

Lundi 7 février 1994 à 17 h

# *Les réseaux d'automates*

Bernard Vuilleumier

Centre informatique  
pédagogique (CIP)  
Rue Théodore-de-Bèze 2  
Case Postale 3144  
1211 GENÈVE 3  
Tél: (022) 318.05.30  
Fax: (022) 781.03.50  
Responsable:  
Raymond Morel

## *Lettre n° 28*

*Nous accomplissons certaines tâches qu'il est difficile de confier à une machine alors que les ordinateurs en effectuent d'autres beaucoup plus rapidement que nous*

*La vision capte la totalité de l'information délivrée par une image et la distribue parmi les neurones qui la traitent simultanément*

Si vous demandez à un chercheur en intelligence artificielle ce que sont et à quoi servent les réseaux d'automates, il vous répondra probablement qu'il s'agit de procédés informatiques inspirés du fonctionnement du cerveau et capables de mimer certaines activités des humains. Les humains effectuent avec beaucoup d'aisance certaines tâches – reconnaissance optique, auditive, olfactive – que les ordinateurs ont beaucoup de peine à accomplir. En jetant un coup d'œil sur la figure 1 par exemple, nous identifions facilement différentes variantes de la lettre «A».

Il est étonnant que, bien que nous soyons capables d'identifier visuellement de très nombreux objets avec précision et rapidité, nous éprouvions tant de difficulté à écrire un algorithme permettant à un ordinateur d'accomplir la même tâche. L'explication réside dans le fait qu'il est très difficile de traduire notre capacité de reconnaissance en un programme séquentiel, car, en fait, nous n'accomplissons pas cette tâche séquentiellement. Regardez de nouveau la figure 1 et essayez de penser au processus que vous mettez en oeuvre pour identifier les lettres. Examinez-vous les lettres de gauche à droite ou de droite à gauche? Réunissez-vous des informations sur les angles, les segments et leurs intersections? Considérez-vous les caractéristiques des lettres séparément pour conclure que, sur la base de ces informations, il s'agit de la lettre «A»? A chacune de ces questions, la réponse est probablement «non». Du moins, vous n'effectuez pas ces opérations consciemment, et certainement pas en une longue séquence d'étapes individuelles qui traitent chaque caractéristique ou pixel séquentiellement, car les «éléments de calcul» du cerveau sont bien trop lents pour permettre une reconnaissance pratiquement instantanée selon ce mode. La vision capte la totalité de l'image et distribue l'information parmi les neurones qui la traitent simultanément.

a      A      a      A      a      A

Fig. 1 : Nous reconnaissons facilement toutes ces lettres comme des variantes de la lettre «A». Ecrire un programme permettant à un ordinateur de reconnaître ces lettres est déjà une formidable tâche.

Un réseau d'automates n'est qu'un modèle très approximatif du fonctionnement cognitif du cerveau. Son mérite essentiel est de permettre le passage du niveau cellulaire, modélisé par les automates, au niveau cognitif modélisé par les propriétés dynamiques du réseau. Notons quelques unes de ses propriétés : l'information est répartie dans le réseau et est en quelque sorte «délocalisée». Le processus de stockage de l'information est celui d'une mémoire associative : une information partielle permet de restituer l'information complète. Ainsi, lorsqu'on présente à un réseau d'automates une configuration initiale proche de la référence – une lettre manuscrite par exemple –, la dynamique du réseau restitue la référence. Une autre propriété rapproche le réseau d'automates du cerveau, c'est sa robustesse. Si l'on supprime une fraction des automates, son comportement n'est guère modifié. Cette propriété de détérioration graduelle des performances rappelle celle des hologrammes en optique. Elle évoque aussi le fait que, malgré la perte de plusieurs milliers de cellules nerveuses chaque jour, les performances du cerveau ne déclinent que très lentement avec l'âge. Des destructions comparables dans un ordinateur classique auraient très vite des conséquences catastrophiques. Enfin, le processus d'apprentissage d'un réseau d'automates est purement local et, pas plus que la reconnaissance, il ne fait intervenir de processeur central.

# Travaux pratiques

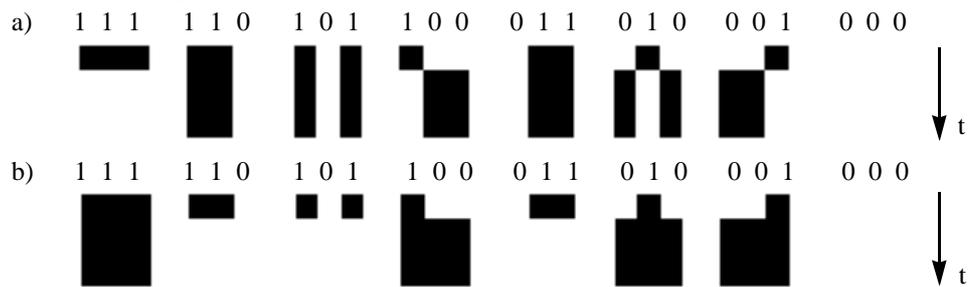
## Exercice 1

L'automate cellulaire est l'unité de base du réseau d'automates. Considérons un automate pouvant se trouver dans deux états : actif ou inactif (nous désignerons le nombre d'états par la lettre  $k$ ). Supposons que son évolution dépende uniquement de son voisin de gauche, de son état et de son voisin de droite (nous considérons ici un automate à une dimension). La «profondeur» du voisinage vaut alors 1 (nous désignerons la profondeur par la lettre  $r$ ). L'évolution d'un automate dépend donc de son état et de l'état de ses deux voisins. Si nous représentons un automate actif par «1» et un automate inactif par «0» et que nous examinons l'évolution d'un automate flanqué de deux autres automates, nous aurons par exemple:  $\{1, 1, 1\} \rightarrow 0$ ,  $\{1, 1, 0\} \rightarrow 1$ ,  $\{1, 0, 1\} \rightarrow 0$ ,  $\{1, 0, 0\} \rightarrow 0$ ,  $\{0, 1, 1\} \rightarrow 1$ ,  $\{0, 1, 0\} \rightarrow 1$ ,  $\{0, 0, 1\} \rightarrow 0$ ,  $\{0, 0, 0\} \rightarrow 0$ . En donnant l'état de l'automate central pour toutes les associations possibles de trois automates, on définit une «règle de transition».

- De combien de manières peut-on associer trois automates à deux états?
- Combien de règles de transition peut-on définir à partir de ces différentes associations?
- Combien obtient-on de «règles légales» si on élimine celles qui ne donnent pas 0 à partir de  $\{0, 0, 0\}$  et si on symétrise celles qui peuvent l'être ?  $\{1, 0, 0\}$  par exemple doit donner lieu à la même évolution que  $\{0, 0, 1\}$ .

## Exercice 2

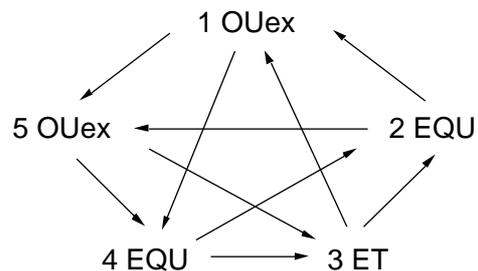
Etablissez la règle de transition pour les deux évolutions ci-dessous:



c) Comment pourrait-on numéroter les règles de transition?

## Exercice 3

On donne le réseau d'automates booléens suivant:



- Etablissez la table de vérité de chaque automate du réseau.
- Donnez les automates d'entrée de chaque automate.
- Combien de configurations initiales ce réseau d'automates peut-il présenter ?
- Construisez le tableau des successeurs de toutes les configurations initiales du réseau.
- Construisez un modèle informatique de ce réseau en supposant que tous les automates sont mis à jour avant d'envoyer le signal de sortie (ce modèle permet de simuler un processus parallèle).

*Prochaine réunion: lundi 7 mars 1994 à 17h.*

