fig.1). Au Vè siècle avant J-C. (447-432 av.JC) : Le sculpteur grec Phidias utilise le nombre d'or pour décorer le Parthénon à Athènes (fig.2).

(fig.1 et fig.2)

Dans son ouvrage, *Le Nombre d'or, radiographie d'un mythe*, Marguerite Neveux analyse les travaux d'Adolf Zeising, professeur de philosophie, puis de Gustav Theodor Fechner, professeur de physique, qui ont étudié les rapports entre le nombre d'or et l'esthétique. Zeising confère au nombre d'or un caractère esthétique de portée universelle alors que Fechner module ces résultats en constatant que la symétrie est préférée à la section d'or en tant que rapport de division, mais que le rectangle d'or a une grande signification en tant que rapport de dimensions.

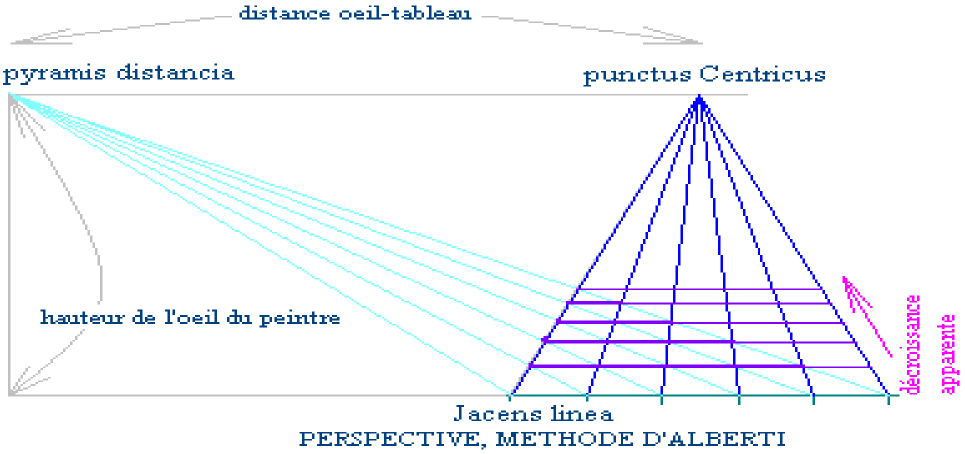
Il se trouve que ces proportions paraissent « équilibrées » et permettent d'obtenir des formats pratiques utilitaires, comme certains formats de papier. Mais si cette proportion dorée représentait des canons de beauté universels pourquoi les papiers photos ou les feuilles de papier à dessins aux formats A4, A3, A2 etc…, ne respectent-ils pas cette proportion dorée ? Par exemple, le format A4 a été choisi pour permettre de retrouver le même format lorsqu'on coupe la feuille en deux parties égales, et pour obtenir ce résultat le rapport entre la longueur et la largeur est égal à $\sqrt{2} \approx 1{,}414$.

Il faut donc ramener à sa juste valeur le rôle du nombre d'or qui, certes, présente de nombreuses propriétés intéressantes, mais dont la démystification est nécessaire. Peut-être cette recherche systématique du rôle du nombre d'or correspondait-il à un besoin d'ordonner, d'organiser le monde, de mieux le comprendre. C'était une sorte de rempart contre l'intuition inconsciente que le monde est en fait régi par le chaos. Le nombre d'or est le garant d'une certaine harmonie, il permet de rationnaliser certains critères esthétiques, ce qui explique qu'il ait joué un tel rôle dans l'histoire de l'art. Au cours du XXème siècle, des peintres tels Dali et Picasso, ainsi que des architectes comme Le Corbusier ont recours au nombre d'or.

D'un point de vue mathématique, le nombre d'or est très intéressant, on le retrouve dans la construction du pentagone, dans les pavages de Penrose, dans la suite de Fibonacci, etc …

b) La perspective

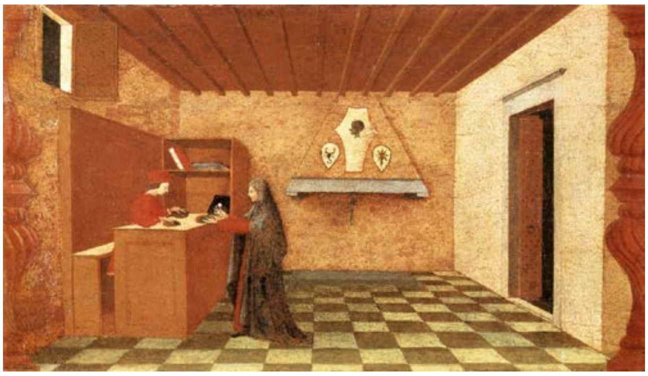
Un outil mathématique important pour les artistes est la perspective utilisée par la plupart des artistes durant de nombreux siècles. La perspective était déjà explorée dans l'Antiquité mais c'est au XVème siècle que son étude est rationnalisée. Lorsqu'**Alberti** écrit son traité, *De Pictura* en 1435 (fig.3), il a recours à des notions mathématiques pour mettre en place ses théories. Il tient à préciser que sa démarche est celle d'un peintre et non d'un mathématicien. Dans ce traité, il définit les notions de point, ligne et surface puis il met en place ses théories sur la perspective.



(fig.3)

Paolo Ucello (1397-1475) est un primitif italien, son œuvre est très représentative de l'apparition de la perspective dans la peinture. Dans certaines de ses œuvres la perspective est totalement absente, comme dans *Saint Georges et le dragon* (1458-60) (fig.4), alors qu'elle est très présente dans le *Miracle de l'hostie profanée* (1465-69) (fig.5).

(fig.4)

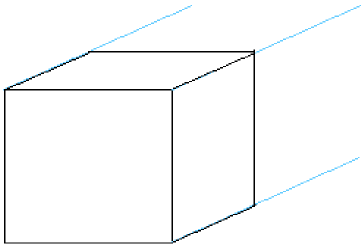


(fig.5)

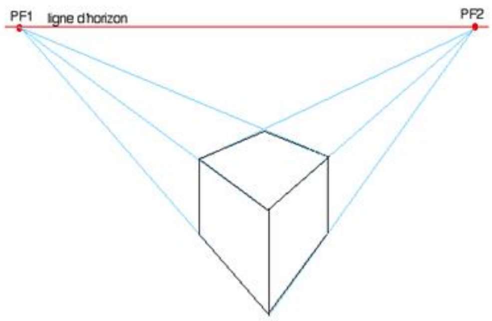
Piero della Francesca est un artiste peintre italien du *Quattrocento* (XV^{e} siècle italien). A son époque il était aussi connu comme géomètre et mathématicien, maître de la perspective et de la géométrie euclidienne. Sa *Cité idéale* (1480-90) (fig.6) illustre l'utilisation de la perspective.

(fig.6)

Les **perspectives axonométriques** ou **perspectives parallèles**, sont peu pratiquées en Art, mais elles sont utilisées quotidiennement en milieu industriel. Dans la **perspective cavalière** (fig.7), qui est utilisée en géométrie dans l'espace au lycée, une face de l'objet est représentée sans déformation dans le plan de la feuille, le parallélisme est conservé, il n'y a pas de point de fuite, la taille des objets ne diminue pas lorsqu'ils s'éloignent, c'est-à-dire que le rapport des longueurs est conservé. Ce mode de représentation est utile pour faire une démonstration mathématique mais ne décrit pas la réalité.



(fig.7)



(fig.8)

Les **perspectives coniques** (fig.8) sont les plus utilisées par les artistes, car elles sont proches des images formées sur la rétine de l'œil, elles admettent un ou plusieurs points de fuite.

c) L'anamorphose

Lorsque l'on se pose le problème de la représentation en art, certains outils géométriques comme l'anamorphose, par exemple, peuvent permettre d'illustrer la difficulté à représenter la réalité en la déformant, le spectateur étant obligé de faire un effort pour retrouver un sens à l'image qu'il a sous les yeux.

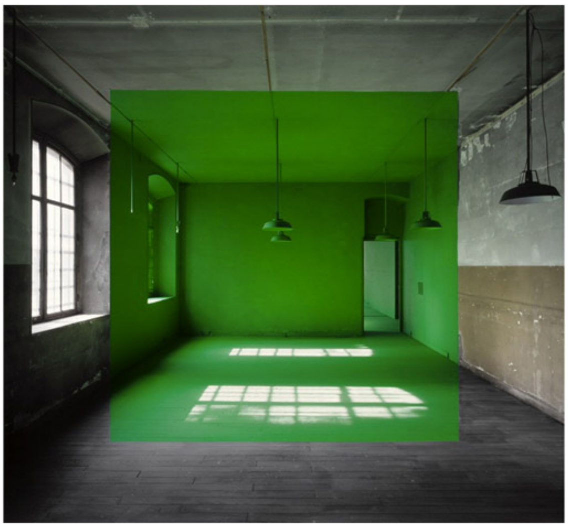
Une **anamorphose** est une transformation, par un procédé optique ou géométrique, d'un objet que l'on rend méconnaissable, mais dont la figure initiale est restituée par un miroir courbe ou par un examen hors du plan de la transformation.

Hans Holbein le Jeune, peintre allemand, a dissimulé un crâne transformé par anamorphose dans son œuvre *Les Ambassadeurs* en 1533 (fig.9, 10, 11).

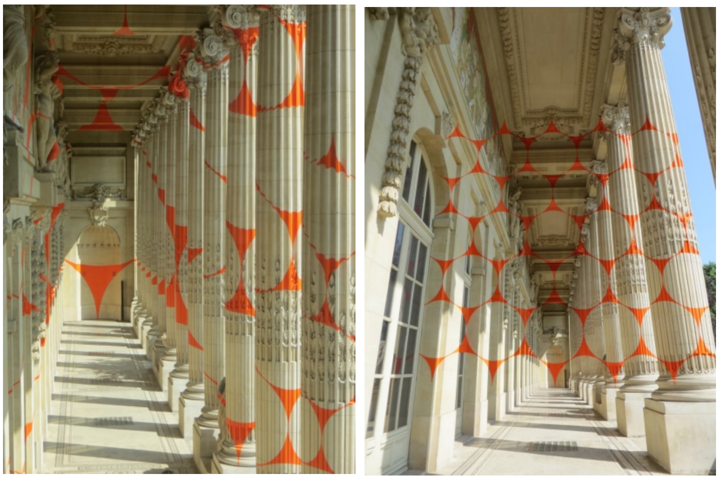
   (fig.9, 10, 11)

Au XXème siècle **Georges Rousse** se sert de l'anamorphose pour peindre dans des lieux désaffectés des formes géométriques qui, vues sous un certain angle permettent de voir un carré, un cercle, etc …, comme dans *Saint Cloud*, 2004 (fig.12). Son travail n'est jamais visible par le public, son œuvre consiste à photographier l'image obtenue qui est ensuite diffusée dans des livres ou dans des expositions.

Felice Varini utilise le même procédé mais ses œuvres sont visibles dans des lieux d'exposition comme son *Installation au Grand Palais* en 2013 (fig.13).



(fig.12)



(fig.13)

d) Les images paradoxales : transformation du monde visible

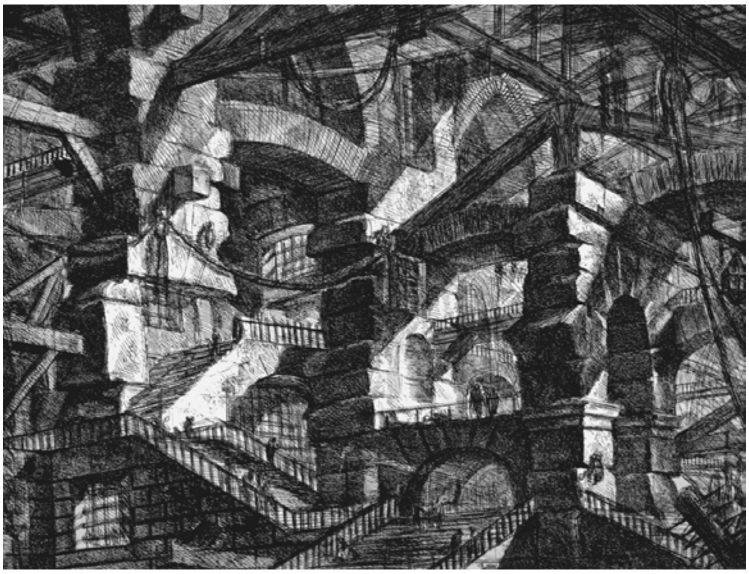
Les images impossibles ou paradoxales mettent en défaut les lois de la perspective. Elles peuvent être le fruit du hasard ou d'une erreur mais peuvent aussi avoir été créées par l'artiste qui questionne ainsi la place de la représentation dans l'art.

La représentation de l'espace sur un support bidimensionnel a donné à de nombreux artistes l'idée de représenter des objets paradoxaux qui n'auraient pas de réalisation matérielle possible dans notre espace tridimensionnel. Les exemples de dessins impossibles avant le XX^{e} siècle sont très rares, on peut citer une fresque murale du XV^{e} siècle dans la Grote Kerk de Breda (fig.14), *La Pie sur la potence*, de **Pieter Brueghel** en 1568 (fig.15), la *Fausse perspective* de **William Hogarth** en 1754 avec un petit texte au bas de la gravure : « *Celui qui exécute un tableau sans notion de perspective tombera vite dans des absurdités semblables à celles présente dans le frontispice* » (fig.16), ainsi que les prisons de **Piranèse** (en particulier *carceri tableau 14*, 1760) (fig.17). Au XX^{e} siècle de nombreux artistes se sont intéressés à cette problématique de la création d'images paradoxales. On oscille alors entre images paradoxales d'un point de vue géométrique et images surréalistes comme avec Dali ou Magritte.

(fig.14)

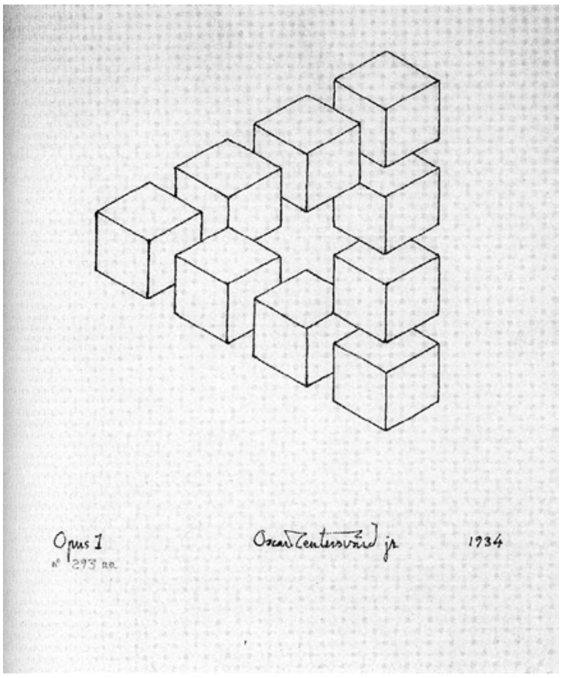
(fig.15)

(fig.16)

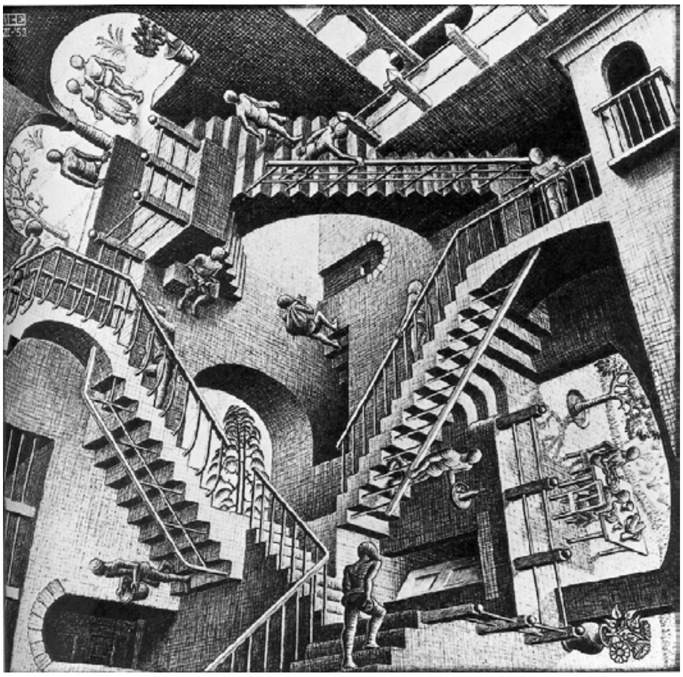


(fig.17)

C'est par hasard que l'artiste suédois Oscar Reutersvärd (1915-2002) a dessiné un de ses premiers objets impossibles en 1934 (fig.18). Il écrit : « *Au lycée je n'avais pas de cours de mathématiques ni de biologie, mais j'avais des cours de latin et de philosophie. Durant les cours, pendant que notre professeur de latin faisait des remarques édifiantes sur les Romains, presque tous les élèves griffonnaient quelque chose sur les pages vierges de leur grammaire latine. Moi-même j'essayais de dessiner aussi régulièrement que possible des étoiles à quatre, cinq, six, sept ou huit pointes. Lorsqu'un jour j'entourai une étoile à six pointes de cubes, je découvris que ces cubes formaient une étrange constellation. Poussé par une impulsion inexplicable, j'ajoutai à cette configuration trois, autres cubes pour obtenir une forme triangulaire. J'étais assez intelligent pour reconnaître que j'avais ainsi dessiné une figure paradoxale* »



(fig.18)



(fig.19)

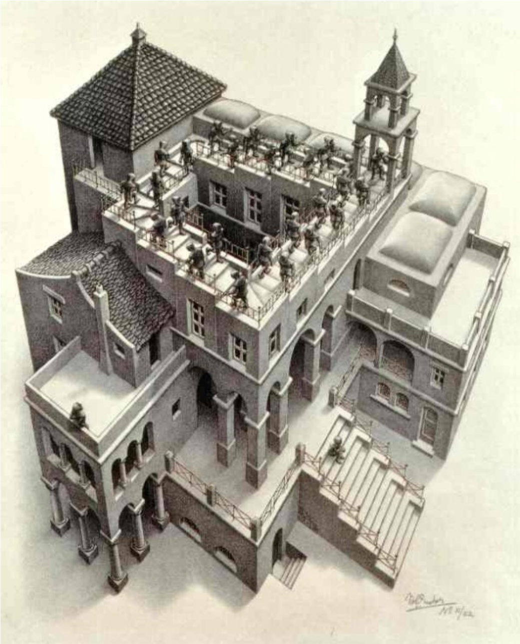
Un travail intéressant dans ce domaine des images paradoxales est celui de l'artiste M.C. Escher. Le côté mystérieux et absurde de ses œuvres est fascinant comme dans *Relativité,* 1953 (fig.19). On trouve un certain nombre de reproductions de ses gravures dans les manuels scolaires de mathématiques. Son œuvre est assez mal connue et peu appréciée par le monde de l'art, et il est souvent considéré comme un artiste laborieux dont les productions semblent en décalage avec l'art contemporain. Son œuvre a principalement intéressé un public scientifique et surtout anglo-saxon.

C'est un artiste qui a beaucoup utilisé les mathématiques, même s'il n'avait pas de grandes connaissances en ce domaine. Pour créer ses univers fantastiques, il s'est appuyé sur la rigueur de l'outil mathématique sans vraiment le connaître, mais il a su se faire aider par le mathématicien H.S.M. Coxeter[1] (1907-2003), dont l'œuvre géométrique l'a beaucoup inspiré et il a utilisé les multiples transformations que cet outil peut appliquer à l'univers réel. A propos de *Montée et Descente*, 1960 (fig.20) M.C. Escher dit :

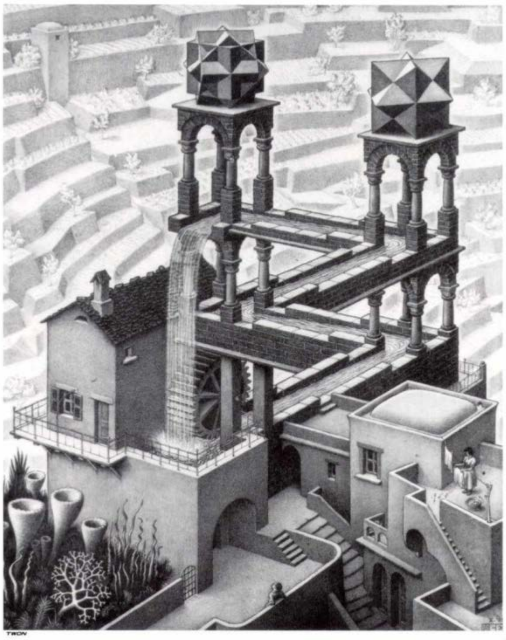
> *Nous nous imaginons en train de grimper ; haute de 20 cm environ, chaque marche, est très fatigante et où nous conduit-elle ? Nulle part ; nous n'avançons pas d'un pas et nous ne montons pas non plus. Et descendre, se laisser délicieusement rouler vers le bas, nous est tout aussi impossible.*[2]

Le thème de l'infini revient souvent dans les travaux d'Escher, on le retrouve dans *Mouvement perpétuel* lithographie de 1961 (fig.21), où l'on peut voir un courant d'eau impossible.

[1] Harold Scott MacDonald Coxeter (1907-2003), mathématicien britannique, qui a travaillé sur les polytopes réguliers et la géométrie en dimension supérieure. Son œuvre géométrique a été une source importante d'inspiration pour M. C. Escher.
[2] M.C. Escher, *La Magie de M.C. Escher*, Cologne, Taschen, 2003, p.147.



(fig.20)



(fig.21)

Dans la représentation d'images paradoxales, la géométrie est utilisée mais elle est détournée et c'est la difficulté à représenter l'univers tridimensionnel sur un support bidimensionnel qui est exploitée. Des règles et des conventions très strictes sont nécessaires pour respecter la perspective et donner l'illusion de la réalité. En réalisant des images paradoxales, les artistes ont exprimé un besoin de transgression. Il y a une remise en cause du point focal mis en évidence par Alberti.

2) Des objets mathématiques comme sujets de l'art

a) Les polyèdres

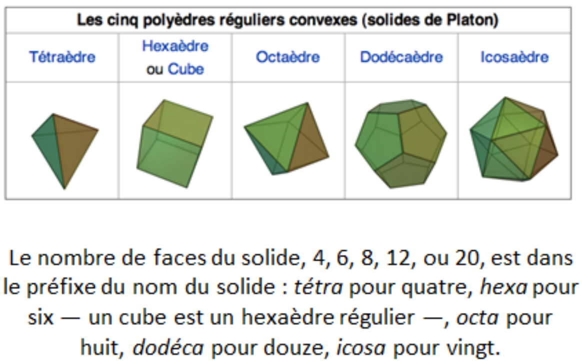
En géométrie euclidienne, un **solide de Platon** est un polyèdre régulier et convexe.(il y en a cinq) (fig.22) et un **solide d'Archimède** est un polyèdre convexe semi-régulier (il y en a treize).

Il est arrivé, dans l'Antiquité, que l'un de ces polyèdres, le dodécaèdre en particulier, ait donné sa forme à des dés à jouer, notamment chez les Etrusques et chez les Romains. Mais c'est dans les œuvres de la Renaissance que les polyèdres furent surtout représentés.

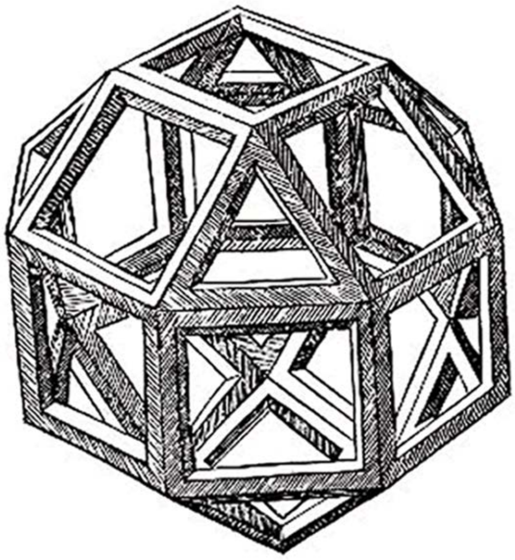
Le dessin fait par **Léonard de Vinci** pour illustrer l'ouvrage de son collègue Fra Luca Pacioli, mathématicien auteur de l'ouvrage, *De divina proportione* (1509) (fig.23), est un **rhombicuboctaèdre** qui est un solide d'Archimède avec huit faces triangulaires et dix-huit faces carrées. Il possède 24 sommets identiques, avec un triangle et trois carrés s'y rencontrant. Le polyèdre possède une symétrie octaédrique, comme le cube et l'octaèdre.

Dans le portrait de Luca Pacioli par Jacopo de Barbari (fig.24), le polyèdre suspendu, à gauche de l'image, est un rhombicuboctaèdre de verre à moitié rempli d'eau. Il y a un dodécaèdre régulier en bas à droite.

Dans sa gravure « *Mélancolia I* », (1514) (fig.25), Albrecht Dürer fait une illustration du tempérament mélancolique. Autour du personnage mélancolique de cette gravure il a représenté de nombreux objets mathématiques comme par exemple une sphère ou bien un bloc de pierre taillé en forme de polyèdre mais aussi un carré magique qui est un objet mathématique qui utilise l'arithmétique avec les sommes de nombres entiers. Ce carré magique a été bien choisi car Dürer y fait figurer le nombre 1514 qui est la date où il a réalisé cette gravure. On voit également des outils utilisés en géométrie comme un compas et une règle.



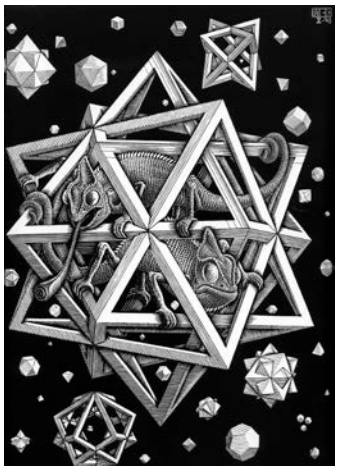
(fig.22)



(fig.23)

(fig.24)

(fig.25)



(fig.26)

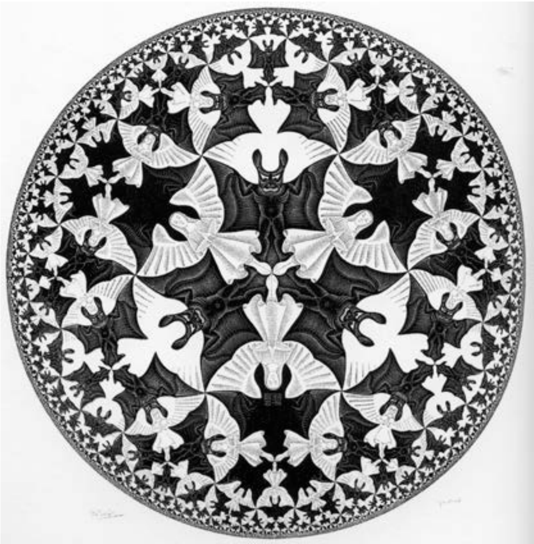
b) Les pavages

M.C. Escher : N'ayant pas assez de connaissances mathématiques, il est parvenu à réaliser des pavages avec l'aide du mathématicien H.S.M. Coxeter[3] qui lui a permis d'utiliser le disque de Poincaré dans *Limite circulaire IV*, 1960 (fig.27) (sur le disque de Poincaré, les droites sont soit des diamètres, soit des arcs de cercle orthogonaux au contour du disque). En mathématiques, la **géométrie hyperbolique** (nommée parfois *géométrie de Lobatchevski*) est une géométrie non euclidienne vérifiant

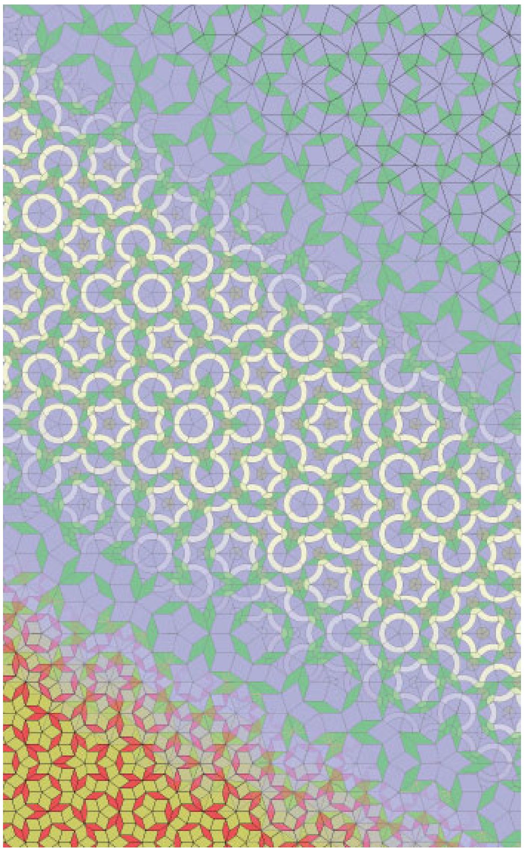
[3] H.S.M. Coxeter, (1907-2003), mathématicien anglais.

les quatre premiers postulats de la géométrie euclidienne, mais pour laquelle le postulat euclidien des parallèles est remplacé par le postulat que « par un point extérieur à une droite passe plus d'une droite parallèle ». On démontre qu'alors il y a une infinité de droites parallèles. Escher est l'exemple même de l'artiste dont le travail se situe entre les mathématiques et l'art. Il dit :

> *« En exposant mes sens aux énigmes de l'univers, en réfléchissant à ces sensations et en les analysant, je m'approche du domaine des mathématiques. Bien que je manque totalement de connaissances et de formation dans le domaine des sciences exactes, je me sens plus proche des mathématiciens que de mes collègues artistes »*[4].



(fig.27)



(fig.28)

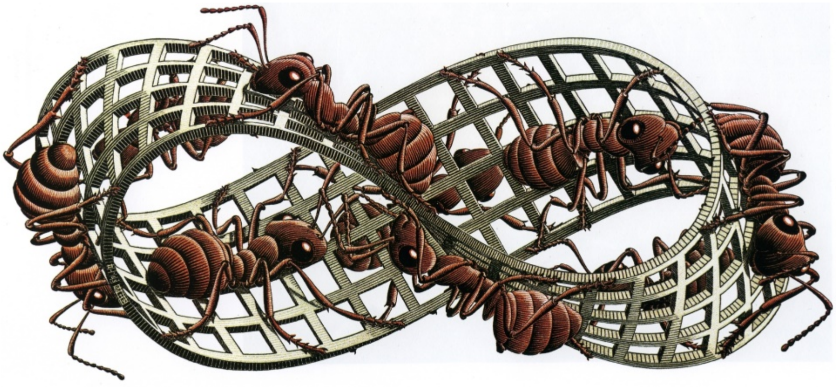
Vers 1977, Roger Penrose a découvert les pavages du plan qui portent aujourd'hui son nom. Ils possèdent des symétries locales d'ordre arbitraire, mais pas de symétries globales. Assemblés selon des règles locales, les pavés peuvent recouvrir entièrement le plan. On peut le prouver par l'emploi d'un processus d'inflation/déflation permettant de passer d'un niveau d'assemblage donné à un niveau supérieur, ou au contraire de partitionner les pavés pour obtenir un niveau d'assemblage inférieur. Le rapport de dimension entre deux niveaux adjacents a pour valeur le nombre d'or : 1,618. En 2002 David Austin, William CASSELMAN, David WRIGHT, trois mathématiciens créent un pavage de Penrose dans lequel le processus d'inflation peut être observé dans la partie moirée de l'image qui assure la transition entre la partie basse à gauche et la partie supérieure à droite de cette image.

[4] M.C.Escher, *M.C.Escher,* ed. Taschen, Cologne, 2006, p.11.

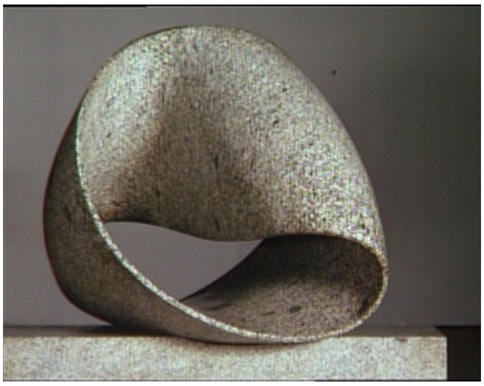
c) Les surfaces, en particulier la bande de Moebius ou Möbius

En topologie, le **ruban de Möbius** (aussi appelé **bande de Möbius**) est une surface compacte dont le bord est homéomorphe à un cercle. Autrement dit, il ne possède qu'une seule face contrairement à un ruban classique qui en possède deux. Elle a la particularité d'être réglée et non-orientable (En mathématiques, et plus précisément en géométrie, une **surface réglée** est une surface par chaque point de laquelle passe une droite, appelée génératrice, contenue dans la surface.)

Cette surface a été décrite indépendamment en 1858 par deux mathématiciens allemands August Ferdinand Möbius (1790-1868) Johann Benedict Listing (1808-1882). M.C. Escher a représenté plusieurs bandes de Moebius en particulier *Le ruban de Moebius II* en 1960 (fig.29). En 1960-61, Max Bill a réalisé une sulpture *Ruban sans fin,* (fig.30).



(fig.29)



(fig.30)

3) Les grands mouvements du XXè siècle qui font appel aux mathématiques

a) Le Cubisme

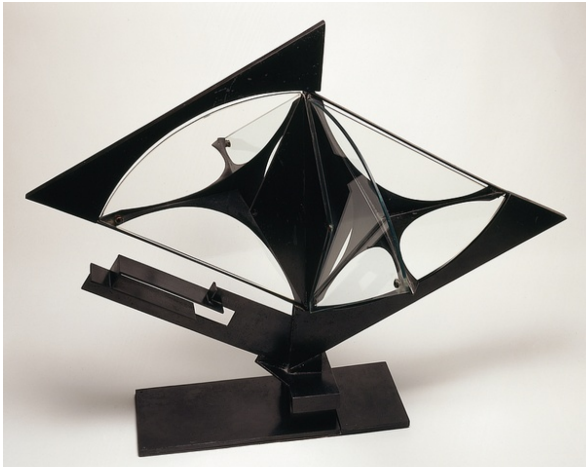
Les peintres cubistes, et en particulier **Juan Gris**, ont recherché une méthode de représentation qui utilise la géométrie tout en abandonnant les règles strictes de la perspective. La méthode utilisée par Juan Gris était très rigoureuse. Il traçait d'abord une grille faisant un angle de 45° avec l'horizontale, puis remplissait les zones obtenues par des fragments des différentes vues du sujet à représenter comme, par exemple, dans *Bouteille et couteau*, 1911, (fig.31). Picasso (fig.32) et Georges Braque (fig.33) sont également de grands représentants du Cubisme.

(fig.31, 32, 33)

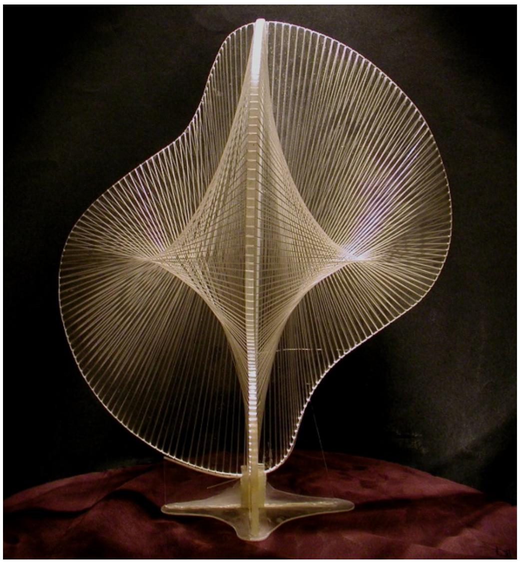
b) L'abstraction géométrique ou art construit ou art concret

Le mouvement de l'Art construit intègre complètement la géométrie puisqu'il en fait son sujet principal. L'art Construit se décline au travers de plusieurs mouvements, Le Constructivisme en Russie, Le suprématisme, le Néo-Plasticisme aux Pays-Bas avec **Piet Mondrian**, l'Art cinétique, l'Art minimal, l'Art Conceptuel. D'ailleurs certains artistes ont pu au cours de leur vie se rapprocher de différentes écoles en fonction de l'évolution de leur travail.

Le constructivisme : Le terme d'*art de la construction* a d'abord été utilisé par dérision par Kazimir Malevitch afin de décrire le travail d'Alexandre Rodtchenko en 1917. Le mot *constructivisme* apparaît ensuite dans le Manifeste réaliste de Naum Gabo en 1920. Alexeï Gan utilise le terme comme titre de son livre, imprimé en 1922, où il est explicitement souligné que la culture de la nouvelle Russie n'est qu'industrielle. Les deux frères Antoine Pevsner (fig.34) et Num Gabo (fig.35).



(fig.34)

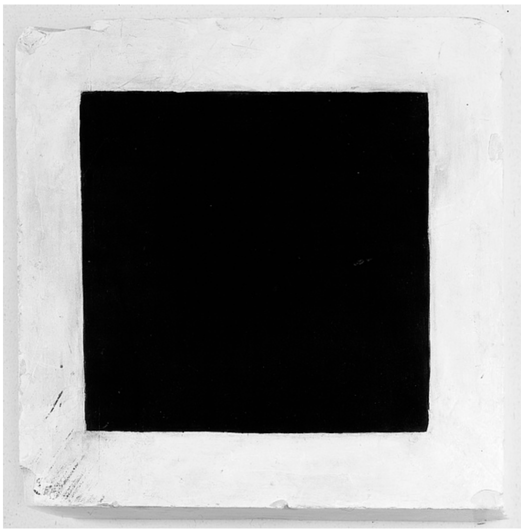


(fig.35)

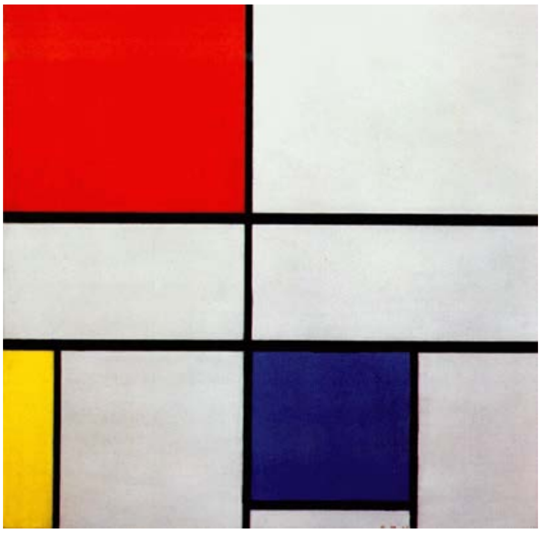
Le suprématisme

Le mot « suprématisme » apparaît pour la première fois en décembre 1915, à Saint-Pétersbourg, lors de la deuxième exposition futuriste « 0,10 ». À cette occasion, le peintre **Kasimir Malevitch** (1878-1935) expose un ensemble de trente-neuf toiles non objectives, accompagnées de la brochure-programme : *Du cubisme et du futurisme au suprématisme. Un nouveau réalisme pictural.* Dans ce texte, Malevitch affirme la suprématie d'une nouvelle forme de pensée, traduite dans la peinture par des formes non objectives, libérées de toute attache représentative ou symbolique. La toile *Carré noir sur fond blanc*, exposée en décembre 1915 (fig.36), marque l'aboutissement de cette crise de l'image.

Piet Mondrian est également un des premiers peintres à s'être exprimé en utilisant un langage abstrait. Il évacue progressivement toute trace de référence au naturel visible en utilisant une trame orthogonale et les trois couleurs primaires, le rouge, le jaune et le bleu, *Composition with, red yellow and blue*, 1935, (fig.37).

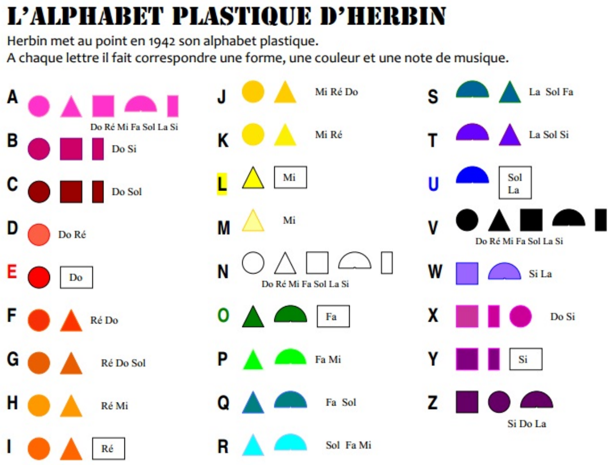


(fig.36)

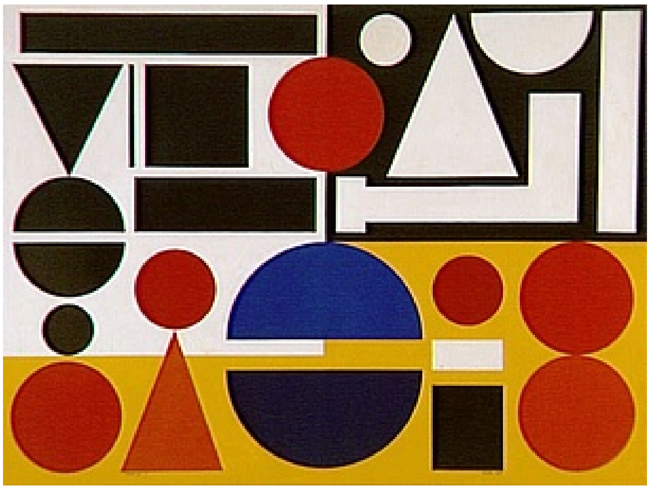


(fig.37)

En 1946 **Herbin** met au point son « Alphabet plastique » (fig.38), essai de codification des correspondances entre lettres, couleurs et formes, et l'utilise pour réaliser des tableaux comme *Vendredi*, 1951, (fig 39)



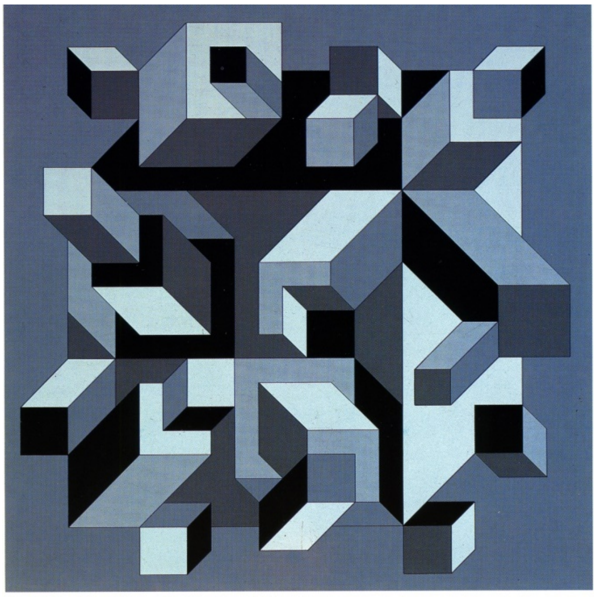
(fig.38)



(fig.39)

L'Op'Art ou art optique

Ce mouvement naît en 1950. Il y a une dimension mathématique dans les œuvres des artistes de l'Art cinétique avec la combinaison astucieuse d'éléments géométriques permettant de jouer avec la vision humaine. Vasarely, avec *Kivar*, 1977 (fig.40) ou encore Bridget Riley**, avec** *Blaze 4*, 1962, (fig.41) sont des représentants importants de ce mouvement. Leurs sujets sont des figures géométriques dont ils étudient les effets sur la perception. Bien sûr, il faut dépasser l'aspect ludique de telles représentations qui mettent en jeu la question de la réalité de ce qui perçu.



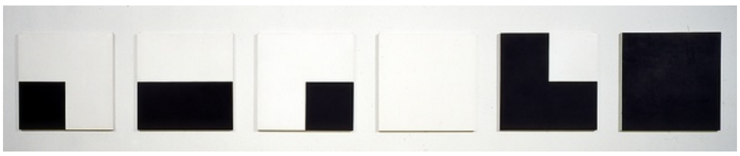
(fig.40)

(fig.41)

L'art minimal et l'art conceptuel

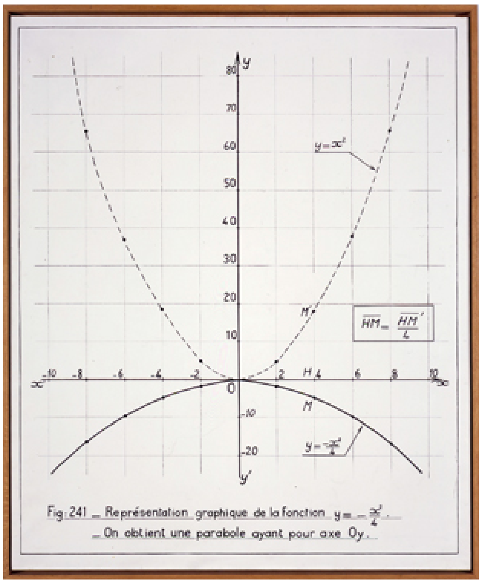
Ce mouvement naît en 1965 aux Etats-Unis. Les artistes de l'art minimal et de l'art conceptuel rejettent toute subjectivité dans leurs œuvres et recherchent des sujets qui leur permettent d'accéder à une certaine objectivation de l'œuvre. Pour cela, ils ont recours à la géométrie et créent des œuvres sérielles, maîtrisables, mesurables. Ils décrivent leur travail en utilisant des concepts de la philosophie analytique.

François Morellet est un précurseur de ce mouvement car dès le début des années 50, il envisage un mode de production artistique qui se caractérise par la volonté de réduire les interventions subjectives de l'artiste et de rendre perceptible les choix qui déterminent la réalisation d'une œuvre. Les motifs de la ligne droite et de la grille lui apparaissent comme le meilleur moyen d'opérer cette réduction. Pour Morellet, l'intervention du hasard dans la réalisation de l'œuvre permet d'invalider cette croyance selon laquelle une composition réussie serait le fruit du métier, de l'intuition, voire du génie de l'artiste. C'est la contrainte à laquelle est soumis le hasard qui fait la composition. Il introduit le hasard dans plusieurs de ses œuvres, *6 répartitions aléatoires de 4 carrés noirs et blancs d'après les chiffres pairs et impairs du nombre Pi,* 1958, (fig.42). En 1961, François Morellet fonde le GRAV, Groupe de Recherche d'Art Visuel, avec les artistes Joël Stein, Julio le Parc, Francisco Sobrino, Horacio Garcia Rossi et Jean-Pierre Yvaral (le fils de Victor Vasarely).

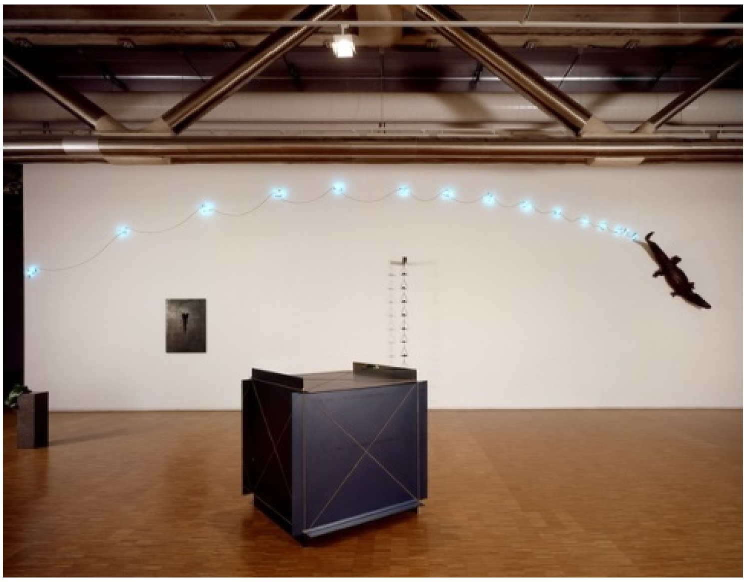


(fig.42)

En 1966, l’artiste conceptuel **Bernar Venet** va même jusqu’à réaliser une toile *Représentation graphique de la fonction* $y = - x^2/4$, 1966, Acrylique sur toile, 146 x 121 cm (fig.43), dont le sujet est la représentation graphique d’une parabole, sujet extrait d’un livre de mathématiques. Cette représentation ne modifie pas le niveau sémantique du sujet, sa signification est la même que celle qu’il a dans le livre d’origine. On est dans la même démarche que dans celle du Ready-made de Duchamp, ici l’objet « fabriqué » est un objet mathématique que la représentation n’altère pas. Dans une telle représentation il n’y a aucune interprétation du monde. Le geste artistique est minimal et ce sont les mathématiques qui, par leur rigueur, permettent d’atteindre un tel dépouillement.



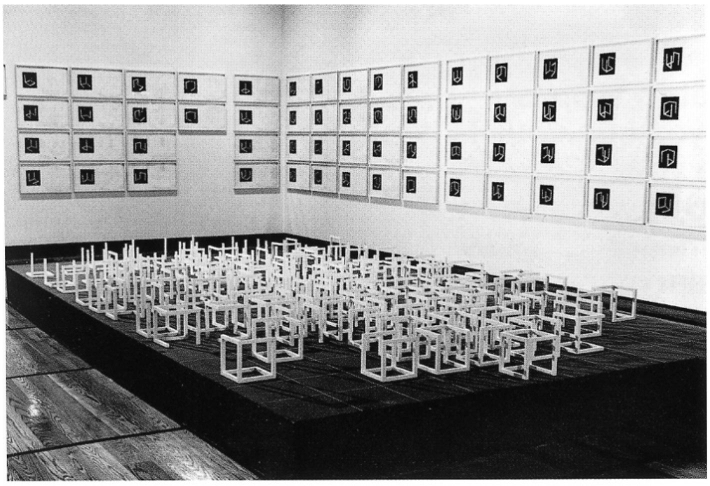
(fig.43)



(fig.44)

En 1970, Mario Merz introduit dans ses œuvres la suite de Fibonacci comme symbole de l'énergie inhérente de la matière et de la croissance organique, en plaçant les chiffres réalisés au néon soit sur ses œuvres soit dans des lieux d'exposition, comme, en 1971 le long de la spirale du Musée Solomon R. Guggenheim ou en 1972 dans son *Crocodilus Fibonacci* (fig. 44). La suite de Fibonacci est une suite d'entiers dans laquelle chaque terme est la somme des deux termes qui le précèdent. Elle commence généralement par les termes 0 et 1 (parfois 1 et 1) et ses premiers termes sont : 0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, etc, …. Elle doit son nom à Leonardo Fibonacci, dit *Leonardo Pisano*, un mathématicien italien du XIII^e siècle qui, dans un problème récréatif posé dans un de ses ouvrages, le *Liber Abaci*, publié en 1202, décrit la croissance d'une population de lapins.

Nous pouvons également citer l’artiste minimal SolLewitt qui a utilisé beaucoup d’éléments géométriques. Dans *Serial project n°1*, 1966 (fig.45) il présente une suite exhaustive de cubes ayant 1, 2, … ou 6 arêtes visibles, avec toutes les positions possibles. Dans ses *Wall drawing, (dessins muraux),* (fig.46) il représente sur les murs d’un lieu d’exposition des figures géométriques selon un protocole rédigé à l’avance.



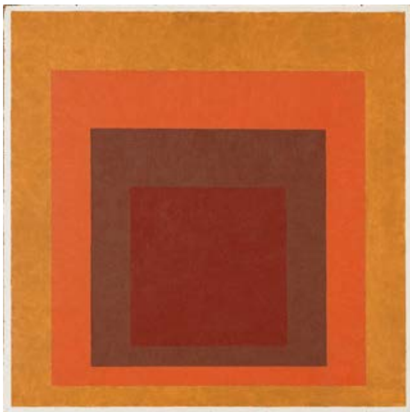
(fig.45)

(fig.46)

Dans le cadre de l'abstraction géométrique, nous pouvons également citer, Vassily KANDINSKY, *Swarzer Raster*, 1922, (fig.47), Frantisek KUPKA, *Autour d'un point*, 1930-1933, (fig.48), Josef ALBERS, Hommage au carré, 1954 (fig.49), Frank STELLA , *Hyena Stomp,* 1962 (fig.50), Vera Molnar, *Quatre éléments distribués au hasard*, 1959 (fig.51), Aurélie Nemours, *Nombre et Hasard*, 1991 (fig.52).

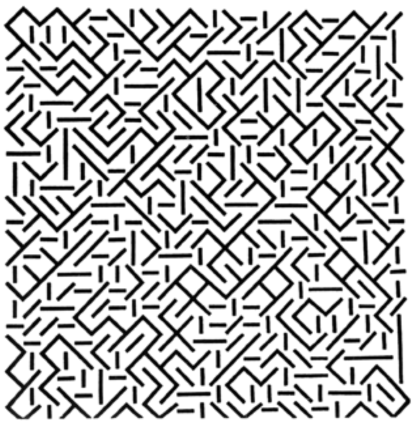
(fig.47)

(fig.48)

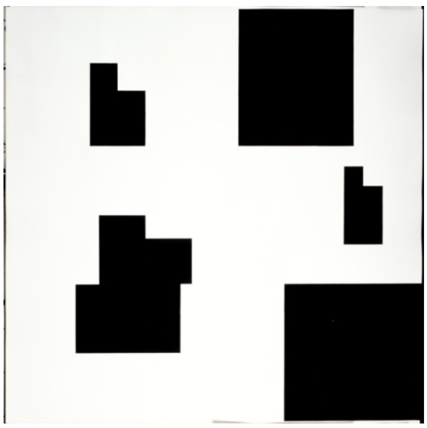


(fig.49

(fig.50)



(fig.51)



(fig.52)

L’art fractal

La théorie des fractales est certainement la théorie mathématique qui a le plus de liens avec le monde artistique. Avec l’arrivée des fractales, on aboutit à une redéfinition des liens entre ces deux disciplines. On assiste à l’instauration d’une relation plus fusionnelle, ne serait-ce que par le vocabulaire, puisque l’on parle maintenant d’Art fractal, d’œuvre fractale. La fractalité devient une nouvelle vision du monde, une compréhension différente des phénomènes qui nous entourent. L’artiste qui cherche à intégrer cette fractalité à ses oeuvres a pour objectif de traduire cette nouvelle vision fractale du monde. Le rapport du détail au tout, la notion d’échelle sont de nouvelles données dans l’appréhension de l’univers. Les réseaux qui se multiplient autour de nous, comme internet ou les autoroutes peuvent faire penser à des structures fractales.

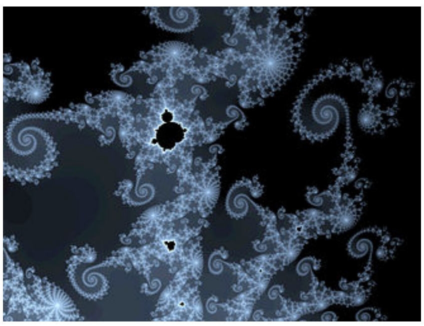
Les objets fractals sont des objets mathématiques, imaginés par le grand mathématicien Benoit Mandelbrot (1924 - 2010). Il les introduit dans son ouvrage *Les Objets Fractals* en disant :

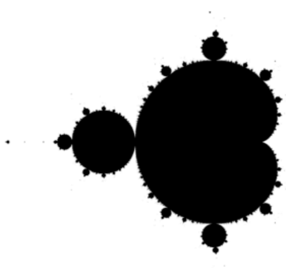
> *Des objets naturels très divers, tels la Terre, le Ciel et l’Océan, ont en commun d‘être de forme extrêmement irrégulière ou interrompue. Pour les étudier j’ai conçu une nouvelle géométrie de la nature. La notion qui lui sert de fil conducteur sera désignée par l’un des deux néologismes synonymes, “objet fractal” et “fractale”, termes que je viens de former, à partir de l’adjectif latin fractus, qui signifie “irrégulier ou brisé” ».*

L'ensemble de Mandelbrot (fig53) est une fractale définie comme l'ensemble des points *c* du plan complexe pour lesquels la suite de nombres complexes définie par récurrence par :

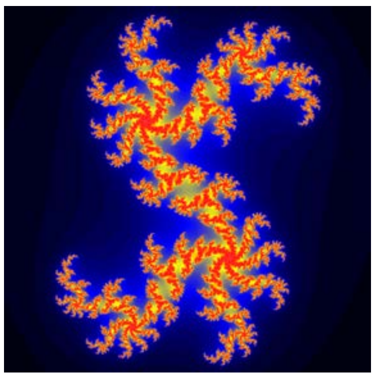
$$\begin{cases} z_0 = 0 \\ z_{n+1} = z_n^2 + c \end{cases} \quad \text{est bornée.}$$

L'ensemble de Mandelbrot a été découvert par Gaston Julia (ci-dessous l’ensemble de Julia, défini pour c = 0,2i + 0,4, (fig.54) L'ensemble de Mandelbrot est, d'une certaine façon, un ensemble d'indices particuliers pour les ensembles de Julia.



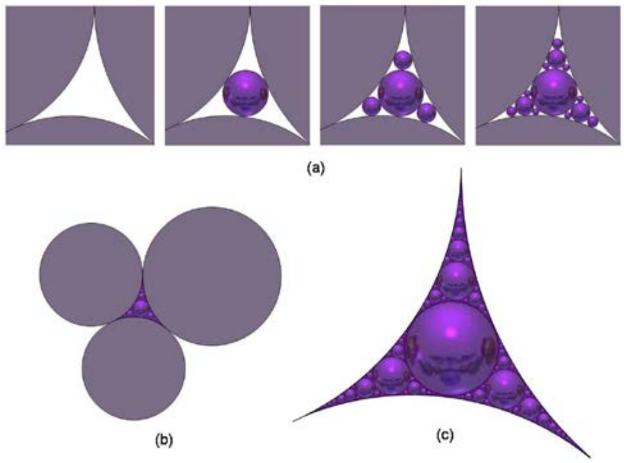


(fig.53)



(fig.54)

La notion de fractale avait déjà été pressentie par des scientifiques ou des artistes depuis longtemps. Trois siècles avant Jésus-Christ Apollonius de Perge, qui était un disciple d’Archimède, présente sa « baderne » (fig. 55) qui est construite à partir d'un triangle curviligne dans lequel est inscrit un cercle, puis dans chacun des trois nouveaux triangles qui apparaissent, on peut encore inscrire un cercle, la construction se poursuivant indéfiniment. En 1520, Albrecht Dürer construit une image fractale à partir d'un pentagone (fig. 56). Puis viennent Cantor et sa *poussière* (fig. 57), Peano et sa courbe (fig. 58 et 59), Sierpinski et son *éponge* (fig. 60), von Koch et son fameux flocon (fig. 61), Julia et ses ensembles (fig. 69).



(fig. 55)

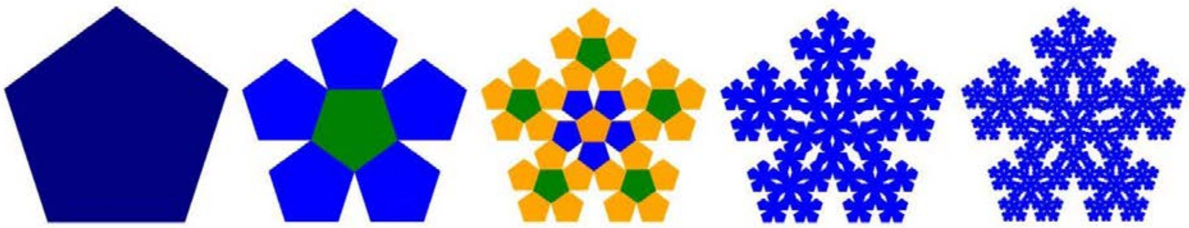


Fig 56 : Les cinq premières étapes de la construction du pentagone de Dürer.


Fig. 57 : Les sept premières étapes de la construction de la poussière de Cantor.

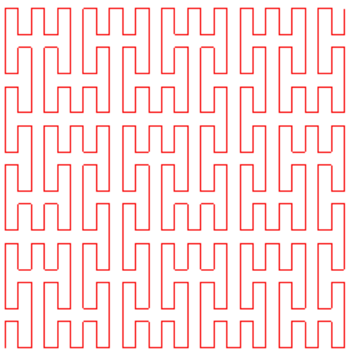
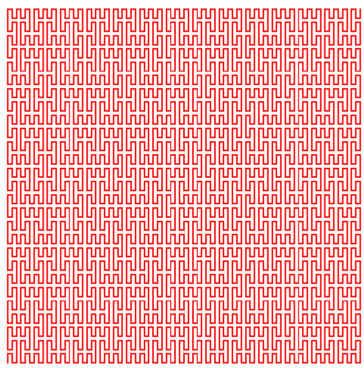



Fig. 58 et 59 : deux étapes de la représentation de la courbe de Peano.

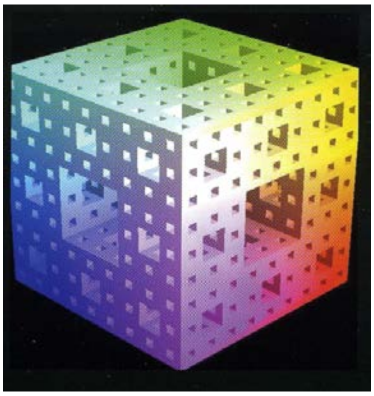


fig. 60 : éponge de Sierpinski

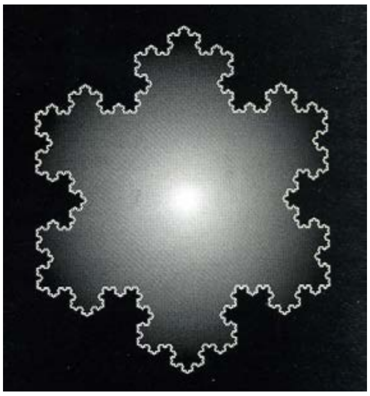


Fig. 61 : Flocon de Von Koch.

Deux types d’œuvres ont été créées à partir de la notion de fractale, soit des illustrations obtenues à partir d’un logiciel qui traite une formule mathématique. Soit des œuvres qui sont une extrapolation de cette notion et dont les artistes se sont emparés.

Jean-Claude Meynard (né en 1951) (fig.62) , est un peintre et plasticien français dont l'œuvre va de l'hyperréalisme à la géométrie fractale et à l'art numérique. Il fait partie du groupe « Les Fractalistes-Art et complexité et est l'un des signataires du Manifeste fractaliste en 1997. Son œuvre est axée sur l'exploration de la complexité du réel et la mise à jour d'univers géométriques.

Fig.62 : J.C. Meynard, *La Géométrie des Enigmes*, sérigraphie, 2010.

Jérémie Brunet(fig.63) et (fig.64) réalise des œuvres fractales en 3D.

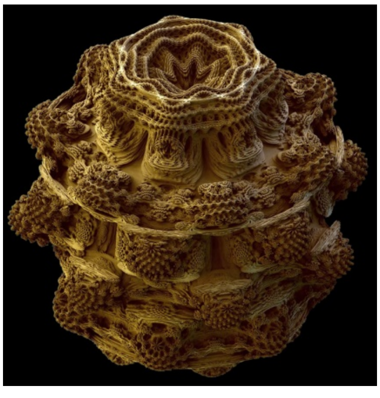


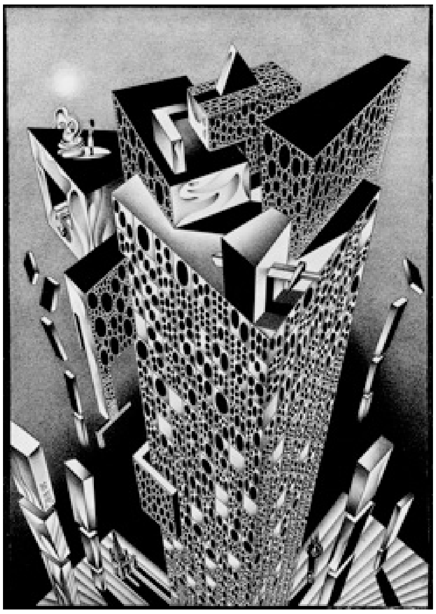
Fig.63 et 64 : Jérémie BRUNET, *Kaliball*, 2014 Mandelbub, *fractale en 3D*

Lorsque les mathématiciens se rapprochent de l'art

Après avoir parlé des artistes qui utilisent les mathématiques dans leur démarche artistique nous allons maintenant aborder notre problématique art et mathématique sous un autre angle, celui des mathématiciens qui s'intéressent à l'art et proposent des créations artistiques.

L'ESMA regroupe un certain nombre de ces mathématiciens. Il serait intéressant de comparer leur démarche aux artistes qui utilisent les mathématiques dans leurs œuvres. Ce sont deux univers différents qui cherchent à se rencontrer et leur collaboration peut faire avancer la réflexion sur cette dualité art et mathématiques.

Par exemple le mathématicien russe Anatoly Fomenko a réalisé plus de 280 œuvres artistiques qui ont fait l'objet de nombreuses expositions en Amérique du Nord et en Europe. Dans l'une de ses œuvres réalisée en 1986 (fig.65), nous pouvons voir de gauche à droite et de haut en bas sur le mur gauche de la tour, le développement décimal de $\pi \approx 3,14159265$ se lit à travers le nombre de disques noirs sur chaque domino. Le développementdécimal de e, $\approx$ 2,7182818…, se litpareillement sur le mur droit de la tour. La tour s'étend à l'infini vers le bas, et l'éjection convenable de dominos de plus en plus petits permet de façonner un ensemble fractal cantorien.



Un certain nombre d'œuvres œuvres de ces mathématiciens artistes se trouvent dans le catalogue de l'ESMA : http://www.math-art.eu/Documents/pdfs/Catalogue_2013.pdf

Voici également quelques adresses utiles

- www.math-art.eu (ESMA)°
- http://www.chaos-math.org/fr
- http://www.dimensions-math.org/
- http://www.fractal-3d.com/