

Zeitschrift: Horizons : le magazine suisse de la recherche scientifique
Herausgeber: Fonds National Suisse de la Recherche Scientifique
Band: - (1996)
Heft: 28

Artikel: Quand l'électronique plagie le vivant
Autor: [s.n.]
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-550674>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 02.02.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Quand l'électronique plagie le vivant

Renversement des rôles : l'informatique et l'électronique, qui ont produit toutes sortes d'outils pour étudier le monde vivant, s'en inspirent désormais. Les premiers circuits électroniques « pluricellulaires », capables de se reproduire et de survivre à des agressions, sont déjà apparus.

L'informatique et l'électronique sont en train de vivre une mutation inattendue. Il y a quelques années, on comptait sur ces disciplines pour expliquer le fonctionnement du cerveau et les mécanismes de l'évolution. Ou pour écrire les règles servant à reconnaître des objets et des visages. Ou encore pour simuler le raisonnement de spécialistes, afin de poser des diagnostics médicaux, dessiner des plans d'architecture idéaux, ou même prévoir les risques de catastrophes.

Or, la plupart des prouesses réalisées aujourd'hui dans ces domaines ne sont pas dues au fait que les scientifiques ont percé les mécanismes de la pensée ou du vivant, mais parce qu'ils les ont grossièrement imités ! Les fameux réseaux de neurones informatiques permettent désormais de reconnaître des formes ou de prendre des décisions sans qu'on sache exactement ce qui se passe dans les ordinateurs ! Sont aussi apparus des programmes informatiques capables de se reproduire, de subir des mutations au hasard, et de s'échanger des morceaux de code : sur le nombre des nouvelles variantes ainsi engendrées, quelques-unes présentent des améliorations informatiques auxquelles personne n'avait pensé !

Système nerveux, reproduction, évolution : la vie, d'abord objet d'étude, est ainsi devenue une nouvelle source d'inspiration pour les ingénieurs. Et il est une autre caractéristique du vivant sur laquelle ils travaillent actuellement : la capacité que possède tout organisme pluricellulaire de se réparer, autrement dit de remplacer ses cellules défectueuses pour continuer à vivre. Le Prof. Daniel Mange, à l'Ecole polytechnique fédérale de

Lausanne (EPFL), s'est lancé il y a trois ans dans cette voie de recherche avec deux arrières-pensées : un défi intellectuel et de futures applications pratiques...

«Lorsqu'on fabrique des circuits microélectroniques par dizaines sur une tranche de silicium, il y en a toujours quelques-uns qui ont des défauts de construction», explique-t-il. «Or, on fabrique des circuits toujours plus grands et toujours plus denses : il arrivera donc un moment où un seul circuit occupera presque toute la surface. Une seule erreur et il faudra jeter la tranche. Si le circuit a la capacité

d'ignorer les transistors mal construits et de remplacer leur fonction en réorganisant d'autres transistors vierges, il sera sauvé...»

On n'en est pas encore là. Ni sur la planète Mars où un robot-explorateur équipé d'ordinateurs auto-réparables aurait des chances supplémentaires de survivre. Cependant, dans le laboratoire du Prof. Mange, on peut déjà découvrir un assemblage de huit blocs électroniques : le premier objet au monde qui démontre la faisabilité d'un ordinateur qui se reproduit et se répare. On en parlait en théorie depuis 50 ans !

Ces blocs sont assemblés un peu comme des Léo®.

Les chercheurs du Laboratoire de systèmes logiques les ont appelés «biodules». Chaque bloc abrite un microprocesseur et possède un tableau d'affichage digital lumineux, comme ceux des réveils électroniques. Lorsque la démonstration démarre, seul le premier biodule a reçu en mémoire un petit programme à exécuter, à l'instar d'un ovule fécondé qui recèle dans son ADN l'ensemble du programme de l'organisme qu'il va créer en se divisant. Le premier biodule commence par copier son programme dans le second



Le Prof. Daniel Mange et ses «biodules».

biodule. Puis, de proche en proche, les huit biodules chargent dans leur mémoire le programme complet. Mais, seuls les quatre premiers blocs entrent en action pour se partager l'exécution du programme, comme en témoignent leurs écrans d'affichage. Les autres blocs restent en attente, prêts à prendre la relève en cas de défaillance du système.

C'est la position d'un biodule par rapport aux autres qui détermine la partie du programme qu'il exécute – de même qu'une cellule de notre foie ne lit pas les mêmes gènes qu'une cellule nerveuse, bien que toutes deux contiennent dans leur ADN le programme entier de notre organisme.

«Je déconnecte maintenant le troisième biodule», commente le Prof. Mange en appuyant sur un interrupteur. «Suite à cette agression, le système se réorganise: le quatrième biodule prend la fonction du troisième, désormais mort. Et un cinquième biodule, passif jusqu'ici, entre en action pour accomplir la tâche du quatrième. Le système s'est réparé: l'exécution du programme continue...»

Et maintenant : sur silicium !

Evidemment, personne ne voudrait acheter l'équivalent de huit ordinateurs pour faire tourner un programme informatique élémentaire. Mais il faut poser sur ce montage le même regard que sur les premiers calculateurs électriques qui remplissaient une salle entière: une prouesse d'ingénieur ouvrant une nouvelle voie.

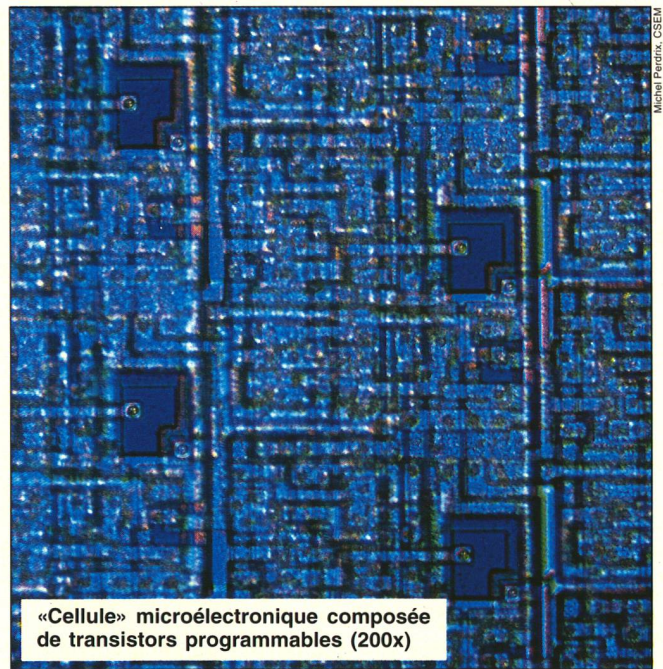
Les spécialistes des circuits intégrés sur silicium n'ont pas manqué de s'y lancer. Les équipes des Profs Mange et Eduardo Sanchez, qui partagent les mêmes locaux à l'EPFL, collaborent très activement avec celle de Pierre Marchal du CSEM (Centre suisse d'électronique et de microtechnique) à Neuchâtel. Ensemble, les ingénieurs ont déjà conçu plusieurs circuits intégrés auto-réparables qu'ils ont simulés sur ordinateur. La démonstration – une première mondiale elle aussi – a reçu un large écho dans la presse spécialisée et plusieurs industriels ont déjà réagi. Il est vrai que personne n'a jusqu'ici proposé les plans d'un processeur élémentaire dont on puisse couper ça et là les

connexions, sans qu'il ne cesse de fonctionner!

– «La dernière version de ce circuit sort de l'usine en ce moment», explique Pierre Marchal. «Ces prototypes, construits avec des techniques couramment employées pour

les circuits intégrés, vont subir une série de tests au cours des mois à venir. Nous allons notamment détruire des connexions électriques à coups de laser, pour évaluer comment ils se réorganisent.»

Dans ce cas, les cellules sont constituées de champs de



transistors programmables (*Field Programmable Gate Array*). Ce type de composants est apparu voilà cinq ans, lancé par la société anglaise Xilinx. Au lieu d'être déjà connectés de manière figées, comme dans un processeur normal, ces transistors sont «vierges»: leurs connexions se mettent en place par programmation, ce qui leur donne une grande souplesse de configuration. Les ingénieurs ont disposé ces transistors spéciaux par groupes de quatre cellules indépendantes qui se partagent la gestion d'un programme informatique commun. Il est prévu de créer des cartes électroniques constituées de plusieurs groupes de quatre cellules afin d'augmenter les performances. Bien que ces premiers circuits intégrés «bio-inspirés» ne fassent pas encore grand chose – quelques opérations logiques élémentaires – ils constituent eux aussi un saut considérable vers un nouveau monde d'applications.

Que va-t-il sortir de ces recherches fondamentales? Personne ne peut encore le dire. Mais une nouvelle philosophie est née, comme l'explique le Prof. Mange. «Dans les années 60, deux découvertes révolutionnaires dans des domaines complètement différents ont eu lieu: la compréhension du langage de l'information génétique inscrit sur l'ADN, et l'invention du circuit intégré sur silicium. Personne n'a pensé à l'époque qu'elles se rejoindraient un jour!» Le chercheur de Lausanne a organisé un premier cours pour les ingénieurs, consacré aux réseaux électriques de type cellulaire. En plus de quelques-uns des meilleurs spécialistes de l'informatique «bio-inspirée», il a eu l'idée d'y convier le Prof. Denis Duboule de l'Université de Genève, un biologiste spécialisé dans le développement des embryons. «C'est d'ailleurs en lisant *Horizons* que la parenté de nos travaux respectifs m'est apparue!»

