

2.3.6. LES AUTOMATES CELLULAIRES

Cette appellation étrange est née du mariage entre les mathématiques et l'informatique . La nécessité de visualiser certains concepts dont parle le mathématicien Georges Ricco (30) et que nous avons évoquée dans la première partie (voir en 1.3.2.) prend ici une signification encore plus forte , puisque c'est par la simulation , en l'occurrence visualisée , et seulement par la simulation que des problèmes mathématiques peuvent être résolus . Les automates cellulaires dont nous parle Stephen Wolfram (45) sont un exemple type où l'image est à la base de l'administration de la preuve .

" Grâce aux expériences et aux modélisations numériques, on peut aujourd'hui étudier un certain nombre de systèmes complexes que l'analyse mathématique traditionnelle n'a pas permis d'élucider . (...) Les programmes d'ordinateur peuvent décrire bien d'autres objets mathématiques que les opérations et les fonctions mathématiques traditionnelles (...). L'ordinateur facilite en effet l'étude de toutes les lois scientifiques et mathématiques de nature algorithmiques.(...) Les méthodes numériques mises en oeuvre permettent de calculer les solutions approchées d'équations différentielles dans des disciplines très diverses .(...) Pour un grand nombre de phénomènes physiques , seule une simulation directe permet alors de décrire le phénomène.(...) Ces simulations ne sont réalisables que par un ordinateur : toute analyse des systèmes à l'étude serait impossible sans cet outil."(45)

Par exemple "un programme qui simule le mouvement d'un électron dans un champ magnétique permet de réaliser des expériences sur ordinateur.(...) (Il) n'est pas limité par les contingences matérielles (...) (et) permet ainsi à l'expérimentateur d'envisager une grande variété de lois naturelles hypothétiques . (...) L'ordinateur sert également à étudier les propriétés des systèmes mathématiques abstraits."(45).

Il existe des systèmes simples dont l'évolution est néanmoins complexe et " où la méthode de simulation numérique par ordinateur joue un rôle fondamental". C'est le cas du phénomène de turbulence. " En pratique , on ne connaît ces structures d'écoulement que par l'observation des systèmes physiques réels ou par les expériences sur ordinateur ." (id.)

" On pense qu'il existe un ensemble de mécanismes mathématiques , communs à de nombreux systèmes évoluant de façon complexe et l'on recherche de préférence les mécanismes dans les systèmes dont la conception est la plus simple."(id.) Les automates cellulaires découlent de cette approche .

Un automate cellulaire est un modèle informatique constitué par de nombreux composants tous identiques , les cellules , matérialisés sur un écran par des rangées (ou colonies) de petits carrés dont la couleur caractérise et différencie l'état de chaque cellule . Les automates évoluent par simulation au cours du temps en fonction d'une règle simple, interne au système, et cette évolution se traduit par des incréments de nouveaux carrés représentant les générations successives de cellules .

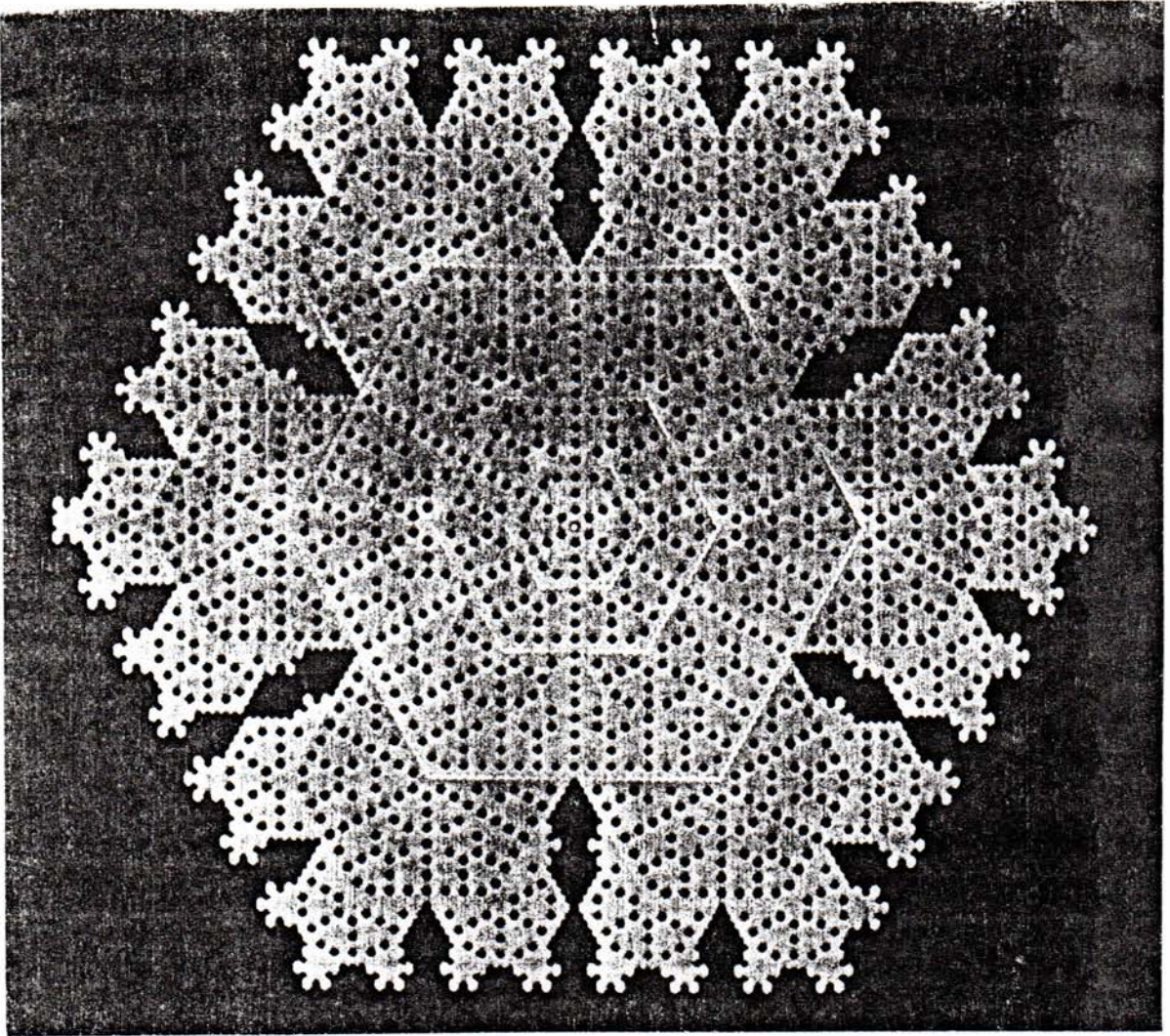
Ils donnent naissance à des arborescences symbolisant l'évolution de la colonie . Certaines d'entre elles "avortent" presque immédiatement (en quelques étapes) ; pour d'autres l'achèvement nécessite un plus grand nombre de générations ; pour d'autres encore , leur sort ne peut pas être déterminé , malgré un calcul couvrant plusieurs milliers de générations .

Les automates cellulaires sont capables de modéliser les propriétés fondamentales d'un grand nombre de systèmes naturels , phénomènes physiques ou chimiques comme la croissance d'un flocon de neige , l'évolution de la croissance et de la pigmentation des tissus de certains êtres vivants , le déclenchement de turbulence en mécanique des fluides ,... Ils peuvent même simuler le comportement des ordinateurs eux-mêmes .

De plus , " on peut modéliser les systèmes physiques à différents niveaux : on peut aussi bien simuler les mouvements des molécules que résoudre des équations différentielles pour déterminer des propriétés macroscopiques .(...) " L'expérimentation sur ordinateur constitue le meilleur moyen de déduire les propriétés du modèle : on simule un grand nombre de marches aléatoires et l'on calcule les propriétés moyennes."(45)

Les motifs de ces évolutions sont parfois si complexes , que seule la simulation explicite de l'évolution des colonies permet d'établir un modèle de prévision." On peut donc étudier des systèmes complexes , aux interactions multiples , à l'aide de ces algorithmes itératifs , là où les méthodes analytiques échouaient.(...) Tout phénomène physique simulable par l'application répétée d'un ensemble de règles (mathématiques ou non) peut être simulable par un automate cellulaire."(28)

Ce nouveau mode de traitement informatique , qui lui aussi fait appel à l'image , "constitue par conséquent une nouvelle méthode d'étude scientifique , qui supplée les méthodologies traditionnelles que sont la théorie et l'expérience."(45)



Simulation de la croissance d'un flocon de neige par un automate cellulaire
Il faut plus de 10 000 opérations pour réaliser une telle figure .
(Pour la Science n° 85 , novembre 1984) .

2.4. UNE NOUVELLE APPREHENSION DU REEL

Il resterait bien d'autres applications à décrire , mais cet exposé n'a pas pour finalité d'en faire l'inventaire exhaustif qui , de toute façon s'avérerait vite obsolète compte tenu de la rapidité à laquelle viennent s'en ajouter de nouvelles .

Celles qu'on a choisi de présenter sont suffisamment significatives . Elles montrent à quel point la rencontre de l'image et de l'informatique (devenu ici "support et écriture" comme l'indique Ph. Quéau - 28) a rendu possible pour les sciences et les techniques un champ d'exploration du réel qui se projette dans plusieurs directions. Nous en avons retenu trois .

2.4.1 LA SAISIE SELECTIVE ou DU REEL AU VIRTUEL

Au cours de récentes analyses , Claude Baiblé dans " Nouvelles images , vieilles questions " (2) et Philippe Quéau dans l'ouvrage déjà cité (28) se sont penchés sur le rôle très concret d'un certain type d'images : celles dont le référent est un objet réel , mais pas forcément visible (ou accessible à l'oeil humain) .

" Les scientifiques n'ont cessé de développer des moyens d'investigation qui prolongent les organes des sens . Des capteurs ouverts à l'ensemble du spectre électromagnétique (rayons X , thermographie ,...) à d'autres échelles de temps (stroboscopie , chambres à bulles , radio-téléscopes ,...) à d'autres échelles d'espace (microscopes , scanneurs , télédétection par satellite ,...) ont été développés . Des appareils de mesure , des instruments d'observation ont exploré des domaines étrangers aux modalités perceptives (champs magnétiques , ultrasons , hautes températures ,...). Dans tous les cas , il a fallu transcoder des images "primaires" en méta-images observables par l'homme . Ce furent là de véritables "nouvelles images" , reflets au second degré de la réalité à étudier (...) qui se donnait, au travers de phénomènes (...) indétectables.(..)(Donc) pour trouver une solution visuelle à une réalité qui ne l'est pas ." (2)

" Les satellites , comme les scanneurs , les rayons gamma comme les traceurs radioactifs (...) représentent à divers degrés des techniques de saisie du réel de plus en plus performantes, spécialisées, discriminantes. Avec l'informatique, la possibilité de stocker et gérer des quantités appréciables d'informations s'est développée parallèlement à toute une panoplie de techniques de questionnement du monde .(...)

Pour établir un lien entre la réalité observée et la mémoire de l'ordinateur , il suffit d'une "interface" capable de traduire en données numériques tel ou tel type d'information saisie par de nombreux capteurs développés pour les besoins de chaque application ."(28)

Pour reprendre une expression de Michaël Lynch (23), ce sont " les instruments , les inscriptions graphiques", qui sont devenus garants de l'identification , de la sélection et du transfert de l'information concernant la réalité qui nous environne . " Cartes , schémas , plans , matrices , graphiques , images de toute nature sont beaucoup plus que les outils serviles d'une science ou d'un art de la Présentation , ils sont des instruments privilégiés d'une mise en forme plus efficace du Réel."(28) Cette réalité , nous ne l'appréhendons que grâce à toute la chaîne opératoire qui va du capteur à l'écran de l'ordinateur et comme dit Bruno Latour (21) " Si les scientifiques regardaient la Terre , les économies , les organes ou les étoiles , ils ne verraient strictement rien (...) L'esprit du savant (...) ne regarde pas les étoiles , mais l'image en couleur artificielle que l'ordinateur a recomposée à partir de l'image optique (...) Ce n'est pas à l'oeil nu que l'on voit leur monde mais à l'oeil habillé ".

Enfin dit encore B. Latour , " Il faut donner aux phénomènes une forme qui soit telle que l'on puisse , en la retravaillant , gagner sur eux plus d'informations qu'on y a mis."(id.) (voir la référence au tableau de Mendeleïev en 1.3.2.) . C'est donc à partir d'images "retravaillées au deuxième degré(...)(que) d'autres choses sont découvertes , si bien que les représentations finissent par avoir tout le pouvoir."(21) Pour un chirurgien , seule l'image de l'organe malade , scannérisée et reconstituée en 3 D va lui permettre d'intervenir exactement là où il faut ; pour un hydrologue , seule une image de télédétection traitée en thermovision va lui permettre d'identifier des zones de ressources aquifères . Ces images sont le fruit d'un cheminement du réel au virtuel , mais , comme nous le verrons plus amplement avec la simulation,d'un retour possible au réel .