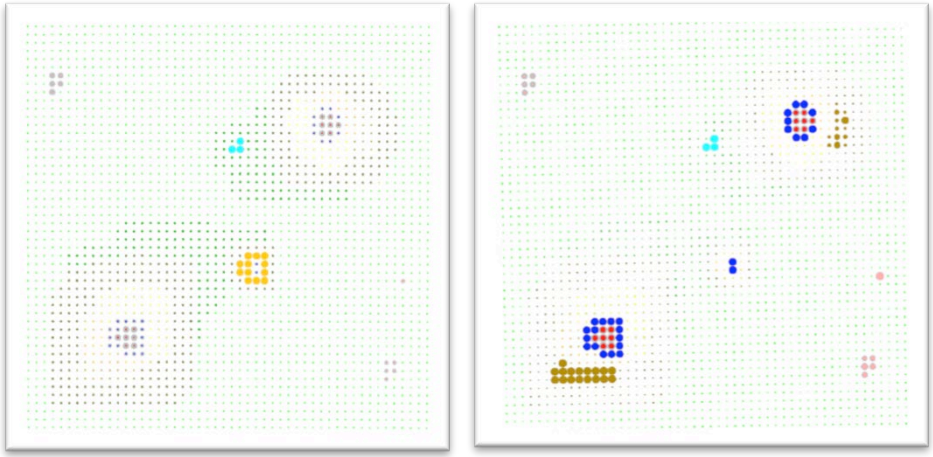


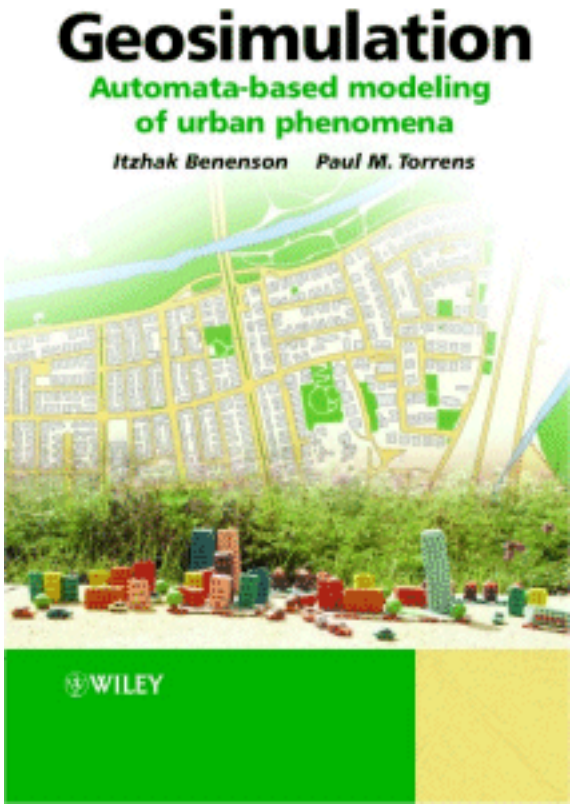
SE-12

Etude de phénomènes spatiaux : modèles basés-agents

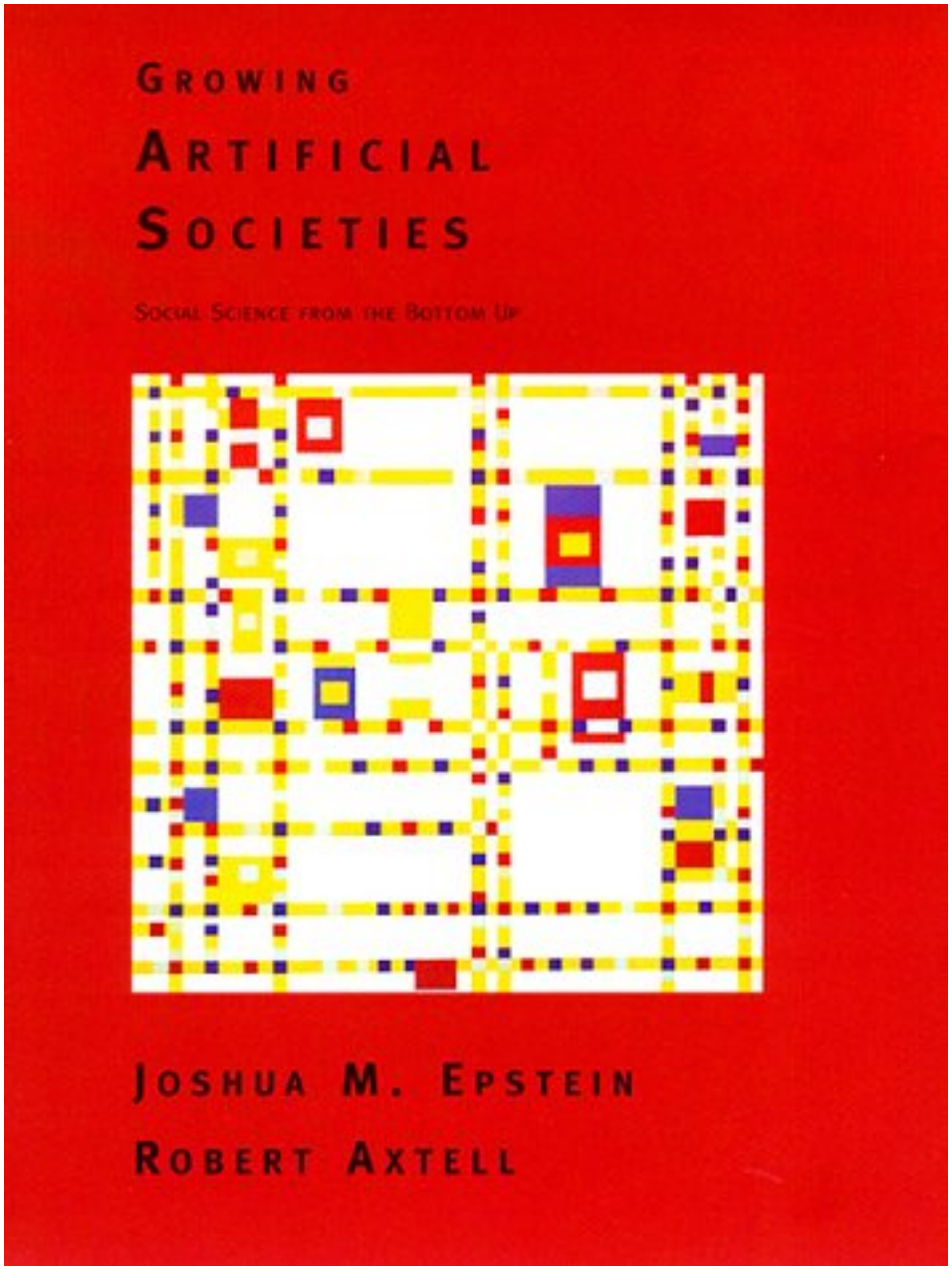
15 avril 2014

Thomas Favre-Bulle (ALICE)

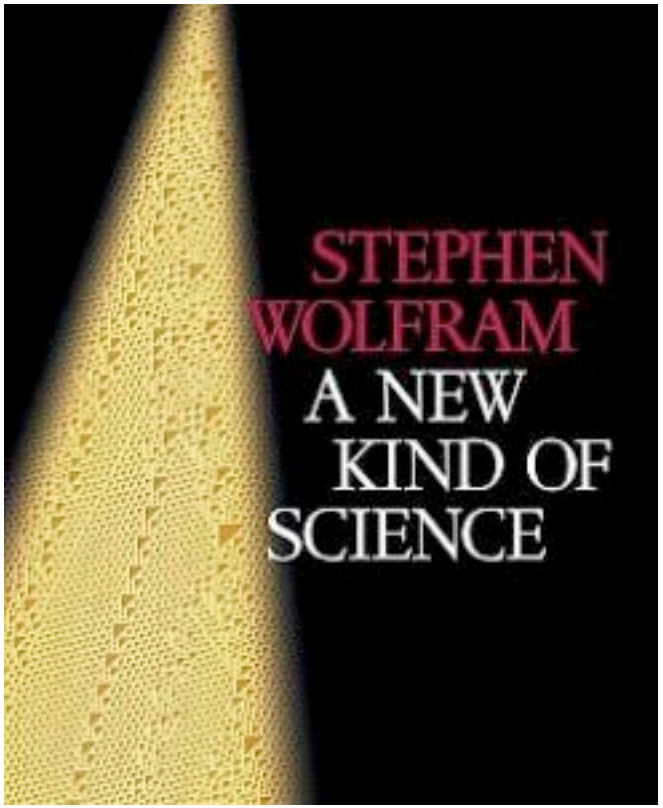
André Ourednik (Chôros)



Benenson, I., & Torrens, P. (2004). Geosimulation: Automata-based modeling of urban phenomena. Wiley.



Epstein, J. M. (1996). Growing Artificial Societies: Social Science from the Bottom Up. Brookings Institution Press.



Wolfram, S. (2002). *A new kind of science*. Wolfram media Champaign.

OBJECTIFS ET ORGANISATION DU COURS

Objectifs

- Identifier les éléments d'un phénomène socio-spatial formalisable sous la forme d'agents en interaction dans le temps
- Evaluer la pertinence d'une telle formalisation
- Concevoir un modèle basé-agents simple
- Décrire un modèle par un schéma normalisé (UML)
- Déterminer les conditions de validation d'un modèle
- Implémenter ce modèle dans un langage de programmation simple (Netlogo)
- Exposer leur démarche de manière claire, concise, avec un vocabulaire précis

Contenu

- Enseignement épistémologique,:
  - Pertinence et les limites des modèles basés-agents dans une démarche scientifique, et dans une démarche de projet.
  - Différences avec d'autres modèles.
  - Exemples avec lesquels les étudiants pourront interagir pratiquement sur leur ordinateur personnel.

- Enseignement technique:
  - Travail de projet sur la plateforme de modélisation Netlogo.
  - Introduction aux concepts et compétences de base permettant de coder un modèle basé-agents, de lancer des simulations, d'en extraire des données statistiques ou cartographiques et de les analyser.
  - Transférable: une première experience de la programmation.
  - Transférable: utiliser une plateforme de gestion de versions pour collaborer.

Évaluation

- L'évaluation des projets est collective, corrigée individuellement dans la limite de plus ou moins 1 point en fonction de vos contributions et participations en cours ou sur GitHub.
- Critères:
  - Modèle: 3pts
  - Argument scientifique (présentation jury et rapport final): 3pts
  - Participation individuelle: +- 1pt

Forme du rendu

- Modèle fonctionnel
  - Présentation au jury du vendredi 2 mai 14h15-18h00
  - Rendu sur GitHub
- Argument scientifique
  - Présentation au jury du vendredi 2 mai 14h15-18h00
  - Page internet à créer sur GitHub pour le lundi 12 mai:
    - Résumé
    - Rapport détaillé
  - Structure:
    1. Introduction / intérêt de la recherche
    2. Objectifs et hypothèses
    3. Méthodes et procédures
    4. Résultats
    5. Discussion et conclusion

Forme d'enseignement

- Deux formes entrelacées au long de la semaine:
  - Enseignement théorique
  - Projet de modèle d'un phénomène socio-spatial
    - Assisté des enseignants et assistants.
    - Groupes mixtes: SIE, GC, AR
- Evaluation:
  - Travail en groupe
  - Présentation du modèle
- Travail valorisé sur un site internet

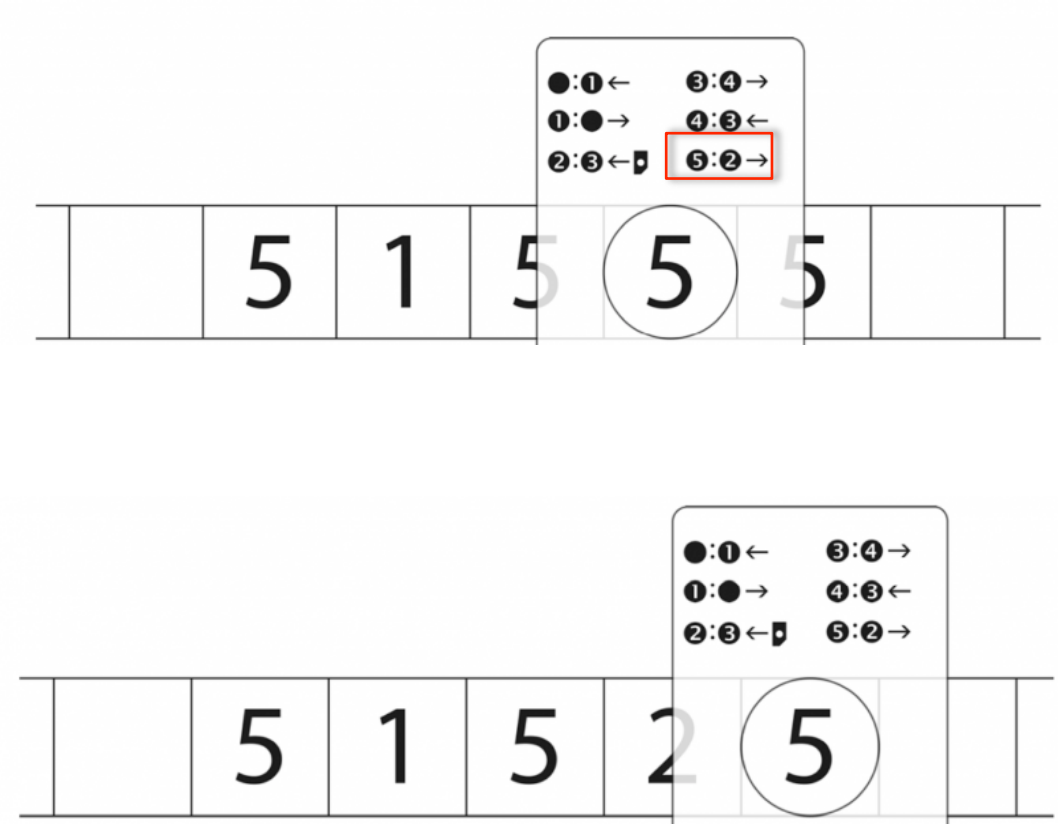
Programme

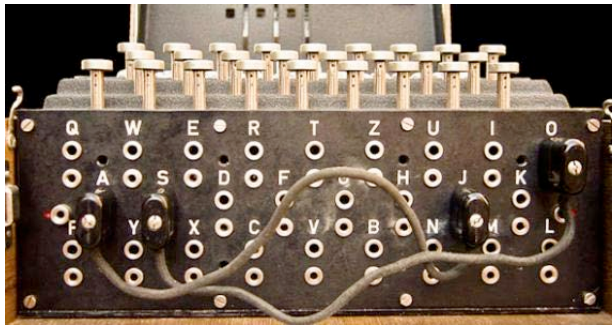
heures	Lundi 28	Mardi 29	Mercredi 30	Jeudi 1	Vendredi 2
08-09	CA et ABM : Introduction historique et conceptuelle	2 exemples de modèles	Présentation conceptuelle par les étudiants de leurs modèles	Présentation des modèles fonctionnels	
09-10		Scripts NetLogo - ex cathedra et microexercices			Travail de groupe: préparation de la présentation finale.
10-11	Visite Biowall		Éléments de présentation : diagramme de flux, visuel, diagrammes, validation calibration sur données empiriques, forme de rendu	Exportation et représentation des données et des visuels - ex cathedra et microexercices	
11-12	Visite Biowall continued + tests des exemples Biowall dans Netlogo		Travail de groupe		
12-13	repas				
13-14					
14-15	Présentation du modèle "Typological organizor"				jury
15-16	Introduction au script avec Game of Life (ajout de boutons, ajout de bouts de script)	Travail de groupe. Objectifs: définition des hypothèses, des agents, des éléments, des interactions, de la structure graphique.	Travail de groupe. Objectifs: 1e prototype fonctionnel	Travail de groupe. Objectifs: modèle finialisé, hypothèses testées, données et visuels bruts des résultats obtenus.	
16-17	Constitution de groupes et définition d'un projet				
17-18					

Exemples d’automates cellulaires

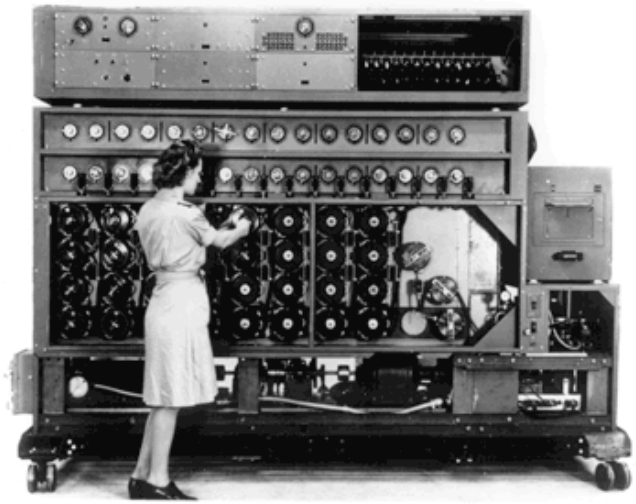
CONWAY’S GAME OF LIFE

Machine de Turing

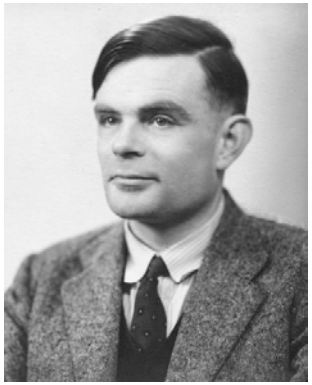




Enigma Maschine



“Bombe”

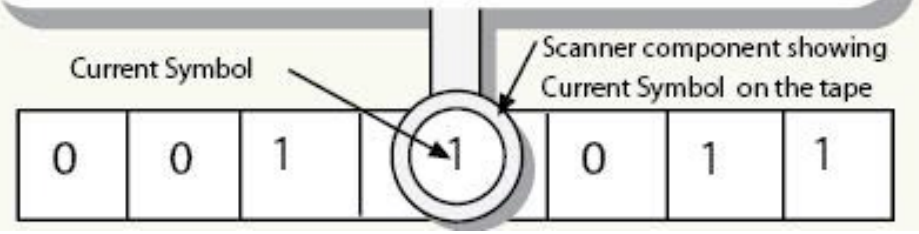


Alan Turing
1912-1954

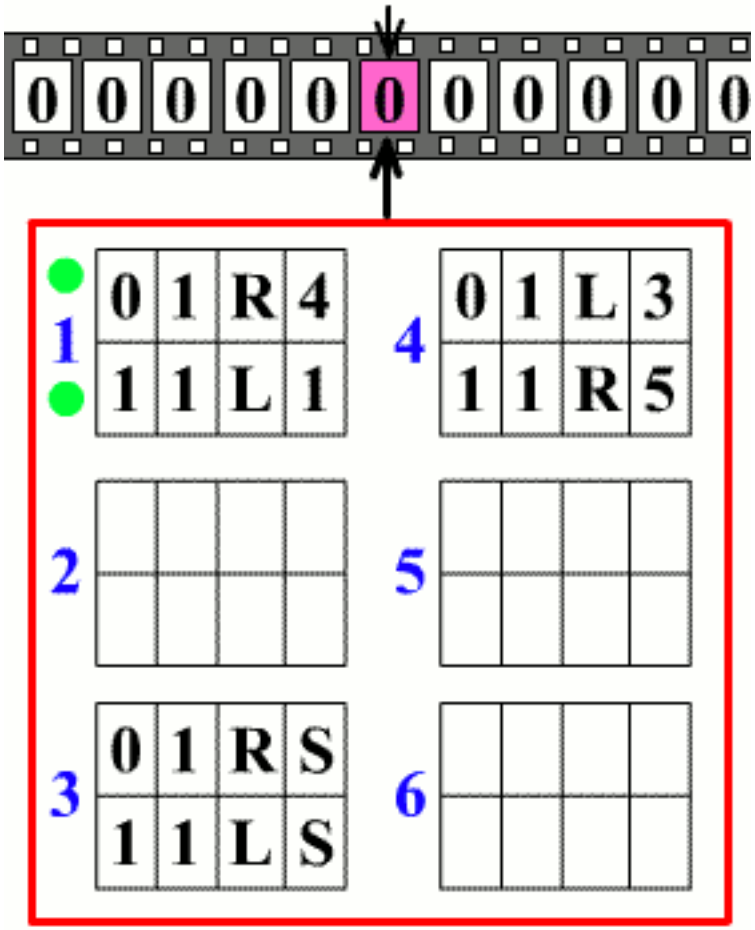
Machine de Turing

IF the Current State is ...	AND IF the Current Symbol reads ...	THEN do the following to the symbol on the tape and/or halt ...	AND move the tape as follows ...	AND THEN change the Current State to ...
1	0	Do nothing	Right	1
1	1	Do nothing	Right	2
2	0	Erase & write 1	Right	3
2	1	Do nothing	Right	2
3	0	Do nothing	Left	4
3	1	Do nothing	Right	3
4	0	Erase & write 0	No move	4
4	1	Halt	No move	4

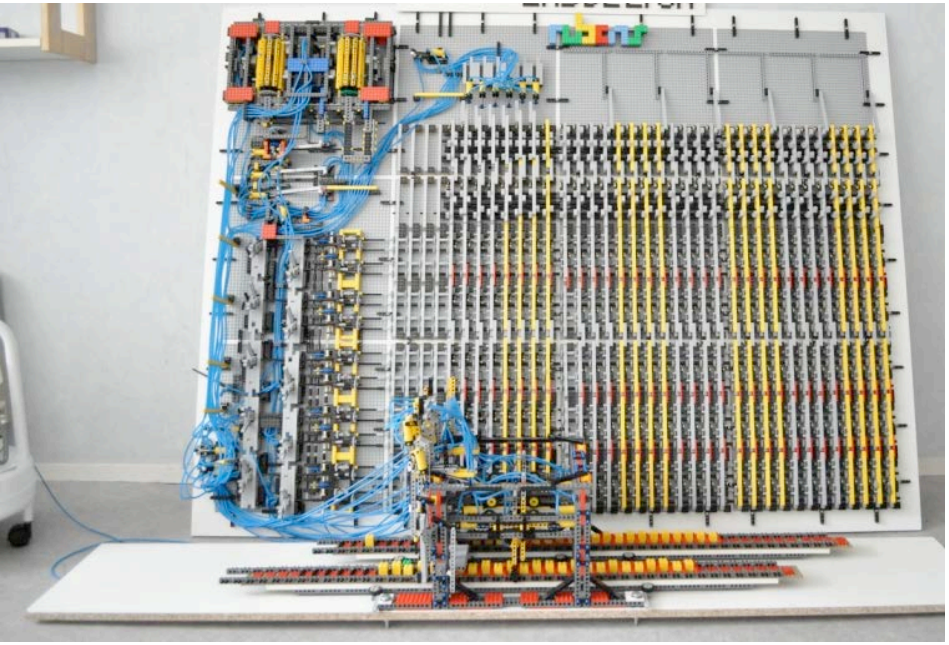
Current State 1

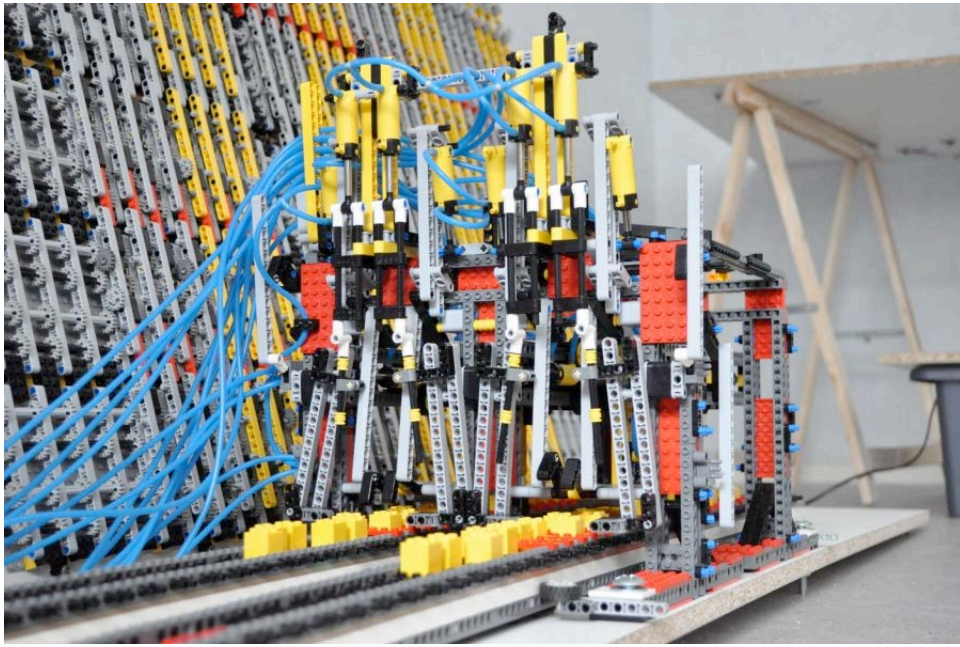


Machine de Turing



Machine de Turing



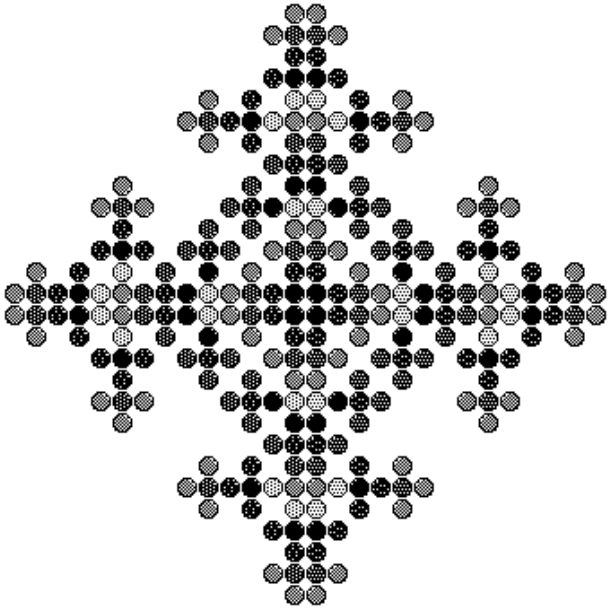


Stanisław Ulam

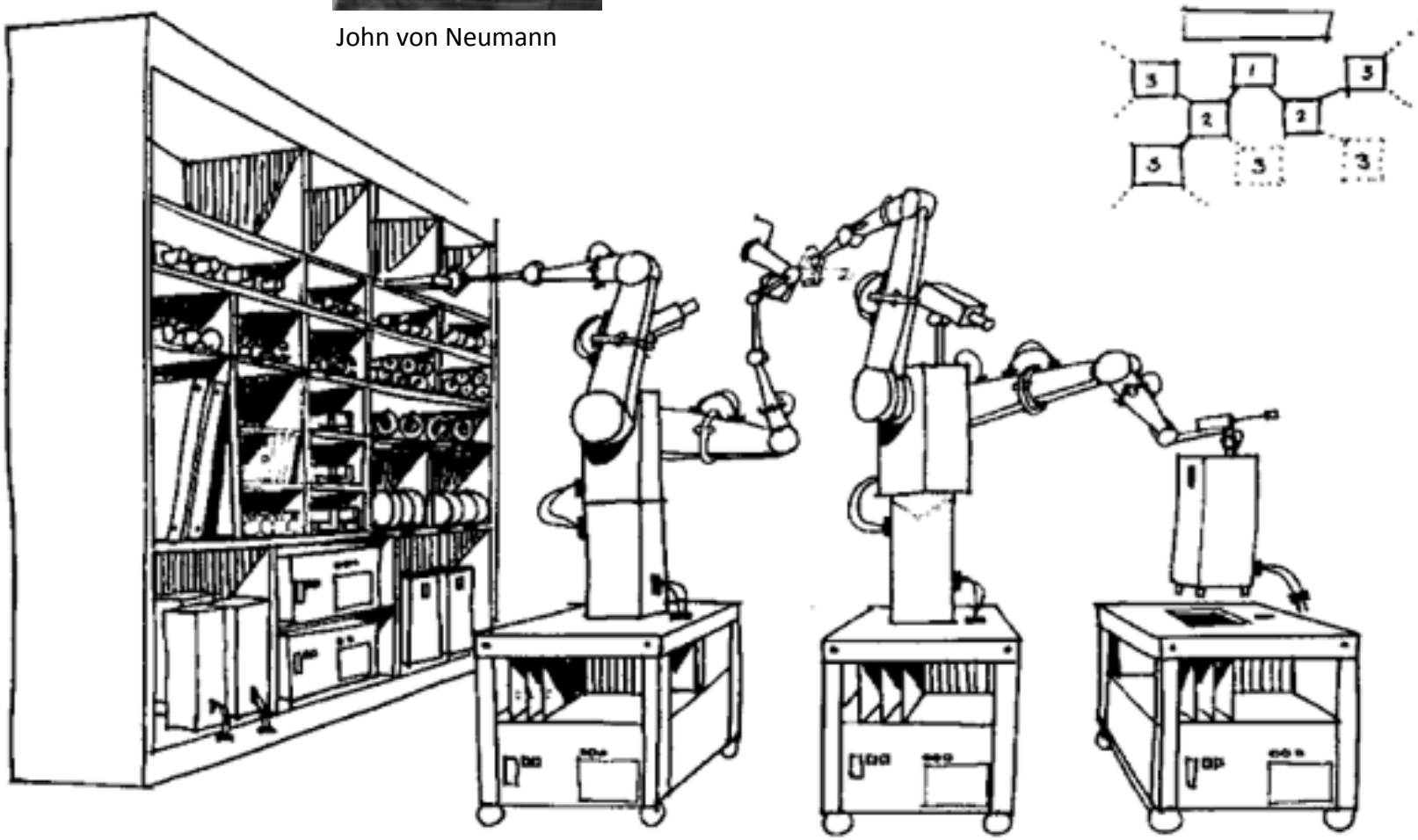
John von Neumann

Los Alamos National Laboratory, 1943

Stanisław Ulam



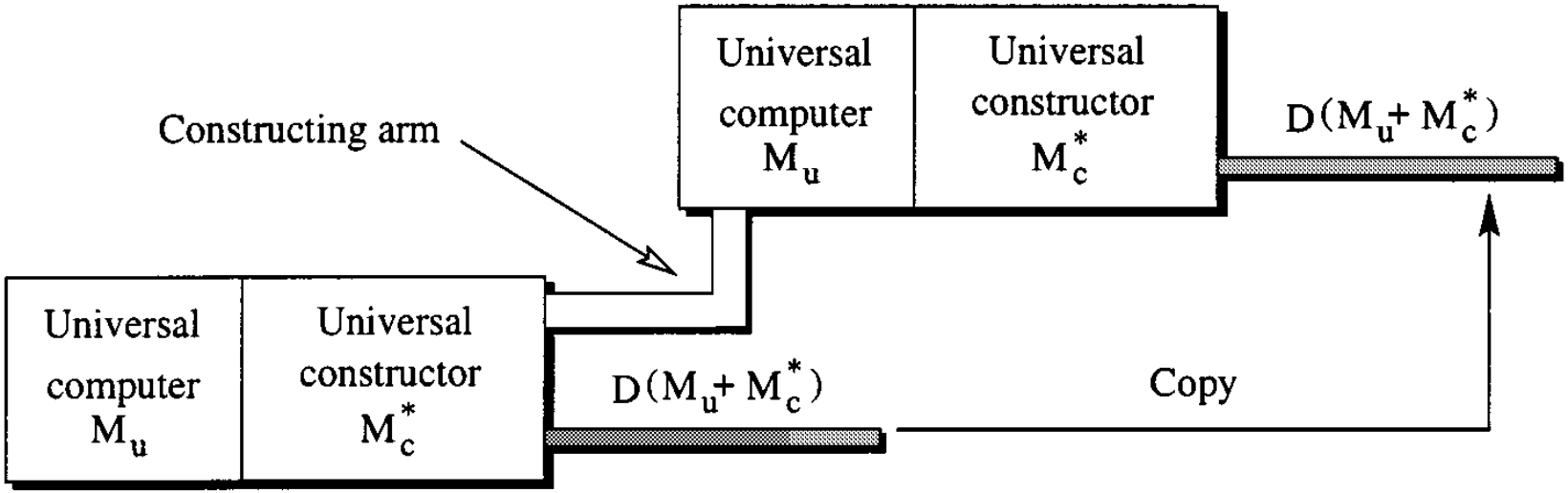
John von Neumann



Stanisław Ulam

John von Neumann

Copieur-constructeur universel



Stanisław Ulam

John von Neumann

Copieur-constructeur universel
Automate cellulaire
29 états distincts

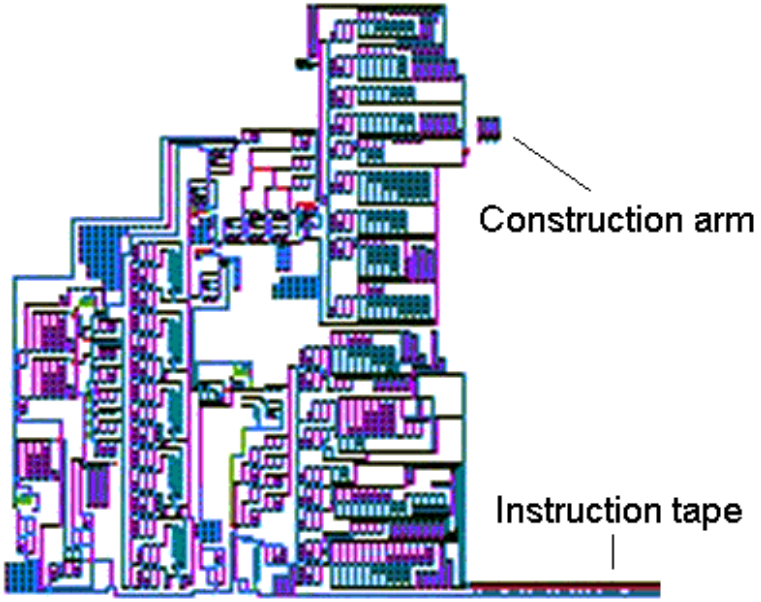
- 1 état **calme** : cellules vides sans influence sur l'entourage
- 16 états de **transmission** : simulent la propagation de l'information dans quatre directions
- 4 états **confluents** : font office de portes logiques AND et peuvent répartir l'information
- 8 états **transitionnels** : permettent la construction progressive de la machine

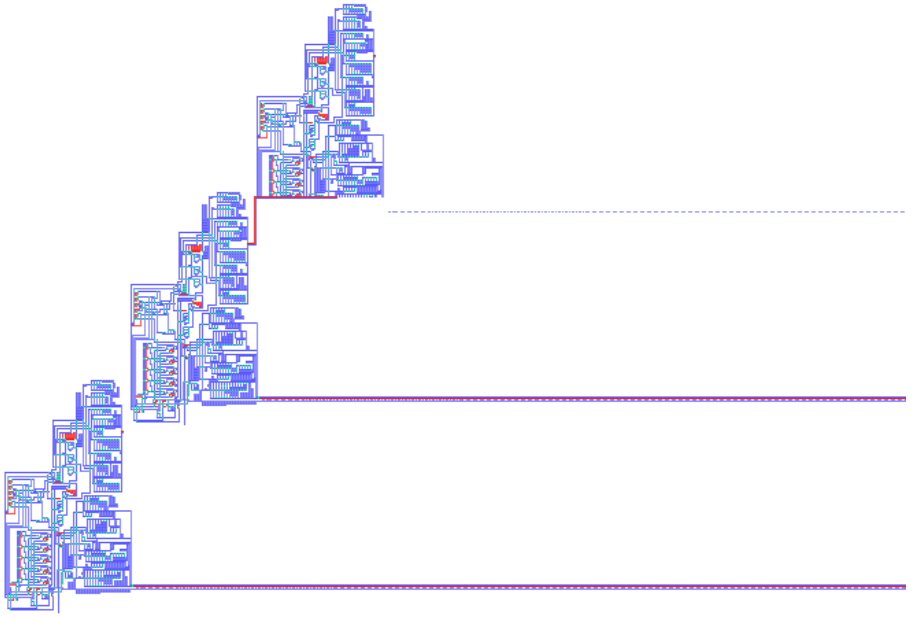
State		Symbol
Quiescent state		U
Sensitized states		S_θ, S_0, S_1, S_{00}, S_{01} S_{10}, S_{11}, and S_{000}
Ord. trans. states	unexcited	$\uparrow$, $\downarrow$, $\leftarrow$, and $\rightarrow$
	excited	$\uparrow\cdot$, $\downarrow\cdot$, $\dot{\leftarrow}$, and $\dot{\rightarrow}$
Spec. trans. states	unexcited	$\Uparrow$, $\Downarrow$, $\Leftarrow$, and $\Rightarrow$
	excited	$\Uparrow\cdot$, $\Downarrow\cdot$, $\dot{\Leftarrow}$, and $\dot{\Rightarrow}$
Confluents	unexcited	C_{00}
	excited	C_{01}, C_{10}, and C_{11}

Stanisław Ulam

John von Neumann

Copieur-constructeur universel
Automate cellulaire
29 états distincts

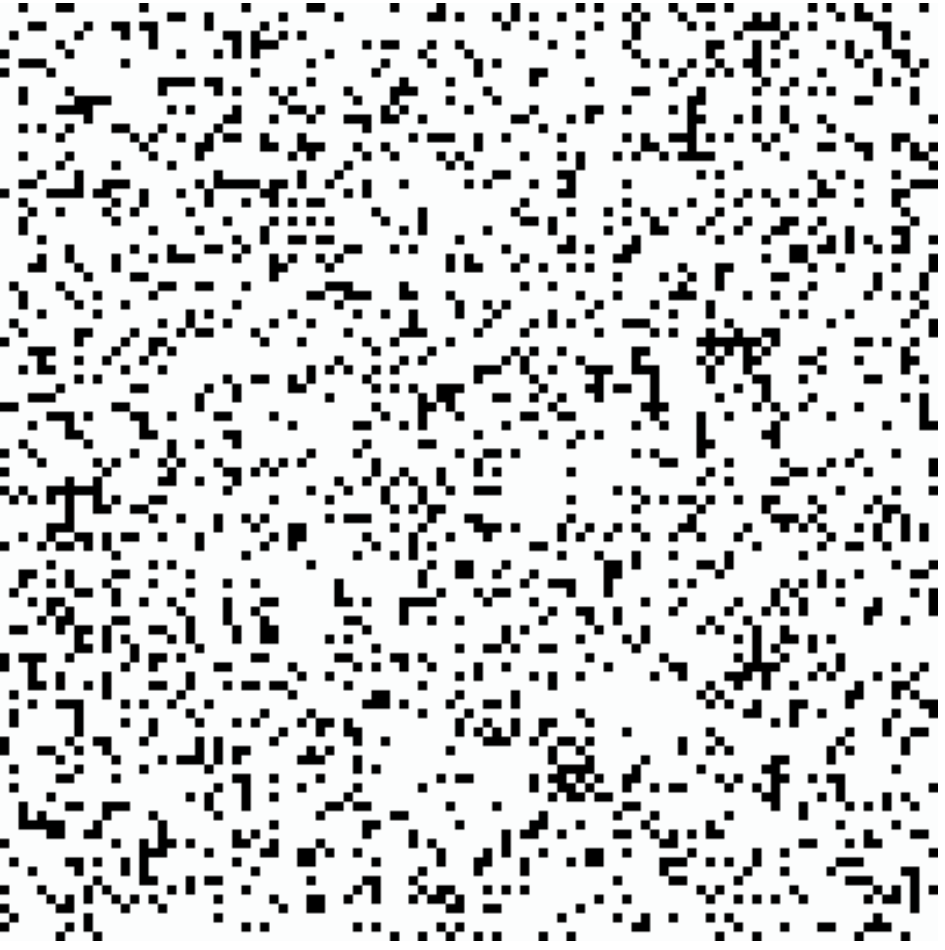


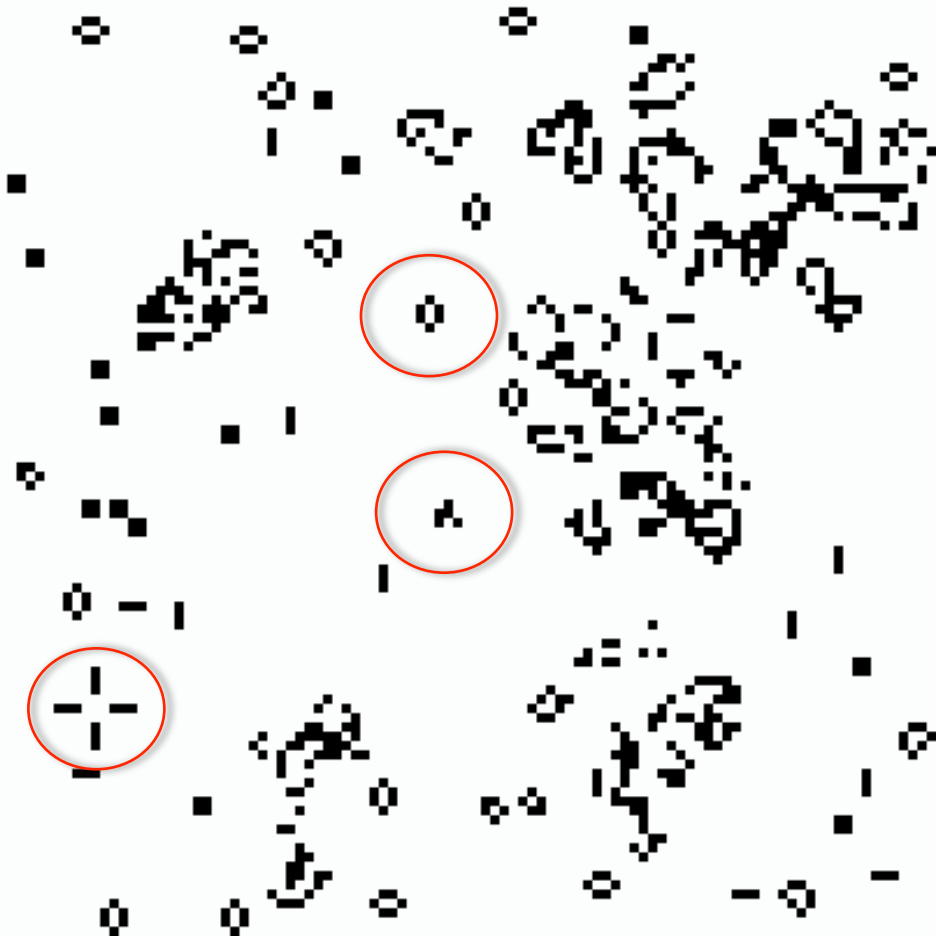


John H. Conway

cellule dans l'état 1:

cellule dans l'état 0:

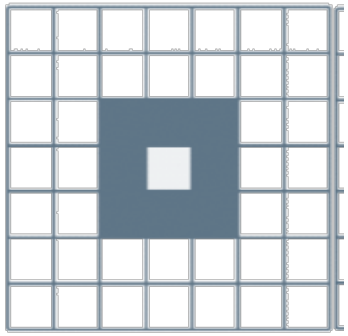




cellule dans l'état 1:

cellule dans l'état 0:

voisinage d'une cellule:



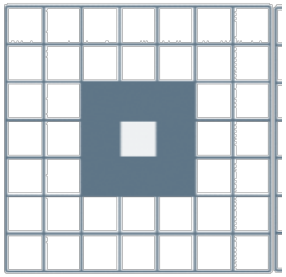
- Σ (voisines dans l'état 1) = 3 → état 1 à l'étape suivante.
- Σ (voisines dans l'état 1) = 2 → pas de changement d'état
- ELSE → état 0 à l'étape suivante

Game of life = automate **totalistique**

Conway's game of life, 1970
cf. http://lslwww.epfl.ch/biowall/Camera/CameraF/CameraF.html

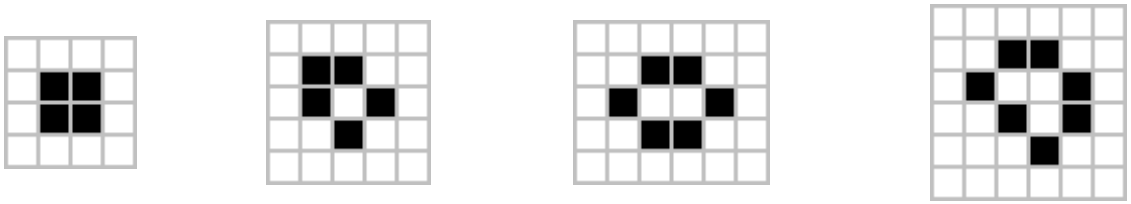
cellule dans l'état 1:

cellule dans l'état 0:

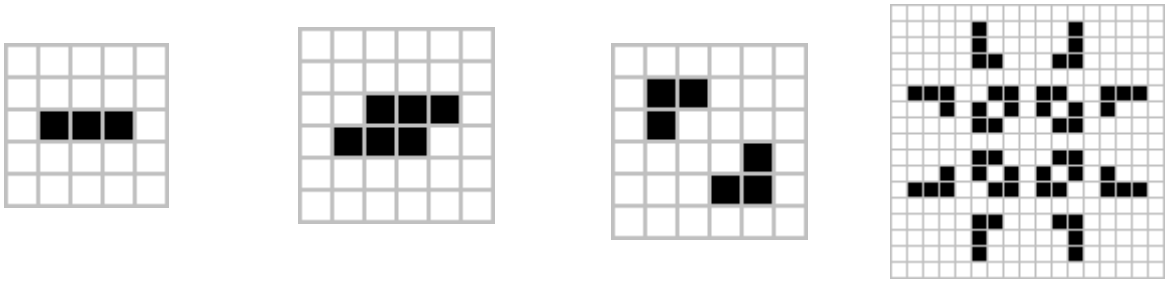
voisinage d'une cellule: 

Formes **émergentes** :

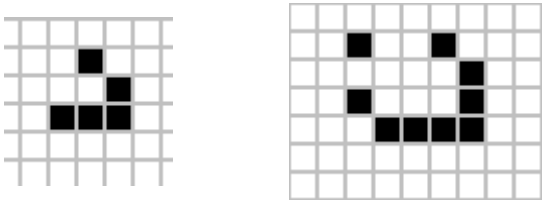
formes stables



formes cycliques



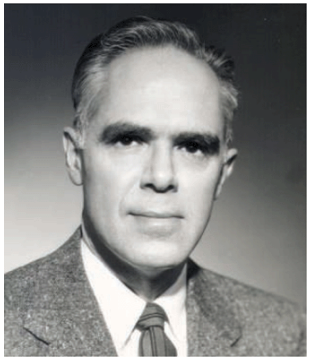
glisseurs



Conway's game of life, 1970

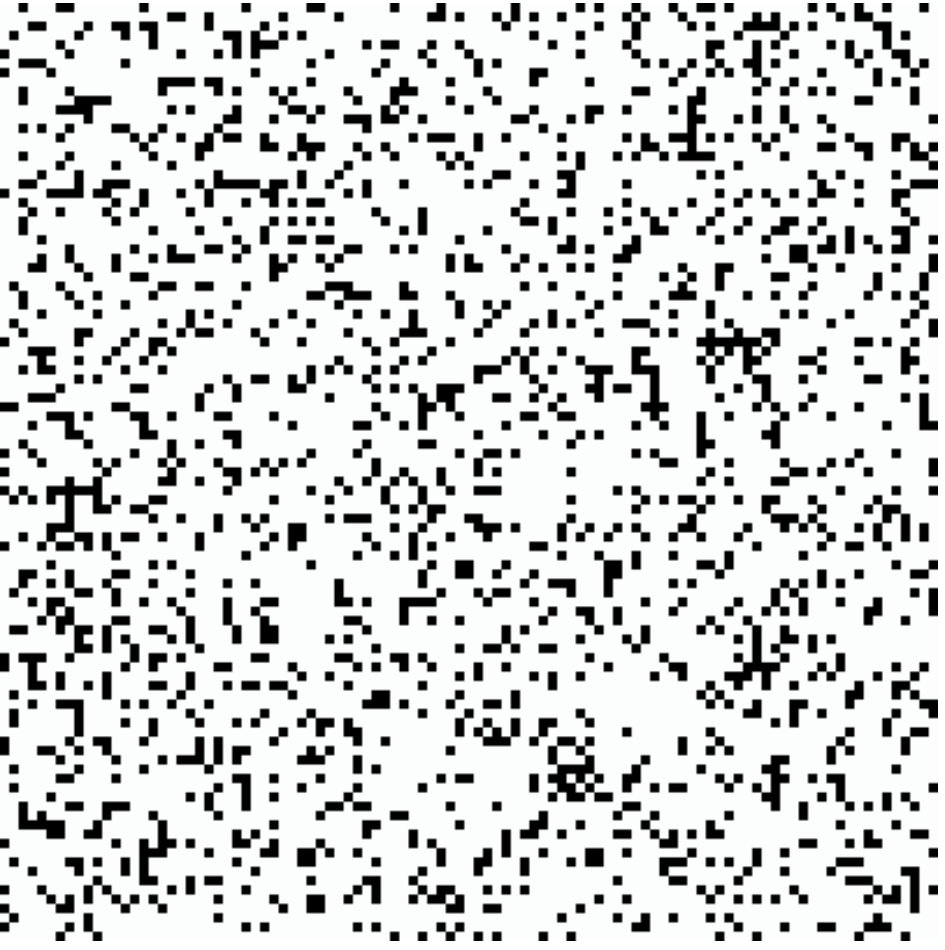
cf. http://lslwww.epfl.ch/biowall/Camera/CameraF/CameraF.html

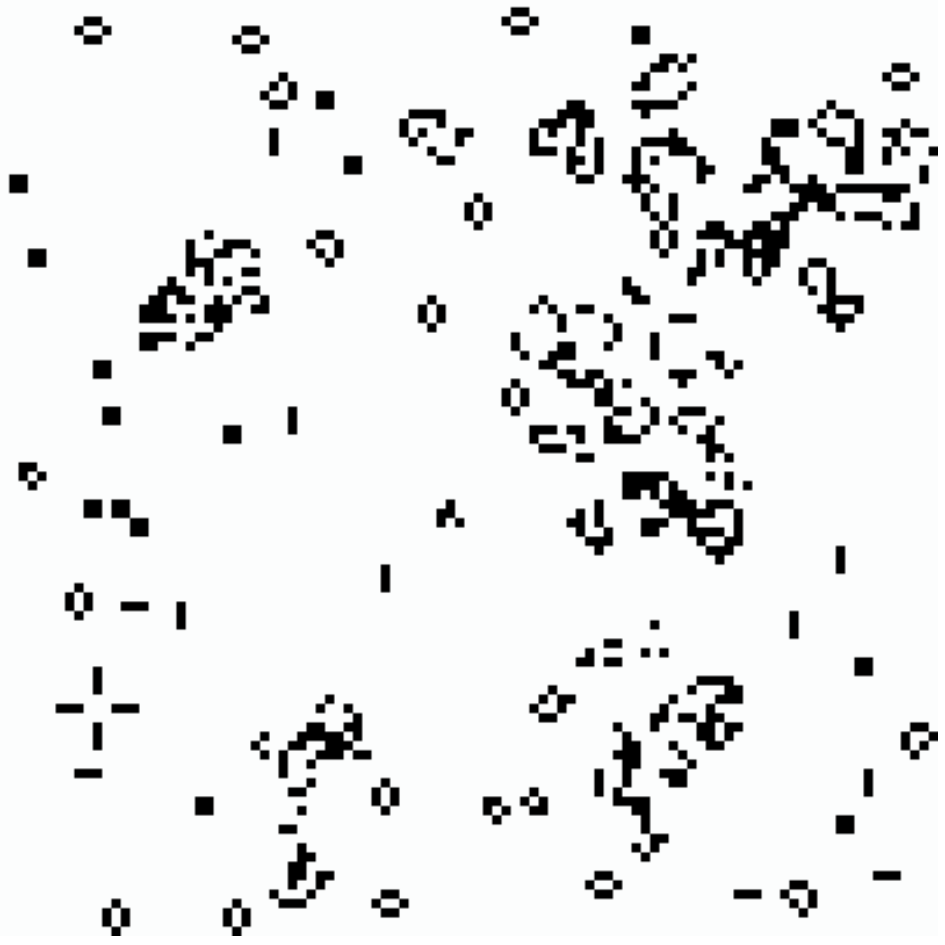
John H. Conway



Martin Gardner

Gardner, Martin (1970). "Mathematical Games: The fantastic combinations of John Conway's new solitaire game "life"". Scientific American (223): 120–123.





Ralph William Gosper, 1970, Glider gun (Canon à glisseurs)

Conway’s Game of Life

Exercice

- Ouvrez le fichier NetLogo nommé CA_variations.nlogo
- Testez avec diverses combinaisons de règles, pour observer de formes et des cycles émergents. Exemples:
  - b3 | s3
  - b3 | s4
  - b3 | s1
  - b2 | s3 : Le jeu de la vie de Conway
  - b1, b3, b5, b7 | s1, s3, s5, s7 : Le compteur de parité de Fredkin
- Repérez-vous des formes stables? Des formes cycliques? Des glisseurs? Des phénomènes plus complexes?

t = 1

t = 2

t = 3

t = 4

t = 5

t = 6

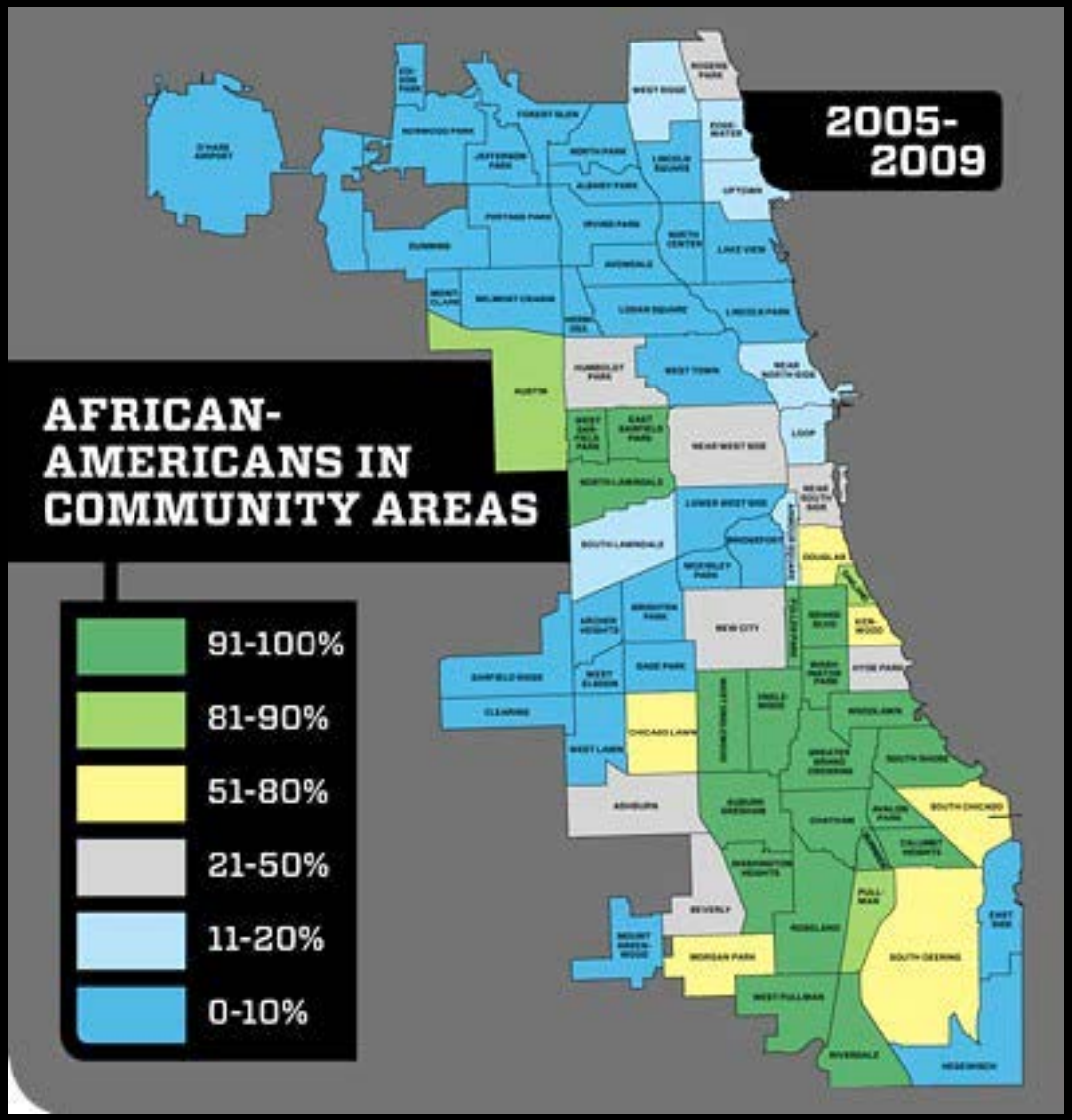
t = 7

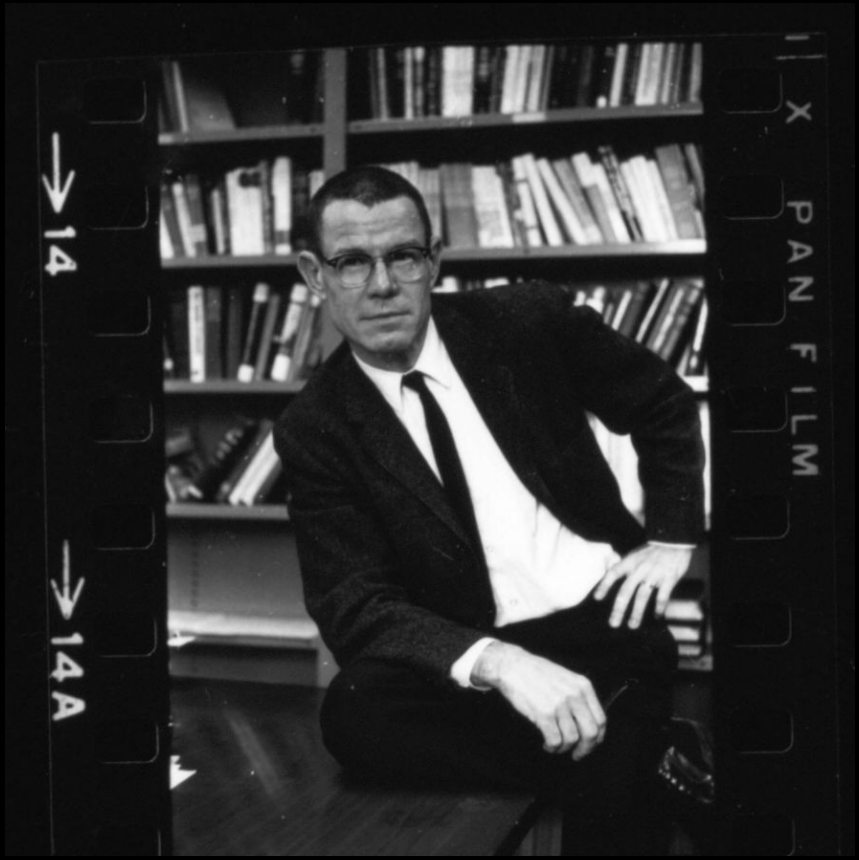
t = 8

t = 9

Exemple de modèle basé agents

LE MODÈLE DE SÉGRÉGATION DE SCHELLING

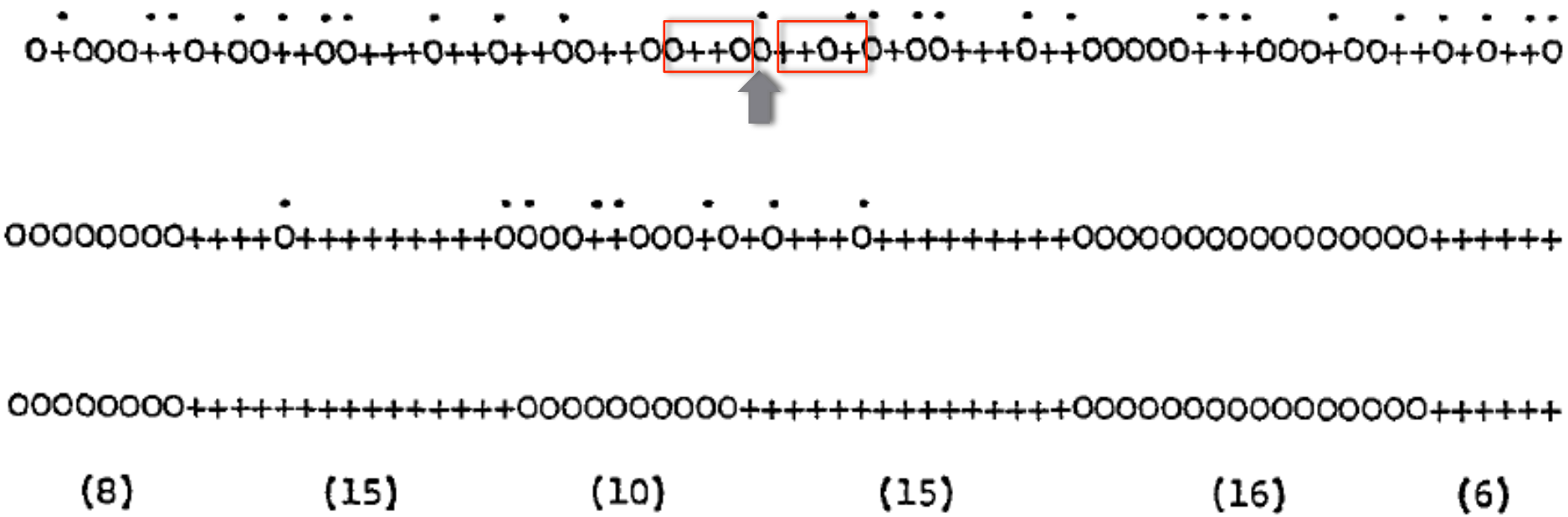

2005-2009
AFRICAN-AMERICANS IN COMMUNITY AREAS
91-100%
81-90%
51-80%
21-50%
11-20%
0-10%



- Schelling, T. C. (1971). Dynamic models of segregation. *The Journal of Mathematical Sociology*, *1*(2), 143-186.
- Schelling, T. C. (1978). *Micromotives and macrobehavior*. WW Norton & Company.

Agents de type O
Agents de type +

Voisinage de rayon 4



situation d'*équilibre* statique

Agents de type O
Agents de type +

Voisinage de rayon 4

conditions initiales

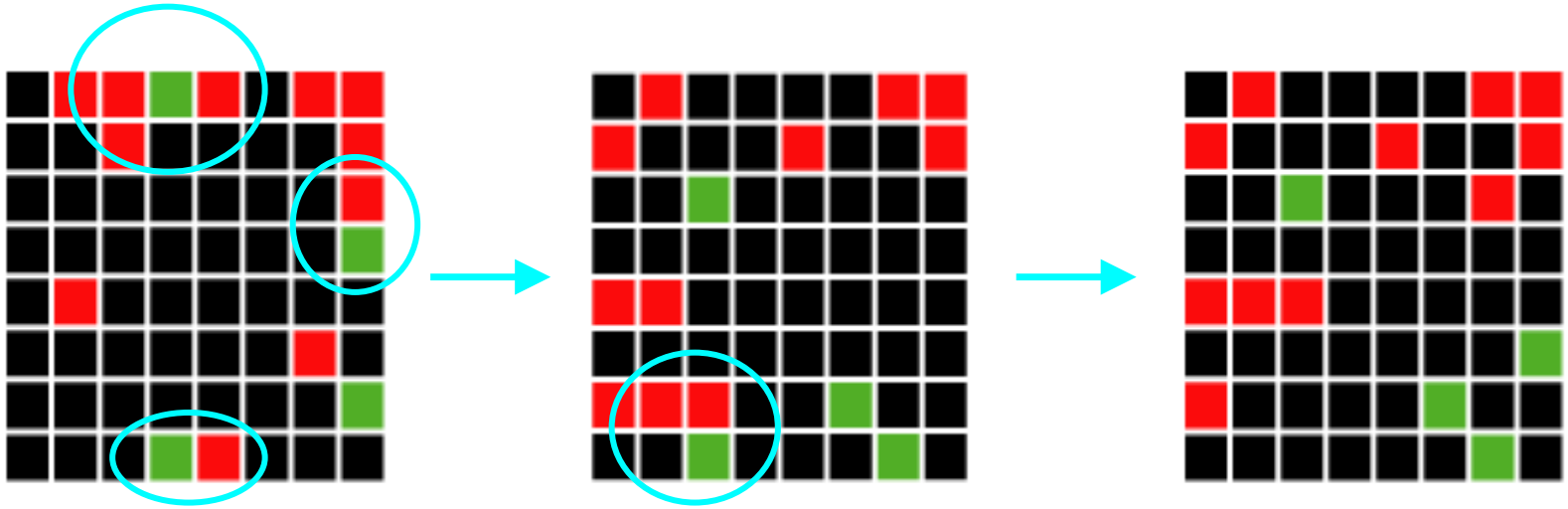
```
. .   .  . . .  .  . . .     . .   . .  .  .  . . .  .    .    . . .   . . . . .
++OOO+OO++O+O++O++O++OOOOO++OOO++OOO++O+++OO+OO+OOOO+OOO+++O+O+++O+OO+O+
```

```
OOOOOOO+++++++++++++OOOOOOOOOOOOOO+++++++++OOOOOOOOOOOOOOOOO+++++++++++
```

(7) (14) (14) (9) (17) (11)

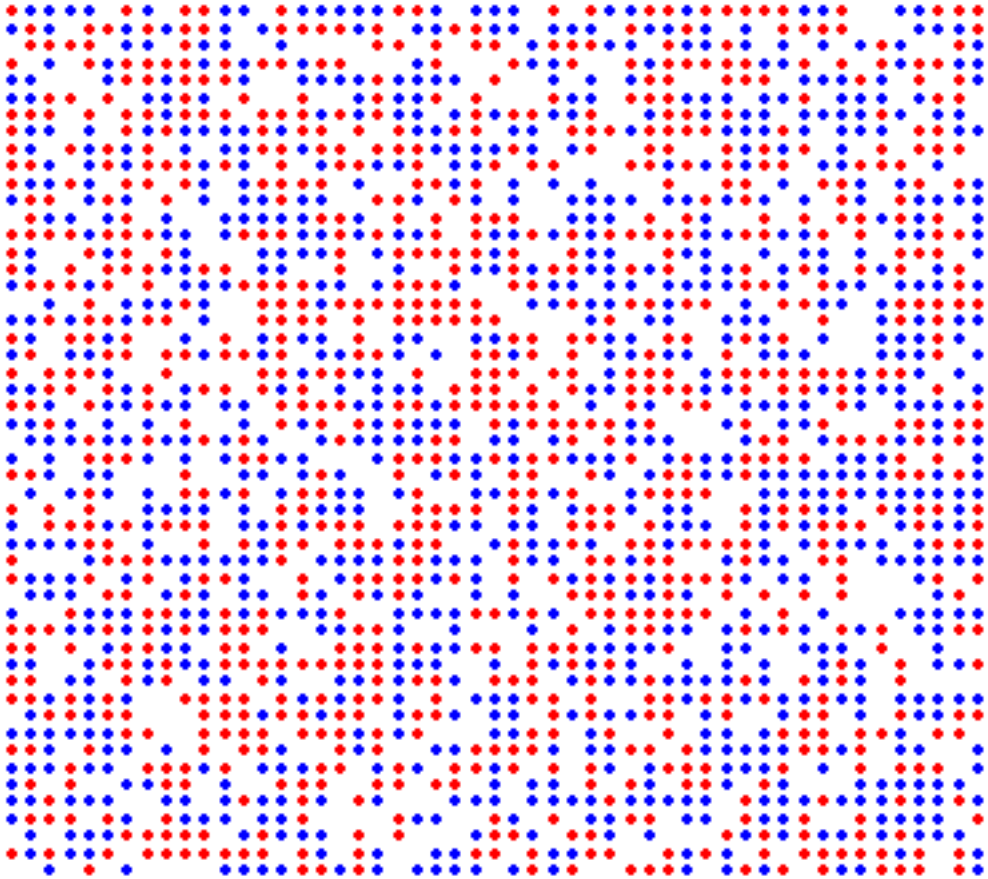
situation d'*équilibre statique*

Modèle de ségrégation spatiale de Schelling



- *Appartenance sociale* [$\mathbf{C_i}$]
- *Tolérance* [$\mathbf{T_i}$]
  Exposition à l'altérité maximale tolérée
- *Voisinage de Moore* [$\mathbf{N_i}$]
  individus dans les 8 lotissements voisins
- *Exposition a l'altérité* [$\mathbf{X_i}$]
  proportion d'individus différents dans N_i
- *Satisfaction* [$\mathbf{H_i} = (\mathbf{X_i} < \mathbf{T_i})$]
- *Dynamique*
  déménagement aléatoire des insatisfaits

Step 1



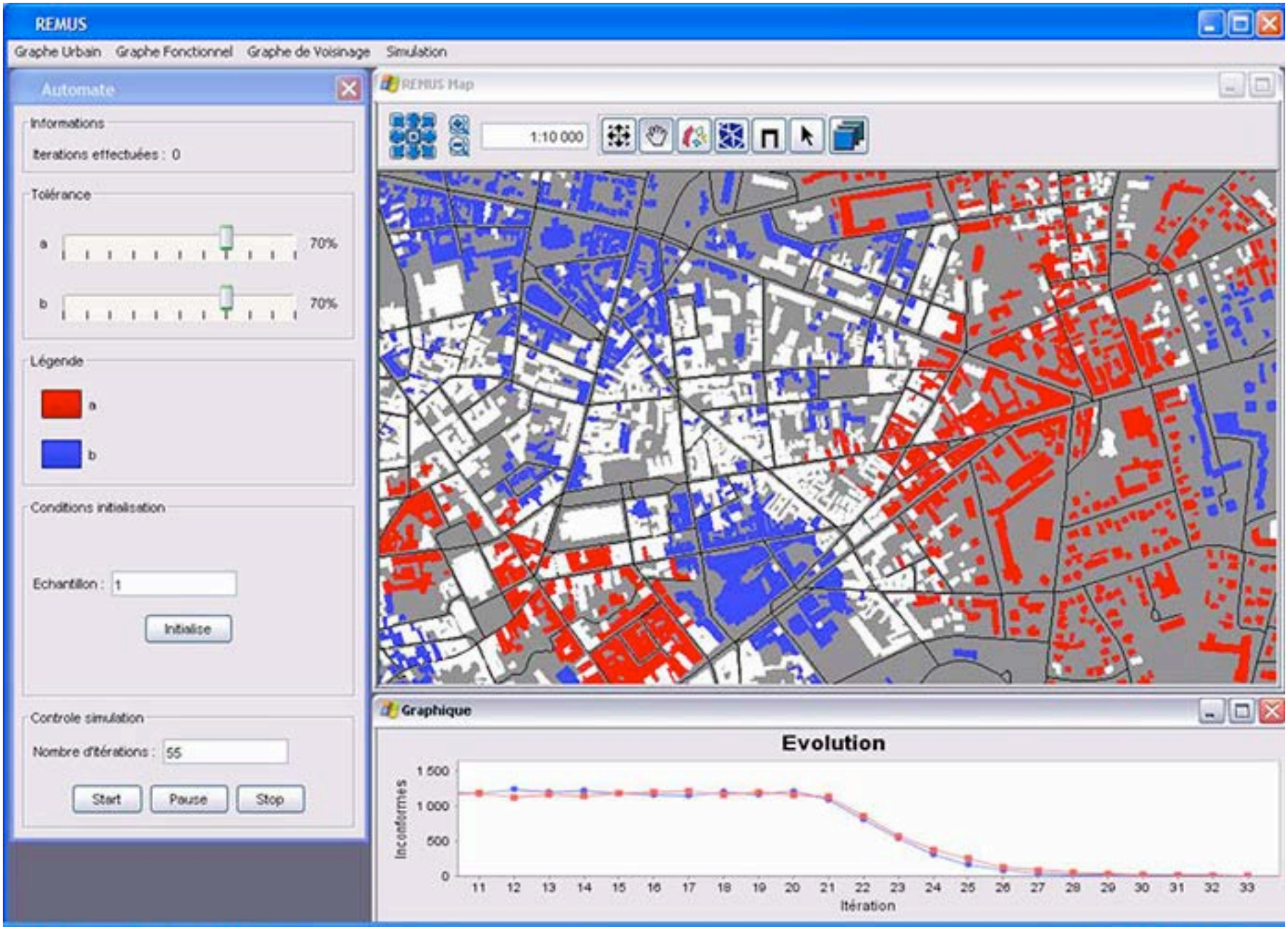
individu poulation A

individu poulation B

: quand j'ai trop de voisins rouges, je déménage

: quand j'ai trop de voisins bleus, je déménage

Thomas C. Schelling 1978



REMUS Reticular Model for Urban Simulation http://diego.moreno.sierra.free.fr/Remus/

Exercice

- Ouvrez le modèle « Segregation_variations.nlogo »
- Testez des combinaisons diverses de paramètres *number* (population totale), *%-similar-wanted* et *neighborhood-radius* :
  - Trouvez les seuils de ségrégation (quels combinaisons de paramètres mènent à la stabilisation du système sans qu'il n'y ait ségrégation)
  - Des seuils de stabilisation (dans quelles conditions ne converge-t-on jamais vers un équilibre)?
  - Que se passe-t-il lorsqu'on change les paramètre au fur et à mesure?
  - Décrivez les formes spatiales engendrées.

PRÉFÉRENCES THÉMATIQUES

GitHub *issues*

Formation des groupes

- 9 groupes
- Formule magique
  - Au plus 1 SIE par groupe
  - Au moins 1 et au plus 2 GC par groupe
  - Dans chaque groupe, au moins 1 membre avec une expérience préalable de programmation
  - Regroupé par affinité thématique dans la mesure du possible
- Nous formerons les groupes dès le 16 Avril
  - Chaque groupe choisit une proposition de modèle de l'un de ses membres ou en spécifie une nouvelle

Pour le 24 Avril

- Vous serez inscrit par groupe sur un dépôt GitHub (16 Avril)
  - Le dépôt est votre plateforme de travail principale.
- Créer une page Wiki sur votre dépôt:
  - Intitulé du modèle choisi
  - Descriptif du problème abordé
  - Éléments du modèle
  - Modèle viable minimal

Eléments du modèle

- Eléments statiques
  - *lieux* (points, surfaces, volumes)
  - *relations* entre ces lieux (topologiques, métriques)
  - *attributs* (rattachés aux lieux et aux relations)
- Agents
  - position
  - attributs
  - relations avec les éléments statiques et les autres agents
- Dynamique
  - *règles de transition* d'état (changeant les valeurs des attributs)
  - *paramètres*, faisant varier les règles de transition

Modèle viable minimal

- Le problème abordé peut être complexe et ambitieux.
- Il faut commencer par implémenter une version simplifiée, le minimum possible pour qu'il fonctionne > branche *master*
- Tester ce modèle viable minimal et implémenter progressivement de nouvelles fonctionnalités > nouvelles *branches*
- Parmi les éléments du modèle idéal, quels sont ceux dont vous avez besoin pour créer ce modèle minimal?

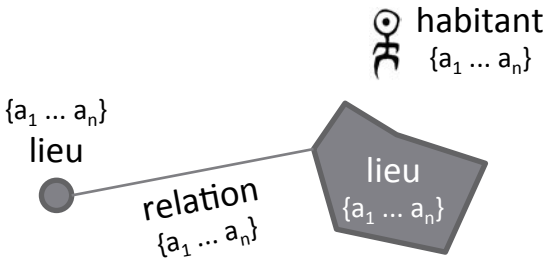
GitHub *wiki*

“Whites and blacks may not mind each other's presence, may even prefer integration, but may nevertheless *wish to avoid minority status*. Except for a mixture at exactly 50:50, no mixture will then be self-sustaining because there is none without a minority, and if the minority evacuates, *complete segregation occurs*. If both blacks and whites can tolerate minority status but there is a limit to how small a minority the members of either color are willing to be—for example, a 25% minority—initial mixtures ranging from 25 % to 75 % will survive but initial mixtures more extreme than that will lose their minority members and become all of one color. And if those who leave move to where they constitute a majority, they will increase the majority there and may cause the other color to evacuate.” [Schelling 1971]

Modèles basés agents: définition générale

- Espace discret
  cellules
- Etats où peuvent se trouver les cellules
- Agents
  - Lieu (cellule) ou se trouve l'agent
  - Direction / vision de l'agent
  - États où se trouve l'agent / type d'agent
  - Relations avec d'autres agents
- Temps discret
  itérations
- Règles de transition
  état de la cellule/agent à l'itération suivante
- Règles de mouvement
  changement de lieux et de relations

AC et MBA comme modèles dynamiques de l'espace habité



- un ensemble d'éléments
  - *lieux* (points, surfaces, volumes)
  - *relations* entre ces lieux (topologiques, métriques)
  - *attributs* (rattachés aux lieux et à aux relations)

- + (pour les modèles « dynamiques ») un ensemble de:
  - *règles de transition* d'état (changeant les valeurs des attributs)
  - *paramètres*, faisant varier les règles de transition
  - [option] un ensemble d'*habitants* porteurs eux aussi d'attributs, de relations et d'attributs de relations mutuelles et avec les lieux