

Automates cellulaire et diagrammes espace-temps

par Nazim Fates, charge de recherche à l'INRIA Nancy Grand Est



Les automates cellulaires sont des objets mathématiques qui représentent l'évolution d'un système composé d'un grand nombre de cellules en interaction. Chaque cellule peut avoir un nombre fini d'état, par exemple allumé ou éteint, dans le cas binaire. Les cellules évoluent en fonction de ce qu'elles "perçoivent" de leur voisinage. Chaque cellule suit une même règle de transition : les changements d'états sont dictés par cette règle, qui dicte à chaque cellule quel état prendre en fonction de son état propre et de l'état perçu du voisinage.

Nous nous intéressons ici au cas où les cellules sont disposées en anneau : chaque cellule décide de changer son état en fonction de son état propre (allumé ou éteint) et de l'état de sa voisine de gauche et de droite sur l'anneau (sont-ils identiques ou différents ?)

La règle d'évolution est locale car elle spécifie le comportement individuel de chaque cellule. La simulation par ordinateur permet d'avoir une idée du comportement global du système en appliquant la règle à toutes les cellules à chaque pas de la simulation. Toute la question est de prévoir l'évolution du système global à partir de la connaissance de la règle locale. Les scientifiques qui étudient ces systèmes tentent de déterminer dans quelle mesure ce problème de prédiction est difficile.

Un moyen pratique pour étudier les automates cellulaire en anneau est de visualiser l'évolution du système sous forme d'un diagramme. Les cellules formant l'anneau sont représentées en ligne, en coupant l'anneau de manière arbitraire et en déclarant que la cellule la plus à droite a pour voisin droit la cellule la plus à gauche (et vice-versa). On "empile" ensuite les différents états de la ligne, en mettant les temps les plus anciens en bas. On représente une cellule éteinte par une case blanche et une cellule allumé par une case bleue.

Les différentes règles choisies peuvent se décliner en langage naturel et nous constatons qu'elles conduisent à des évolutions du système très contrastées.

* règle 90:

Je deviens allumé si mes deux voisins sont dans un état différent (allumé-éteint ou éteint-allumé), je deviens éteint sinon.

* règle 105:

Si je suis éteint, je ne m'allume que si mes deux voisins sont identiques
Si je suis allumé, je ne m'allume que si mes deux voisins sont différents

* règle 124:

Si je suis éteint, je prends l'état de mon voisin de gauche
Si je suis allumé, je deviens allumé sauf si mes deux voisins sont allumés

* règle 120:

Si je suis éteint, je prends l'état de mon voisin de gauche
Si je suis allumé, je deviens allumé si mes deux voisins sont différents et éteint s'ils sont identiques

* règle 54:

Si je suis éteint, je m'allume si l'un de mes voisins est allumé.
Si je suis allumé, je deviens éteint sauf si mes deux voisins sont éteints.