



**le koufi et les nouvelles technologies**

*Mastère spécialisé création en nouveaux medias*

*Ecole Nationale Supérieure de Création Industrielle*

*Septembre 2008*

*Parrain du projet : Alexandre Laumonier*

*Chada Halwani*

## introduction

*Nous sommes à une époque où les technologies numériques évoluent à grande vitesse, peut être même plus vite que la connaissance que nous avons de leur usage.*

*Les révolutions technologiques contemporaines dans le domaine de l'informatique théorique, donnent de nouvelles perception a l'art graphique contemporain. Aujourd'hui, grâce à la technologie numérique, les graphistes peuvent travailler sur des concepts de simulation graphiques dans des dispositifs numériques.*

## etude graphique // le koufi et les nouvelles technologies

### PROBLEMATIQUE

*Comment la calligraphie koufi geometrique peut trouver une nouvelle expression grace aux nouvelles technologies?*

## LA CALLIGRAPHIE DANS L'ART DÉCORATIF ORIENTAL

*Différent style dans la calligraphie arabe*

## LES CARACTÉRISTIQUES DU KOUFI GÉOMÉTRIQUE

*L'alphabet koufi géométrique*

*Koufi forme de codification*

*Base et Conditions (étude graphique )*

*>> Caractéristiques fonctionnelles*

*>> Caractéristiques techniques*

*>> Autre forme dans l'univers koufique*

## SIMULATIONS GRAPHIQUES

*Lecture graphique*

*>> Les mots croisés*

## SIMULATIONS INFORMATIQUES

*Lecture de l'image*

*>> Le code-barres 2d*

## SIMULATIONS AUTOMATE

*Qu'est-ce qu'un automate cellulaire?*

*Rapports graphique*

*Base et Conditions (étude graphique )*

*>> Caractéristiques fonctionnelles*

*>> Caractéristiques techniques*

## DES NOUVELLES EXPRESSIONS (SIMULATIONS KOUFIQUE)

## La calligraphie dans l'art décoratif oriental

Le mot *al-khatt* en arabe veut dire calligraphie, ligne, et sa racine indique en plus le sens du 'design'(graphisme), le mot comprend le sens de l'intention du dessin, de la préparation du produit final.

L'art de la calligraphie a toujours été considéré comme le plus noble des arts plastiques.

Souvent les dessins calligraphiques s'intègrent avec les dessins géométriques ou arabesques et créent des compositions complexes, difficiles à déchiffrer, et dont le but devient un exercice intellectuel.

La calligraphie ainsi s'intègre à l'image dans le même but d'abstraction du contexte. Les lettres mêmes deviennent des éléments constitutifs de la composition totale ou arabesque.

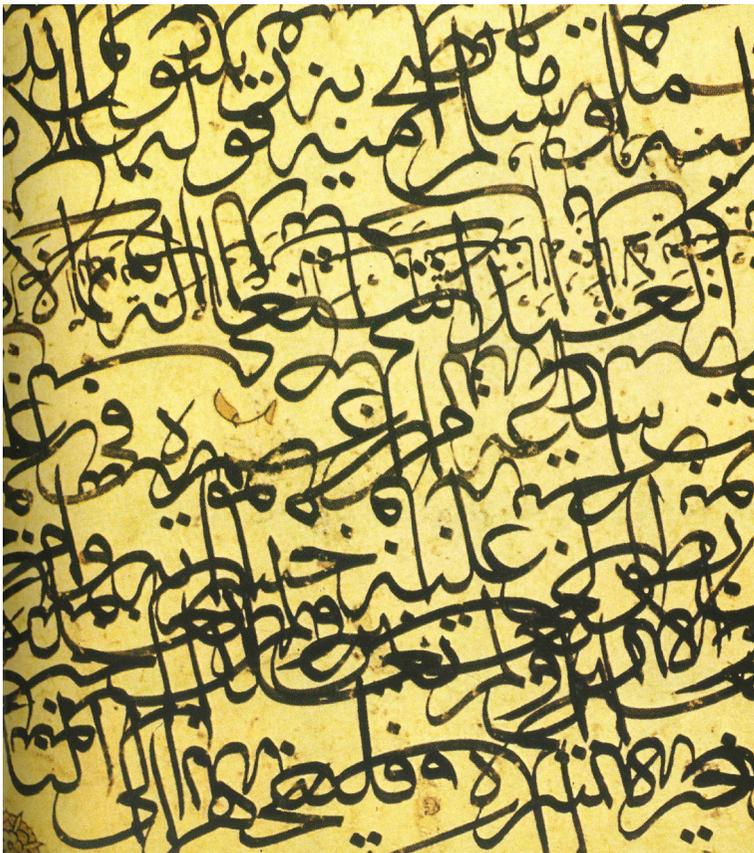
Les lettres, les mots, deviennent des formes plastiques, fortifiées d'une double fonction à la fois esthétique et littéraire.

La calligraphie arabe a existé donc avec deux objectifs bien différents qui expliquent sa complexité ou au contraire sa simplicité : elle sert à copier des textes dans le but d'une lecture facile ou bien elle devient source d'images complexes et décoratives.

## Les principaux styles

Deux formes d'écriture les plus anciennes :  
'Naskhi' cursive, souple et arrondie  
'Koufi' géométrique, rigide et anguleuse

Ces deux écritures ont donné naissance à de multiples styles très variés. Cette multiplicité a plusieurs raisons d'être: chaque peuple avait le désir de garder les textes coraniques dans leur écriture et leur style particulier. De plus, l'écriture s'est adaptée au type de support (dimension et matière). De plus, on inventait des styles spéciaux pour chaque usage (pour l'administration, ... )

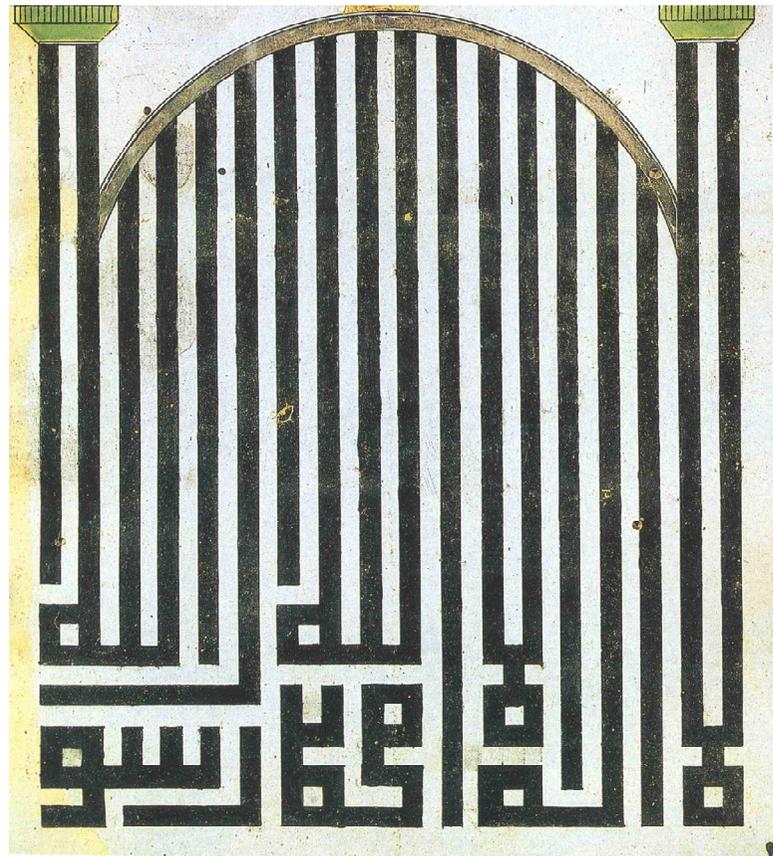


Page d'exercices  
calligraphie en thulth et naskhi par Hafiz Othman -Turquie , XVII siecle

Une centaine de styles sont répertoriés mais seuls quelques uns sont utilisés couramment.

Koufi: style anguleux et géométrique (forme carrée prononcée). Sert le plus souvent à transcrire des textes religieux sculptés dans la pierre. Style souvent utilisé dans la décoration architecturale.

Neskhi (ou Naskhi): écriture cursive, souple et arrondie, sans angle brusque. Style le plus utilisé dans les livres et les journaux.



Composition calligraphique de style Koufique en forme de mosquee sur panneau de bois. Turquie, XVII siecle.

## Les principaux styles

**Thuluth** (ou Thoulthi): style cursif et majestueux. Utilisé dans la décoration des monuments religieux. Farsi (ou Taliq): écriture cursive très élégante, originaire de Perse.

**Roqa** (ou Riqa): lettres courtes et ramassées. Le centre des boucles et des lettres est rempli. Aujourd'hui surtout utilisé pour les gros titres des journaux.

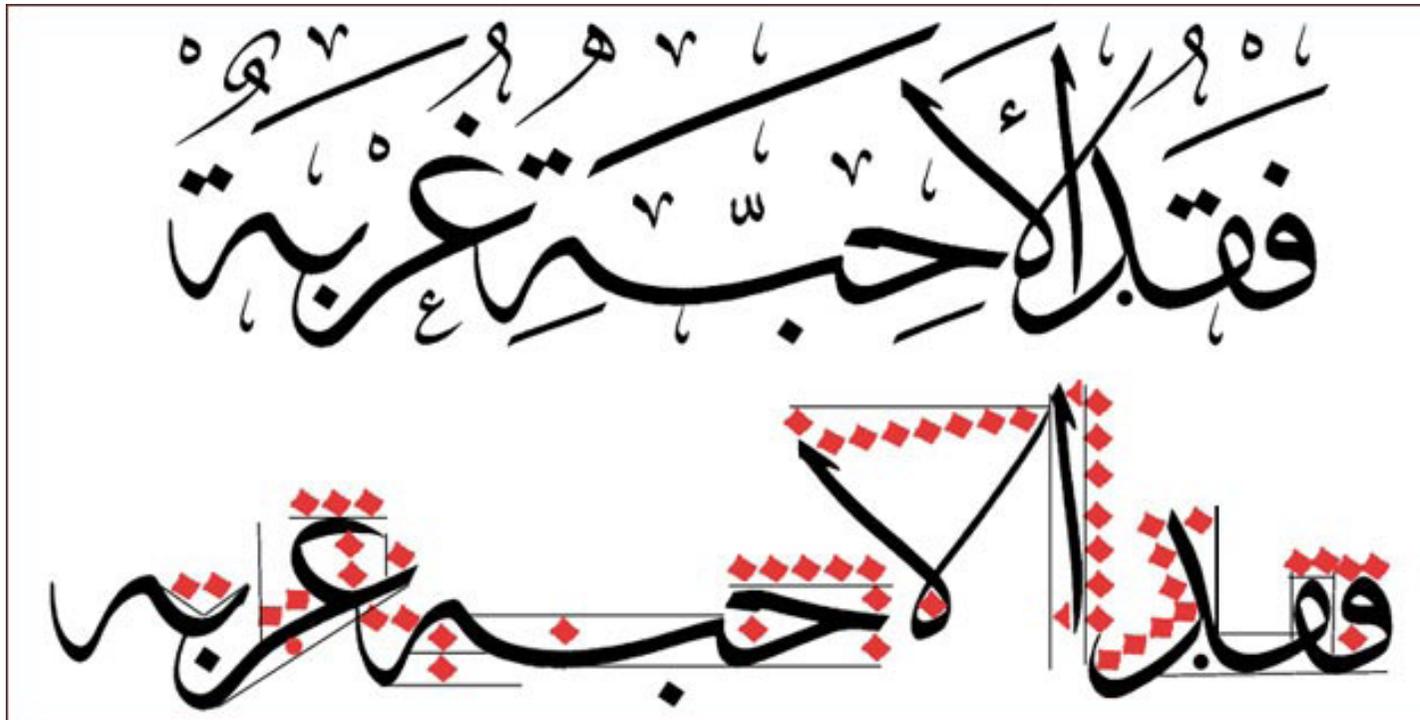
**Diwani** style lyrique, souple, utilisé pour l'ornementation des certificats et la poésie.

**Maghrebi** style dérivé du Koufi ancien

**Muhaqaqq** moins angulaire que le Koufi, avec des ligatures bien espacées.

**Rayhani** les fioritures des lettres se terminent en pointes aiguës et les signes diacritiques sont très fins.

**Tawqi** apparence lourde, lettres très arrondies.



Calligraphie cursive, mesures et proportions

## les caractéristiques du koufi géométrique

le koufi géométrique est caractérisée par une graphie originale fondée sur son angulosité et ses formes carrées prononcées.

le Koufi géométrique est l'une des écritures qui a une structure plus ou moins simple mais qui présente à l'artiste plusieurs variations de choix qui même a des résultats de plus en plus complexes.

L'alphabet arabe est composé de vingt-neuf lettres. La majorité des lettres changent légèrement la forme de leur caractère en fonction de leur position dans le mot (initiale, médiane ou finale) si elles sont jointes à une autre lettre, ou bien si elles sont isolées.

Au sens graphique, le point-mesure est l'unité de mesure de la lettre. Il détermine la physionomie des lettres. Le fait de juxtaposer un certain nombre de points (selon la méthode d'Ibn Moqla) permet de déterminer la graisse, la chasse, la hauteur et la profondeur de chaque lettre.

Dernière particularité de l'écriture arabe: elle s'écrit de droite à gauche.



*Kufi, Mardin (Photo - Serhan Güngör)  
calligraphie en koufie géométrique*

## les caractéristiques du koufi géométrique

Tableau de l'alphabet kufic 'carre' ou géométrique avec leurs équivalents alphabet (Naskhi) écriture cursive

Notez que beaucoup de caractères ont la même forme et peuvent être facilement confondu.

Arabe Cursive	Latin	Initiale	Medial	Final	Isoler	Variations
ا	A			ا	ا	ا
ث ت ب	B-T-TH	ث	ت	ب	ب	ث ت ب
خ ح ج	J-H-KH	خ	ح	ج	ج	خ ح ج
ذ	D-TH			ذ	ذ	ذ
ز ر	R-Z			ز	ر	ز ر
ش س	S-SH	ش	س	ش	س	ش س
ض ص	SAD-DH	ض	ص	ض	ص	ض ص
ظ ط	DTA-Z	ظ	ط	ظ	ط	ظ ط
غ ع	AIN-GH	غ	ع	غ	ع	غ ع
ف	F	ف	ف	ف	ف	ف
ق	Q	ق	ق	ق	ق	ق
ك	K	ك	ك	ك	ك	ك
ل	L	ل	ل	ل	ل	ل
م	M	م	م	م	م	م
ن	N	ن	ن	ن	ن	ن
ه	H	ه	ه	ه	ه	ه
و	O			و	و	و
لا	LA			لا	لا	لا
ي	E	ي	ي	ي	ي	ي

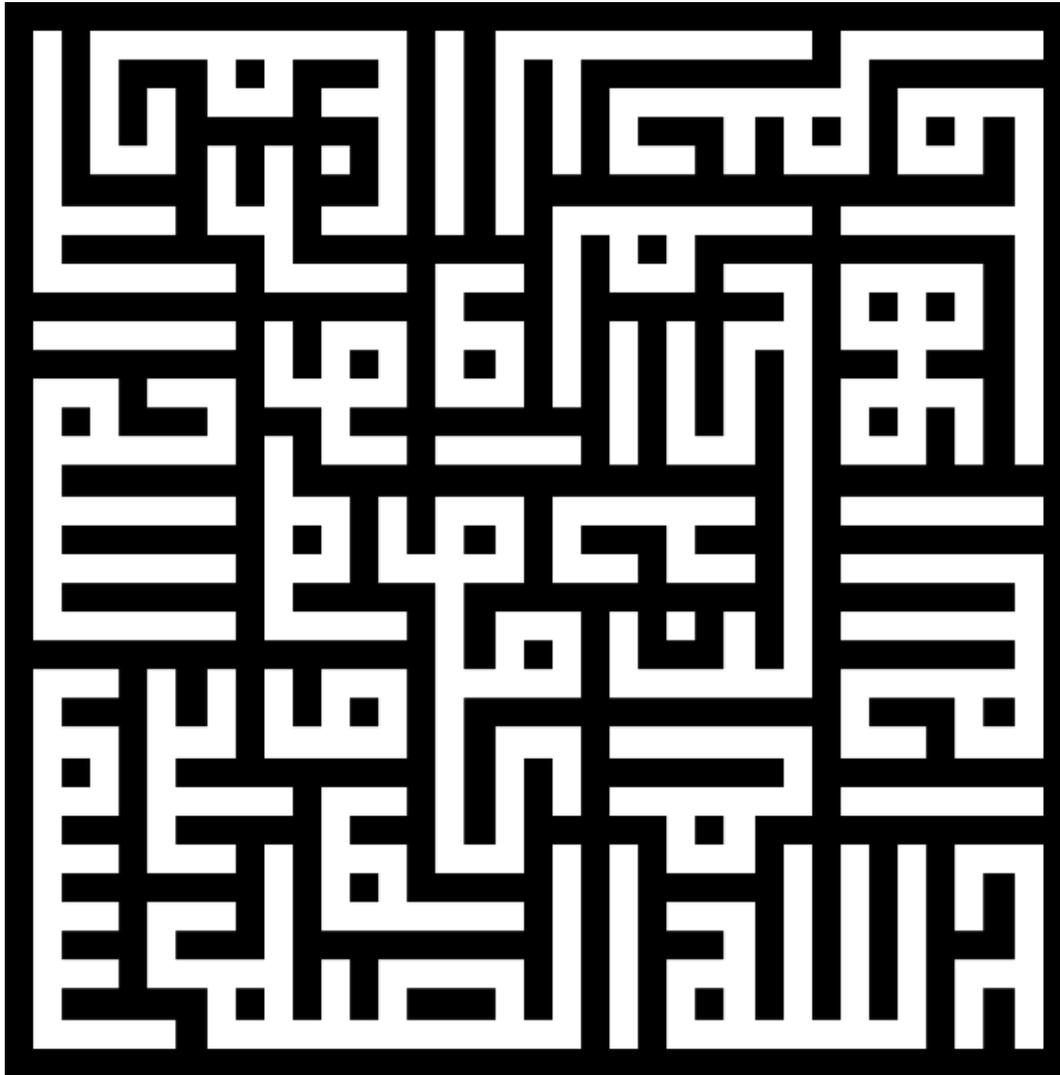
## Kufi et forme de codification

Les structures calligraphiques s'intègrent avec les structures géométriques ou arabesques et créent des compositions complexes, difficiles à déchiffrer.

Les lettres mêmes deviennent des éléments constitutifs de la composition totale ou arabesque.

Un parcours temporelle se définit dans le processus de la lecture, l'artiste dans son oeuvre, définit l'espace du travail désirer puis choisie le parcours de son écriture.

Ces formes d'écritures en labyrinthe se trouvent souvent dans la décoration architecturale.



## Base et conditions

Dans mon étude sur la calligraphie Kufi géométrique je traduis les concepts et les conditions de cette écriture avec des algorithmes définies. Des règles extrêmement simples permettaient de construire des structures très complexes.

### > > *Caractéristiques fonctionnelles*

- Le Kufi géométrique est souvent basé sur un module de base soit le carré.
- L'espace négatif doit être toujours égale à l'espace positif.
- L'allongement des 'carrés' est infini horizontalement et verticalement
- La valeur de chaque carré est toujours déterminée par la valeur de son voisin.
- Les dimensions d'un carré doivent être toujours unidimensionnelles (qui n'a qu'une dimension).

### >> *Caractéristiques techniques*

- Première étape \_ la grille ou le diagramme
- Deuxième étape \_ explique comment chaque unité (carré) régit ou se comporte par rapport à ses voisins.
- Troisième étape \_ possibilité d'allongement des carreaux ou lettres
- Quatrième étape \_ la formule temporelle dans la construction

### >> *Autre forme dans l'univers koufique*

## Base et condition (la grille ou le diagramme)

>> Caractéristiques techniques :

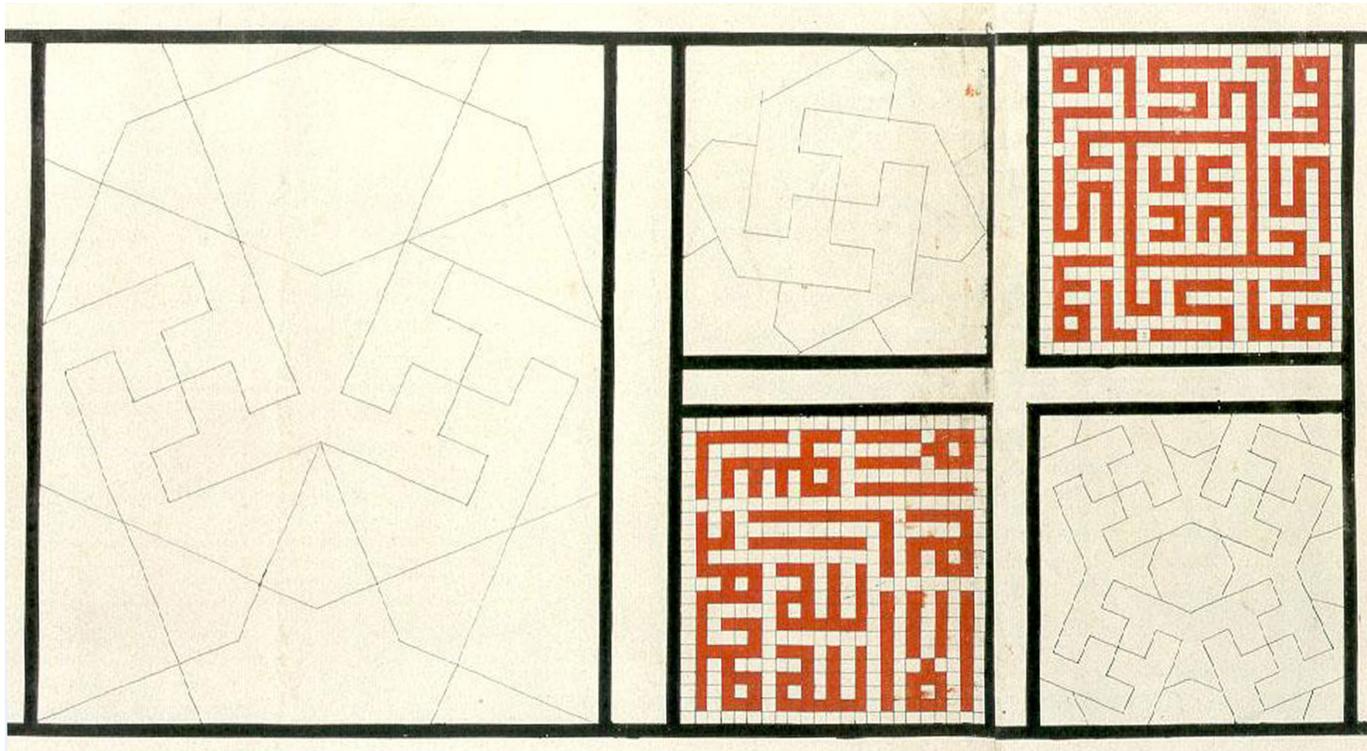
la fonction d'une grille ou diagramme est la base de toutes structure kufi, elle se présente en plusieurs modèles.

L'artiste choisit une grille qui lui convient au support choisie.

ces grilles peuvent avoir des mesures et angles d'inclinaison différents.

Ces grille forme des design géométrique complexe.

Voila quelque exemple Créé par des artistes Iranien du bas moyen âge.



Kufi, Calligraphe Iranien du bas moyen âge.

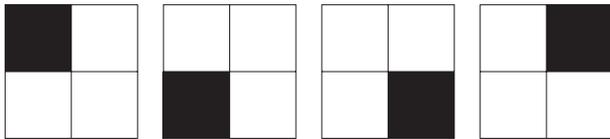
**Base et condition** (comment chaque unité(carré)  
régie ou se comporte par rapport a ses voisins)

>> Caractéristiques techniques

On prend un exemple de grillage constitue de quatre  
carrés avec deux valeurs possibles - noir / blanc.  
La valeur de chaque carré est toujours déterminée par la valeur  
de son "voisin",  
Un "voisin" est la possibilité d'existence d'un nouveau carré.

- a carré 4 valeurs
- b carré 12 valeurs
- c carré 10 valeurs

a



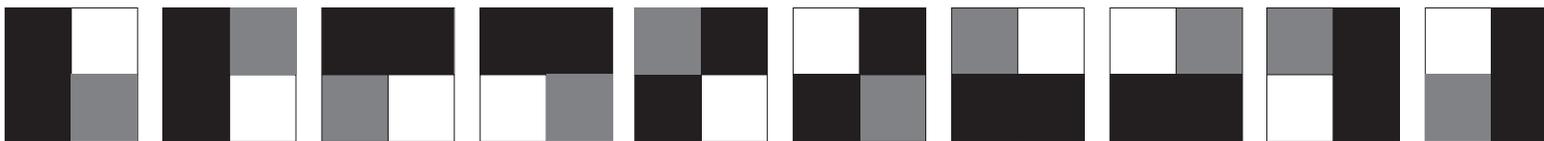
Grille 4/4 -- x1 = 1 carré  
X1 = 4 possibilités d'existence

b



Grille 4/4 -- naissance carré 2  
X2 = 12 possibilités d'existence

c

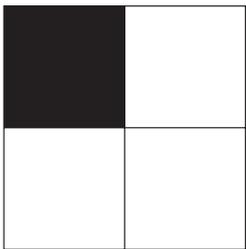


Grille 4/4 -- naissance carré 3  
X3 = 10 possibilités d'existence

**Base et condition** (*comment chaque unité(carré) régie ou se comporte par rapport a ses voisins*)

>> Caractéristiques techniques

Pour enfin traduire le langage d'équilibre visuel, la mesure de l'unité (carré) est **unidimensionnelle**. donc ne change pas de valeur. la même définition s'applique pour les unité invisible.



Grille 4/4  
vrai



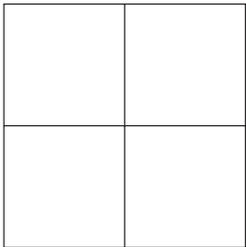
Grille 4/4  
vrai



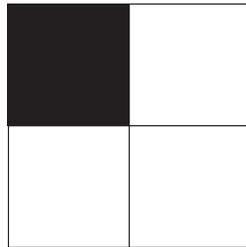
Grille 4/4  
vrai



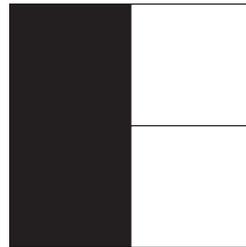
Grille 4/4  
FAUX



Grille 4/4  
FAUX



Grille 4/4  
vrai



Grille 4/4  
vrai



Grille 4/4  
FAUX

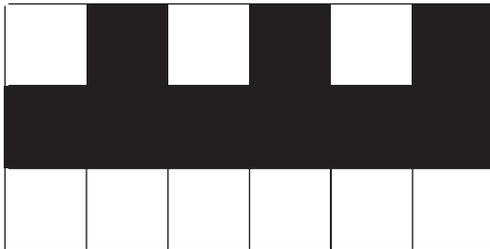
## Base et condition (*allongement des carreaux*)

### >> Caractéristiques techniques

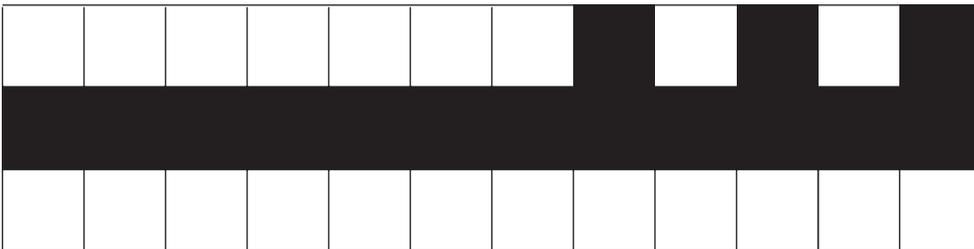
l'artiste est face a plusieurs choix visuels a chaque moment pour enfin arriver a des solutions diverses et complexes.

le carré étant la forme basique d'une lettre, a la possibilité d'allongement des carreaux horizontalement ou verticalement infinies.

l'allogement des lettres été surtout utiliser dans les espaces architecturaux.



lettre S au début  
de la phrase  
forme basique



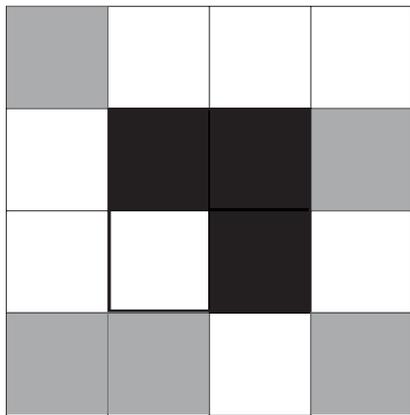
lettre S au début  
de la phrase forme allongée

## Base et condition (la formule temporelle dans la construction)

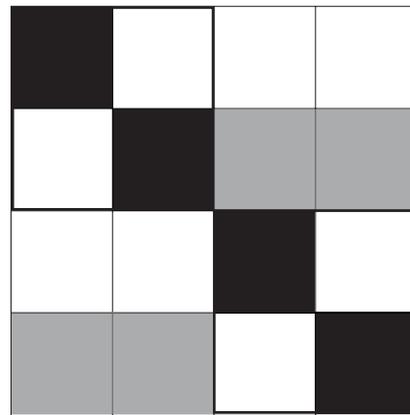
>> Caractéristiques techniques :

Après avoir déterminé les mesures d'une grille l'artiste commence à composer différentes formes modulaires. Les rapports entre chaque module doivent respecter la logique du kufi (la valeur de chaque carré est unidimensionnelle).

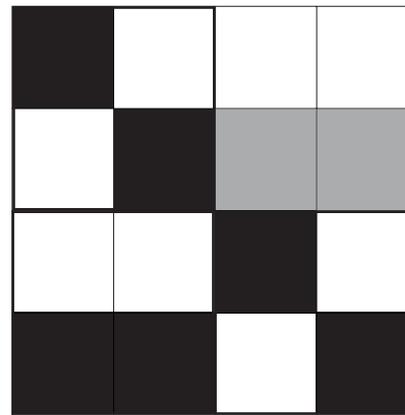
Un module, peut contenir plusieurs modèles, cette formule contient un aspect temporel dans la construction, 'des générations en progression'.



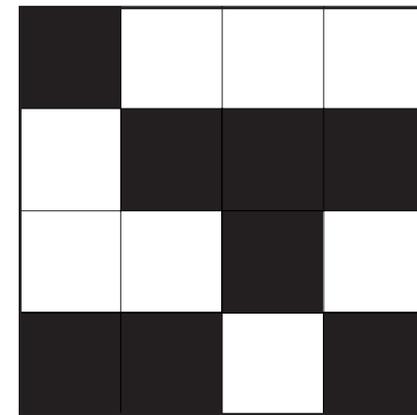
Module = 1  
Echelle 2\*2



2 Modules  
Echelle 2\*2



3 Modules  
Echelle 2\*2



Module 1  
Echelle 4\*4

## Autre forme dans l'univers koufique

### >> Caractéristiques techniques

Dans ces exemples on explore plusieurs possibilités d'écritures koufi géométrique toujours basé sur l'unité qui est le carrée.

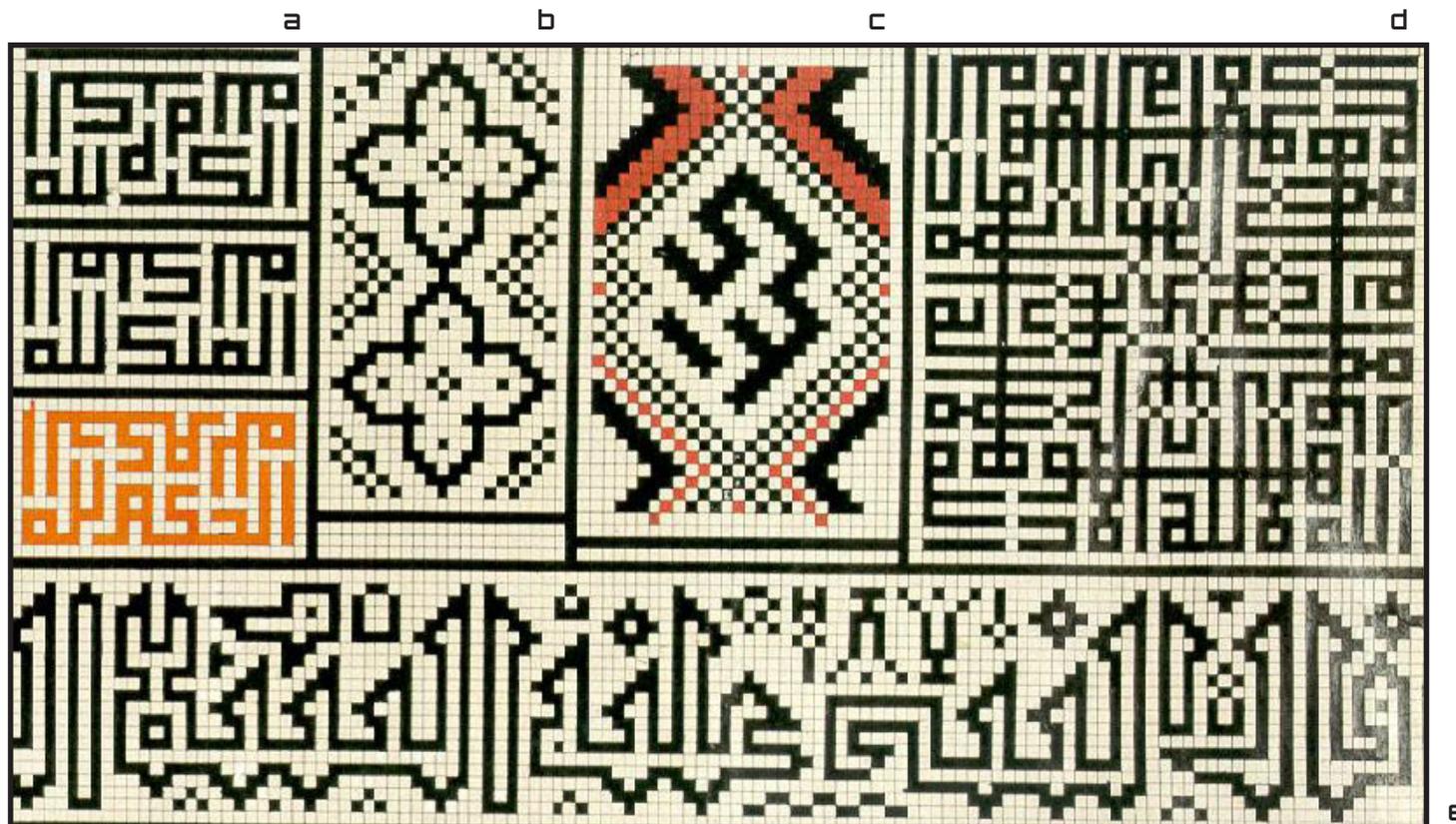
case **a** koufi, lecture horizontale et verticale

case **b** ornementation

case **c** ornementation contenant un mot au centre en koufi

case **d** koufi, lecture horizontale et verticale

case **e** koufi, lecture verticale

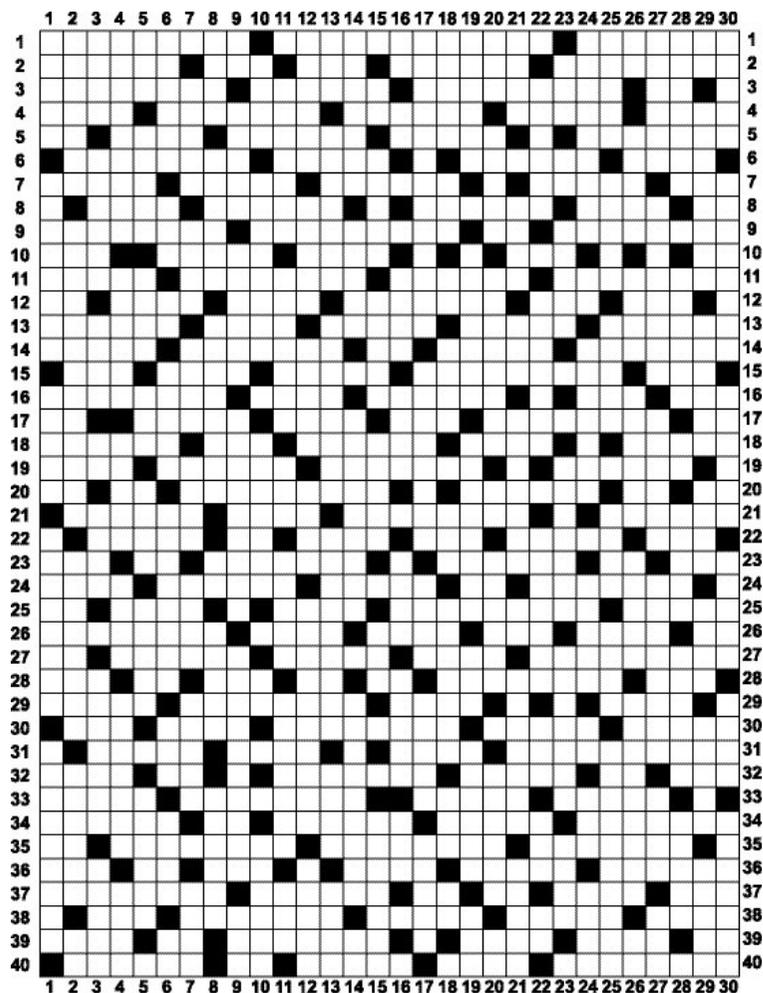


## Simulations Graphique

l'écriture koufi est le style préféré par des artistes qui date du IXe siècle, et qui donne des références graphiques. Une lecture horizontale, verticale ou en plusieurs sens qui se connectent, nécessite deux formes de langage diverses:

Un langage linguistique et graphique.

L'exemple du jeu **Mots croisés** révèle les deux systèmes: linguistique et graphique.



Mots croisés un jeu de lettres Son but est de retrouver tous les mots d'une grille grâce aux définitions données en annexe. Des définitions sont données pour toutes les lignes (mots horizontaux) et toutes les colonnes (mots écrits verticalement) de la grille : ainsi les mots de ces deux directions s'entrecroisent, d'où le nom de mots croisés.

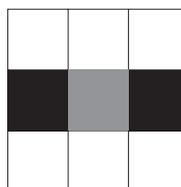
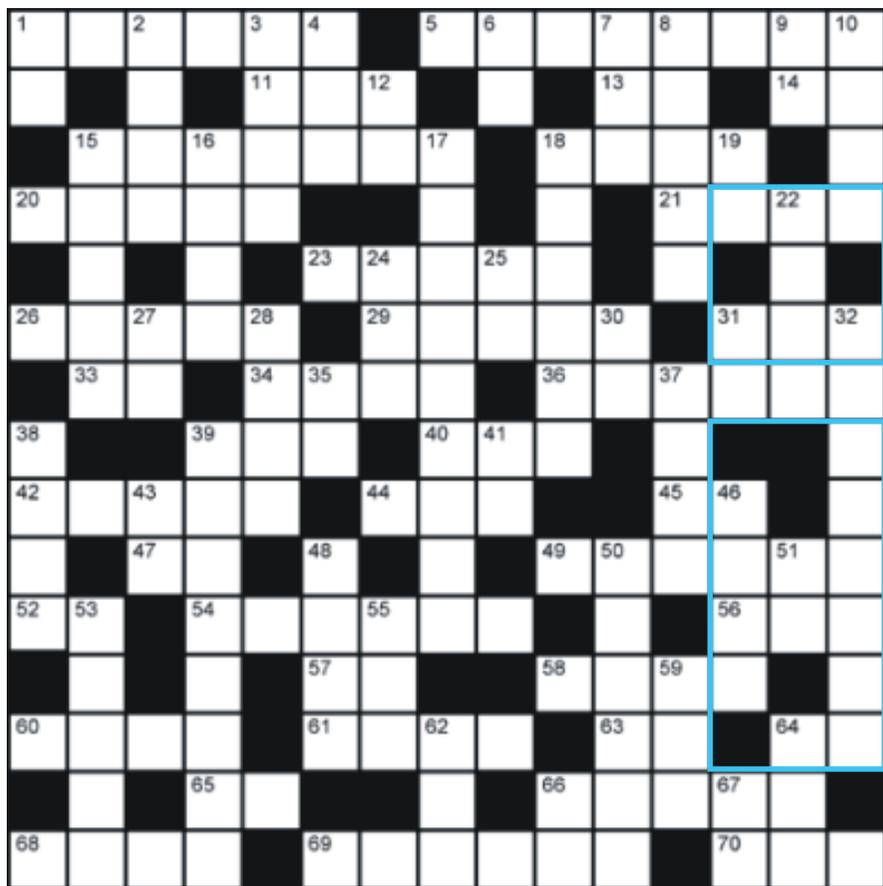
*"On pourrait croire que le seul problème des mots croisés est de trouver des mots à partir d'une définition. Il m'a paru intéressant de réfléchir aux stratégies mises en oeuvre dans la résolution de ce problème."* André MOUREY

## Simulations Graphique

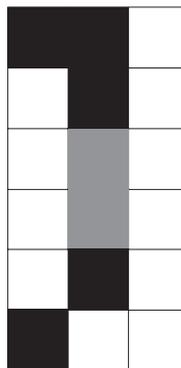
le jeu des Mots croisés est toujours définie par une grille de forme rectangulaire ou carrée, la grille est composée de cases blanches et de cases noires.

Les cases noires servent de séparateurs, c'est-à-dire qu'à toute *série* de cases blanches contiguës comprises entre deux cases noires et situées, soit sur une même ligne, soit sur une même colonne, correspond à un mot qu'il faut trouver.

La lecture dans ce jeu est une lecture horizontale et vertical.



Une lettre



Un mot

## Simulations Informatiques *(lecture de l'image)*

Les caractéristiques de la calligraphie kufi géométrique se rapproche étrangement de nos recherches graphiques contemporaines.

Le kufi est une image 2D qui s'adapte aux changements de taille, de position, de contraste, de valeur égale et d'une formule temporelle dans la construction.

Plusieurs recherches contemporaines utilisent le langage de contraste de couleurs, la position (dans une grille), les valeurs déterminées (espace négatif-positif) et les possibilités diverses d'existence.

En se penchant plus sur quelques exemples pour une simulation informatique et en même temps visuelle, un nouveaux langage de "codage" s'approche de mes données technique du kufi géométrique.

## Simulations Graphique (*langage graphique*)

Le Datamatrix, est un code à barres 2D, nécessite une technologie de lecture par caméra.

Cette spécificité impose des contraintes dans sa mise en œuvre mais offre également des opportunités telles que la lecture à l'aide de téléphones portables.

Le Data Matrix présente généralement la structure suivante.

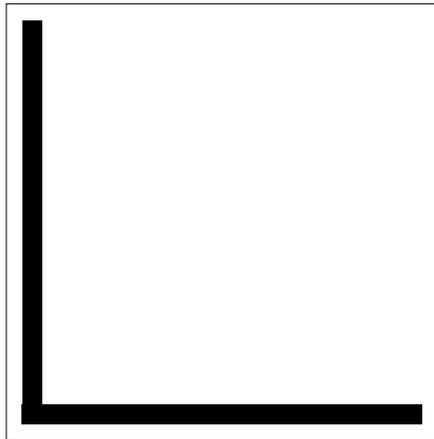
Les cases noires servent de séparateurs, c'est-à-dire que toute série de cases blanches contiguës comprises entre deux cases noires et situées, soit sur une même ligne, soit sur une même colonne, correspond à un mot qu'il faut trouver.

la lecture dans ce jeu est une lecture horizontal et vertical.

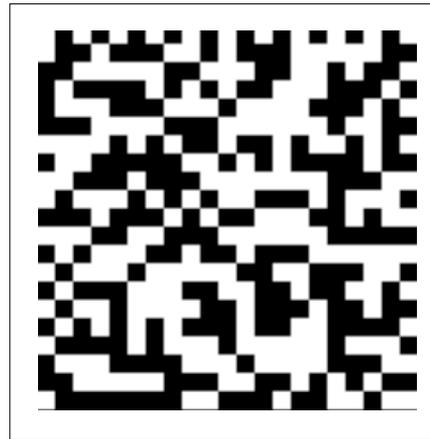
Datamatrix, code à barres 2D



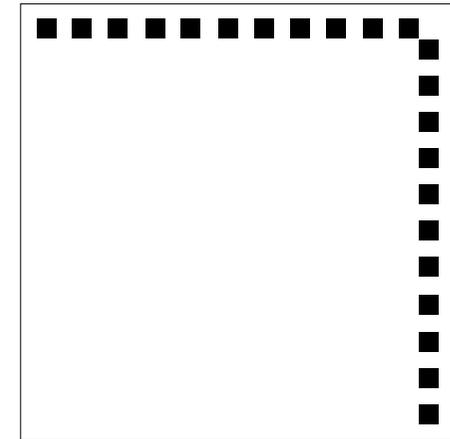
Lignes solides utilisées pour des informations sur la localisation



Donnee de base



Cellule presente l'information de la taille du code



## Simulations Graphique (*langage graphique*)

Les caractéristiques des codes 2D sont définies à l'avance (type de code, nombre de bits etc).

Ils s'adaptent aux changements d'aspect, de taille, de position, de contraste, et également de qualité.



*version d'un QR Code symbole qui contient les 250 premiers caractères*

## Simulations informatiques (simulations automates)

Le koufi s'approprie a un système de calcule algorithmique qui est un moyen pour présenter la résolution par calcul.

Chaque cellules ou chaque carré du koufi a un comportement variable qui réagi selon son positionnement dans une grille.

Un carré variable se traduit dans le langage informatique comme carré ou cellule contenant un « état ».

Dans le koufi un carré nécessite un autre carré, c'est une composition constructive suite au rapport temporel qui existe dans l'évolution artistique.

L'analyse du kufi est basé sur des règles mathématique extrêmement simples permettant de construire des structures très complexes.

Quesqu'un Un automate cellulaire?

Quelle sont les rapports mathématiques qui traduisent des nouvelles expressions a l'art koufique?

Base et condition

- > > Caractéristiques Fonctionnelles
- > > Caractéristiques techniques
  - >Le jeu de la vie (Game of Life)

## Simulations informatiques (*simulations automates*)

C'est en s'intéressant à l'évolution de constructions graphiques engendrées à partir de règles simples que le mathématicien Stanislas Ulam donne naissance aux automates cellulaires.

### > > Caractéristiques Fonctionnelles

- > Les automates cellulaires ont comme support une matrice de cellules de dimension 1, 2, 3 ou plus. Ces « cellules » contenant chacune un « état » consiste en une grille régulière.
- > Un automate évolue en génération ou "pas de temps". Ces changements d'état successifs font de lui un système dynamique.
- > A chaque nouvelle génération, l'état de chaque cellule est redéfini en fonction de ses deux voisines à la génération précédente. Le nouvel état de chaque cellule est déterminé à partir de sa position spatiale dans l'univers de l'automate.
- > Toutes les cellules de l'automate utilisent les mêmes règles de transition pour déterminer leur état.

Pour mieux matérialiser et comprendre ce que sont les automates cellulaires l'exemple du 'Jeu de la vie' n'est qu'un type d'automate cellulaire parmi une infinité.

## Simulations informatique (simulations automate)

### >> Caractéristiques techniques\_Le jeu de la vie

Le jeu de la vie, automate cellulaire imaginé par John Horton Conway en 1970, est le plus connu de tous les automates cellulaires. Malgré des règles très simples, le jeu de la vie permet le développement de motifs extrêmement complexes.

**Le jeu de la vie** s'agit d'un automate cellulaire, un modèle où chaque état conduit mécaniquement à l'état suivant à partir de règles pré-établies.

L'automate cellulaire qui porte le nom de jeu de la vie est en réalité basé sur des règles très simples..

-Règles et condition: (reference [\\_//wikipedia.fr](http://wikipedia.fr)\_Livre: *Processing//Cassy Reas-Ben Frey*)

Le jeu se déroule sur une grille à deux dimensions ou on a plusieurs cellules, réparties aléatoirement.

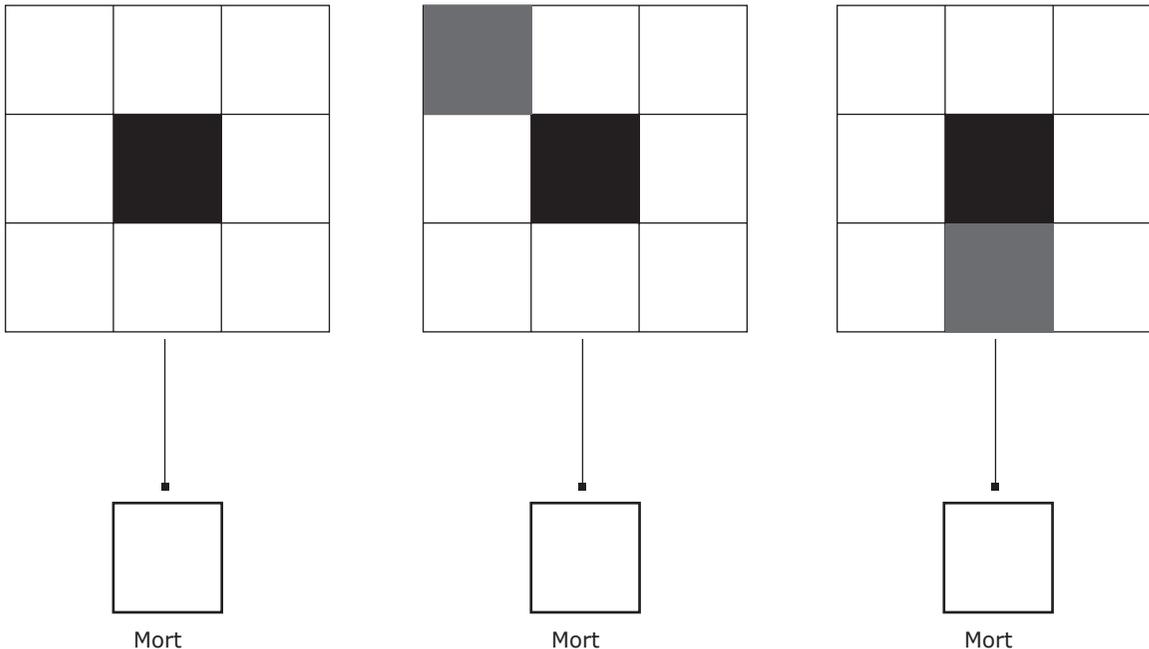
À chaque *génération*, les cellules vont survivre, naître ou disparaître en fonction de la présence ou de l'absence de cellules dans les cases voisines.

## Simulations informatique (*simulations automate*)

### >> Caractéristiques techniques\_Le jeu de la vie\_Règle

l'évolution d'une cellule est entièrement déterminée par l'état de ses huit voisines. À chaque *génération*, les cellules vont SURVIVRE, NAÎTRE ou MOURIRE en fonction de la présence ou de l'absence de cellules dans les cases voisines.

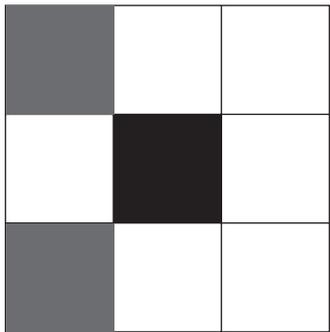
> Si une cellule est seule ou avec seulement une voisine (dans les 8 directions possibles), elle meurt.



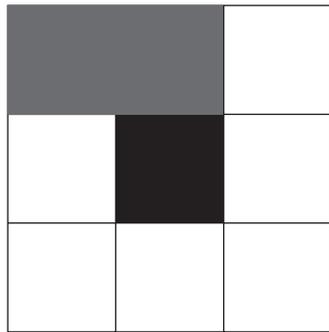
## Simulations informatique (simulations automate)

### >> Caractéristiques techniques\_Le jeu de la vie

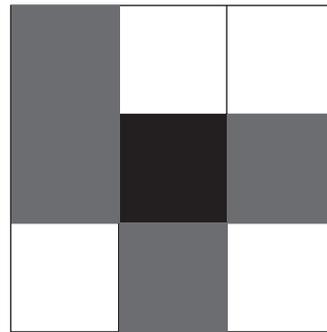
- > Si une cellule a 2 ou 3 voisines, elle survit.
- > Si une cellule a plus de 3 voisines, elle meurt à cause de la surpopulation.



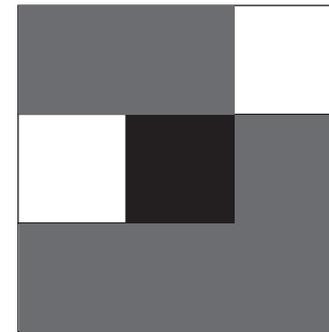
Survie



Survie



Mort



Mort

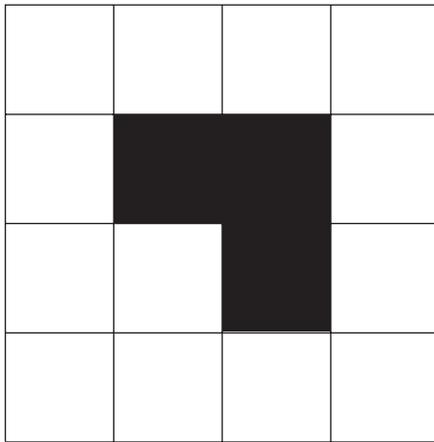
## Simulations informatique (*simulations automate*)

>> Caractéristiques techniques\_Le jeu de la vie\_Motifs

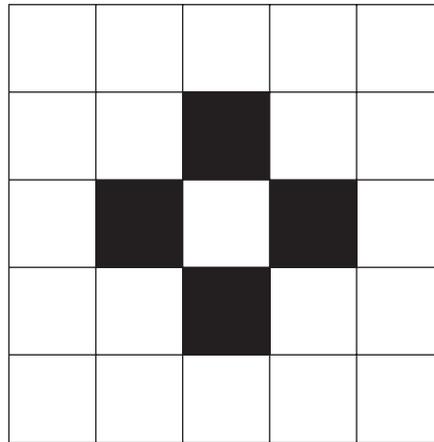
Des structures, constituées de plusieurs cellules, peuvent apparaître dans l'univers (les plus classiques) sont:

- \* Les structures stables (*Stable configurations*)
- \* Les structures périodiques, ou oscillateurs (*Periodic configurations*)
- \* Les vaisseaux (*Moving object*)

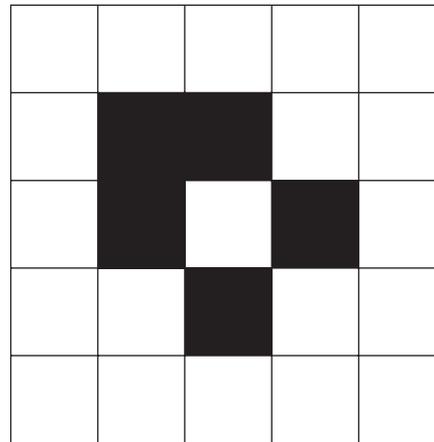
> STRUCTURE STABLE,  
sont des ensembles de cellules ayant stoppé toute évolution:  
une cellule ne naît plus, ni aucune ne meurt. Sauf si elles sont perturbées par des voisines.



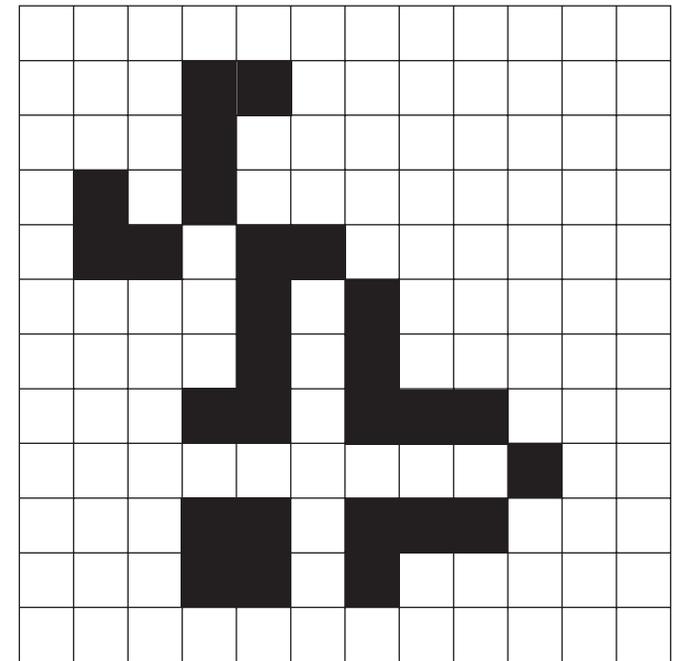
\_La plus petite structure stable  
avec 4 cellules



\_Structure stable  
avec 4 cellules



\_Structure stable  
avec 4 cellules

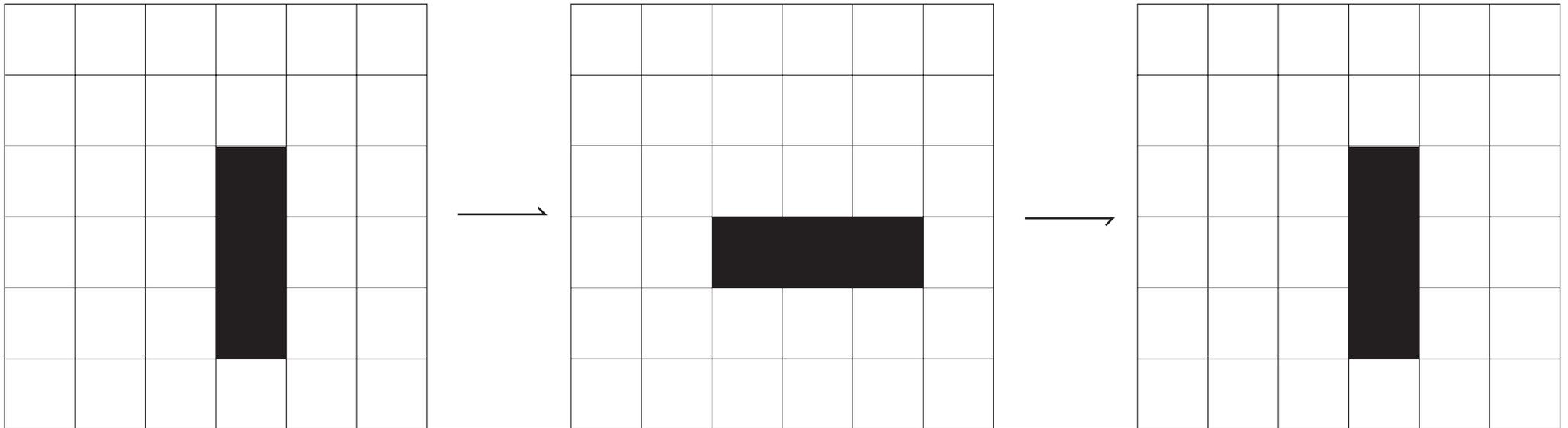


Une structure stable  
de 27 cellules

## Simulations informatique (simulations automate)

>> Caractéristiques techniques\_Le jeu de la vie\_Motifs

> STRUCTURES PÉRIODIQUES,  
se transforment de manière cyclique, en revêtant plusieurs  
formes différentes avant de retrouver leur état initial.



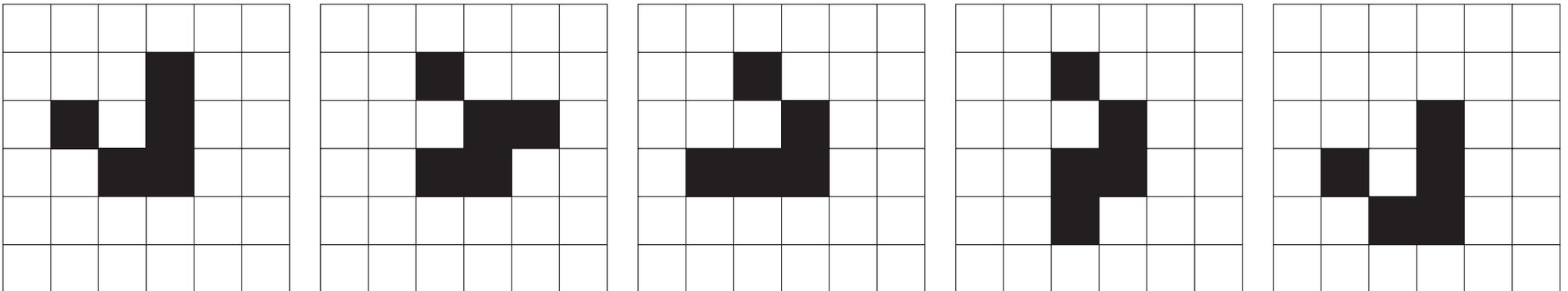
## Simulations informatique (*simulations automate*)

>> Caractéristiques techniques\_Le jeu de la vie\_Motifs

### >VAISSEAUX

sont des structures capables, après un certain nombre de *générations*, de produire une copie d'elles-mêmes, mais décalée dans l'univers du jeu.

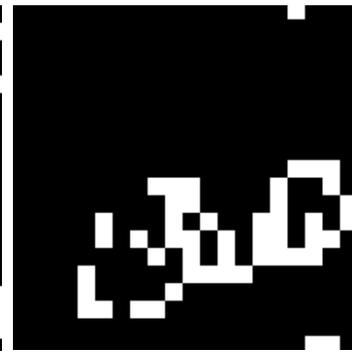
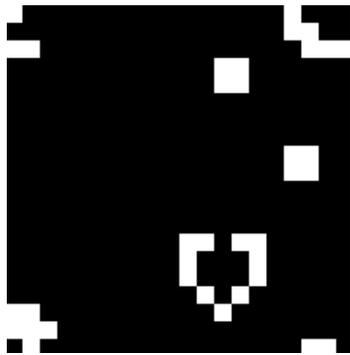
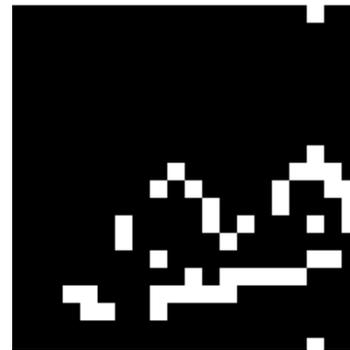
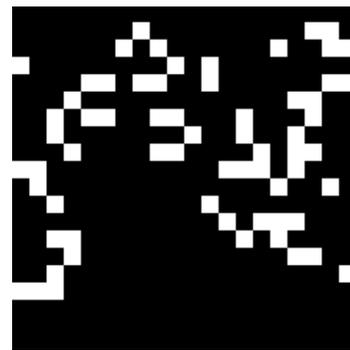
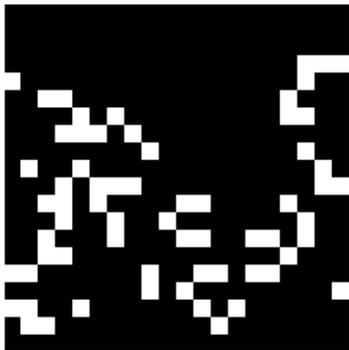
On constate bien que la dernière configuration est la même que la première, mais décalée d'un pixel vers le haut et la droite.



## Simulations informatique (simulations automate)

Vous l'aurez compris, le Jeu de la Vie n'est pas vraiment un jeu, il consiste simplement à choisir la configuration de départ et à observer.

Il n'est qu'un type d'automate cellulaire parmi une infinité. Il est en effet possible de jouer sur l'ensemble des règles qui régissent l'univers de l'automate cellulaire.



## Des nouvelles expressions (simulations Koufique)

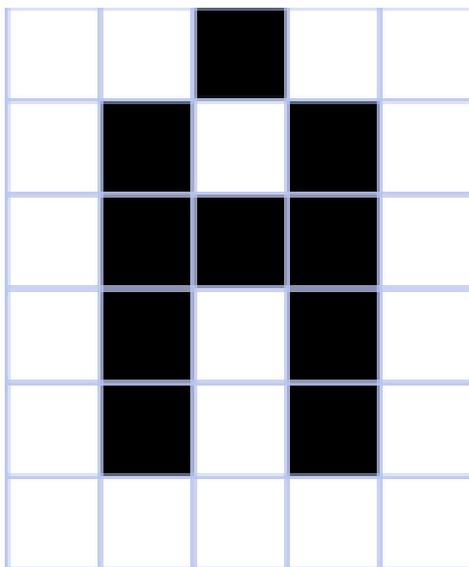
Ce rapprochement entre un langage informatique et un graphe d'écriture complexe, forme une compréhension graphique entre les deux aspects, automate cellulaire et écriture koufique. D'après quelques recherches techniques sur les bases principales d'une simulation koufique, voici quelques définitions primaires de la transition de l'écriture koufique au langage de l'ordinateur.

Toute image (dessin, icône, photographie ...) acquise, créée, traitée ou stockée sous forme binaire (suite de 0 et de 1) est appelée une image numérique.

L'unité de mesure ou la base d'une image numérique de deux dimensions est le Pixel.

Ainsi le pixel est mon unité de mesure qui est d'habitude en forme rectangulaire, approximativement carré, (La dimension peut être changée en réglant l'écran ou la carte graphique)

D'après les positions horizontales et verticales de l'écran je détermine la posX et posY sur l'écran.



les axes de l'image sont orientés de la façon suivante :

- \* L'axe X est orienté de gauche à droite.
- \* L'axe Y est orienté de haut en bas, contrairement aux notations conventionnelles en mathématiques, où l'axe Y est orienté vers le haut.

## Des nouvelles expressions (simulations Koufique)

Pour représenter en informatique une image, il suffit donc de créer un tableau de pixels dont chaque case contient une valeur. L'intensité du pixel, est de Un bit (c'est à dire 0 ou 1, noir ou blanc).

Sachant que dans le koufi le carré (module) est déterminé comme une unité progressive, une unité de temps qui correspond a une séquence, le 'carré' devient une image qui contient toutes les informations nécessaires à son affichage: Une image-clé.

Contexte	Valeurs	
Numerique	0	1
Logic	non/faux	oui/vari
Espace	bas	haut
Optique	noir	blanc

## Des nouvelles expressions (*simulations Koufique*)

Enfin j'assimile la notion des génération progressive (le temps en progression) aux parcours du choix du calligraphe.  
ces transformations cycliques, égales en valeurs (noir/blanc) donnent des résultats plus ou moins variable.

Étant basé sur l'aléatoire, les résultat deviennent de plus intéressants et imprévisibles.

reference //

**Arabesque** "une arabesque est décrite comme une organisation plus ou moins complexe de figures géométriques, d'éléments stylisés inspirés du monde végétal et moins souvent du monde animal."

**Une image-clé** est une image qui contient toutes les informations nécessaires à son affichage. C'est une image complète qui va servir de référence pour la reconstruction des images partielles de la séquence.

**Simulation informatique** "les interfaces graphiques permettent la visualisation des résultats des calculs par des images de synthèse."

**Un automate** "est un dispositif se comportant de manière automatique, c'est-à-dire sans intervention d'un humain. Ce comportement peut être figé, le système fera toujours la même chose, ou bien il peut s'adapter à son environnement."

**Un automate cellulaire** "consiste en une grille régulière de « cellules » contenant chacune un « état » choisi parmi un ensemble fini et qui peut évoluer au cours du temps... Étudiés en mathématiques et en informatique théorique, les automates cellulaires sont à la fois un modèle de système dynamique discret et un modèle de calcul."

**Un algorithme** "est un moyen pour un humain de présenter la résolution par calcul d'un problème à une autre personne physique (un autre humain) ou virtuelle (un ordinateur). En effet, un algorithme est un énoncé dans un langage bien défini d'une suite d'opérations permettant de résoudre par calcul un problème."

### **generation<sup>3</sup>**

chaque cellule examine son environnement et détermine son état futur.

reference / site web

**Calligraphy Arabe**

<http://www.ee.bilkent.edu.tr/~history/geometry.html>

<http://www.mi.sanu.ac.yu/vismath/sarhangi/index.html>

**Automates cellulaires**

[http://www.limsi.fr/~jps/enseignement/examsma/2003/ISRAEL\\_GAUCHOU/autocell.html](http://www.limsi.fr/~jps/enseignement/examsma/2003/ISRAEL_GAUCHOU/autocell.html)

<http://www.dartmouth.edu/~matc/math5.pattern/FinalProject/Hoke.html>

**Mots croisés**

<https://www.calico.org/p-182-Crossword.html>

**Le Jeu de la vie**

<http://www.univ-lemans.fr/enseignements/physique/02/divers/conway.html>

<http://lslwww.epfl.ch/biowall/VersionF/ApplicationsF/LifeF.html>

reference / livre

**Automates cellulaires**

Processing

*A programming handbook for visual designers and artists/Casey Reas- Ben Fry*

**Calligraphy arabe**

Islam et Art

*Loi Lamya'al-Faruqi*

*Les ouvriers du signe/ Valere-Marie Marchand*

*Le Maroc et L'artisanat traditionnel islamique dans l'architecture*

**Generale**

*Arts des nouveaux media / Mark Tribe- Rena Jana/ Taschen*

*Partternes In Design Art and Architecture Schmidt/Tietemberg/Wollhein*

*Arts visuelle & Architecture*

*Jac Fol*