



26-28 IMMOBILIER
30 RADIO-TV
31 JARDIN
32 MÉTÉO

«Le silicium, matériau de l'ordre total»

TECHNIQUE • *Les microprocesseurs dirigent le monde, mais c'est un matériau banal et commun qui a permis la révolution numérique. Libero Zuppiroli, auteur du «Traité de la matière», raconte le miracle du silicium.*

JEAN AMMANN

«En général, on ne s'intéresse guère à la tripaille des ordinateurs», écrit Libero Zuppiroli, auteur du monumental «Traité de la matière», paru récemment aux Presses polytechniques et universitaires romandes. Pourtant, l'ordinateur est partout, pourtant, le monde est devenu numérique, pourtant, l'informatique est omnipotente. Ce qu'il y a d'extraordinaire, c'est que sans un matériau banal et commun, rien n'aurait été possible: à la base des microprocesseurs, il y a le silicium.

Parlez-nous un peu de ce que vous appelez le miracle du silicium, capable de véhiculer un milliard d'impulsions électriques par centimètre carré!

Libero Zuppiroli: Pour moi, oui, il y a un véritable miracle du silicium: on est capable de faire des surfaces de silicium, ou plus exactement des interfaces entre le silicium et l'oxyde qui sont d'une perfection totale. Le silicium est le matériau de l'ordre total! Naturellement, il coûte très cher et il faut générer beaucoup de désordre pour le fabriquer. Au fil du temps, les spécialistes ont appris à maîtriser la pureté du silicium, l'ordre dans le silicium et ensuite à fabriquer des circuits intégrés, c'est-à-dire à intégrer des contacts à une échelle presque nanométrique (un milliardième de mètre) sur cette surface de silicium, afin de commuter des empreintes électriques. Aujourd'hui, ces circuits intégrés sont presque tous produits en Asie. Cette technique extrêmement sophistiquée est à l'origine des microprocesseurs et permet aujourd'hui de fabriquer des puces bon marché que l'on peut mettre partout. Et vous voyez tout de suite se profiler le problème de la liberté: nous avons un matériau extraordinaire qui permet de traiter l'information, mais qui permet aussi de tout surveiller. La technologie, c'est fascinant, mais il y a toujours une face claire et une face sombre. L'utopie de la technologie consiste à ne montrer de ce Janus que la face claire!

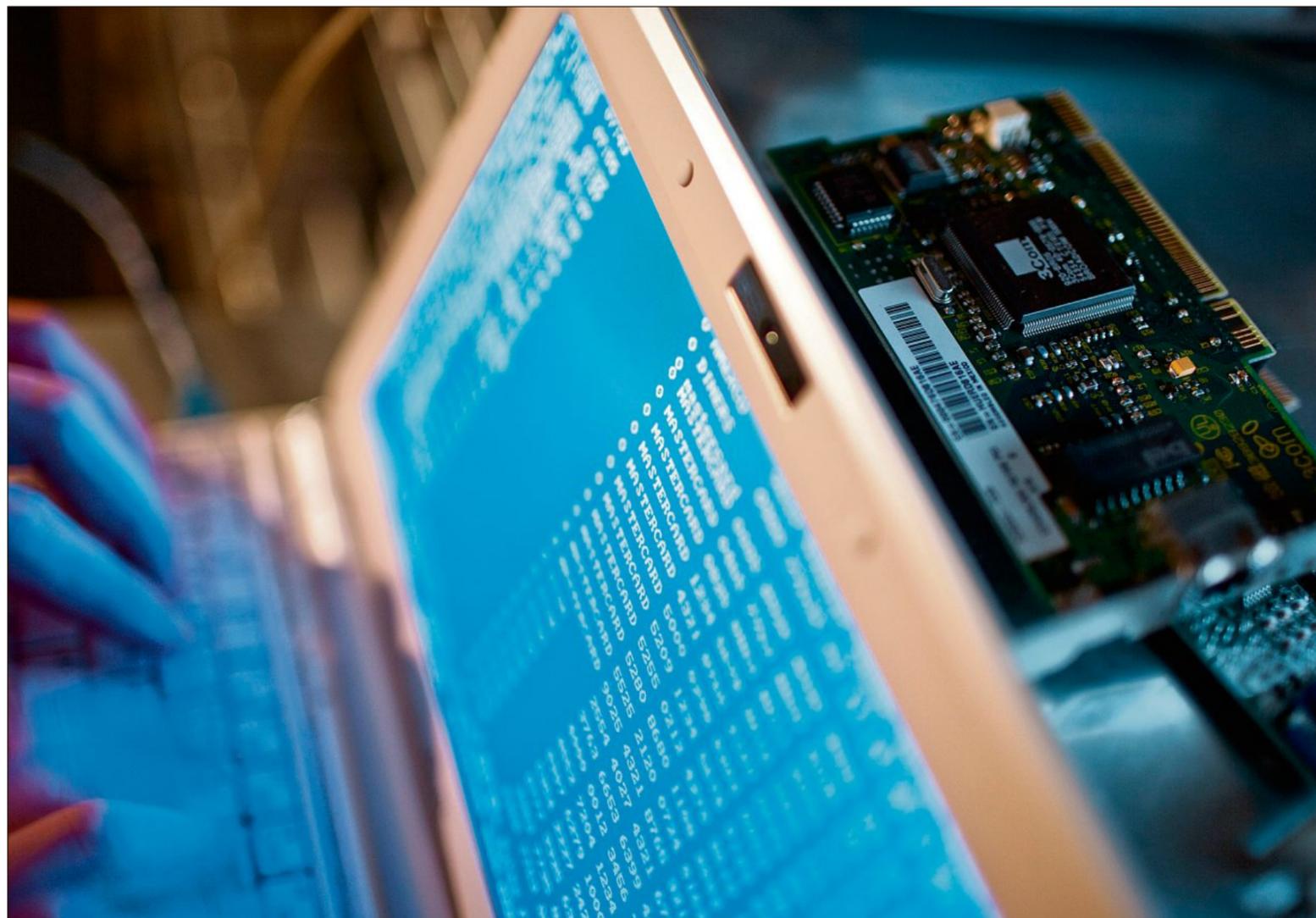


«Dans la technologie, il y a toujours une face claire et une face sombre»

LIBERO ZUPPIROLI

Vous avez une vision critique de la technique...

Oui, mais je ne suis pas technophobe. J'ai travaillé concrètement dans le domaine de la matière molle et des polymères. On peut faire des choses extraordinaires avec les polymères: on peut



Les microprocesseurs: un milliard d'impulsions électriques par centimètre carré! DR

économiser des ressources et créer des matériaux très nobles. Par exemple, les composites à fibres de carbone sont des matériaux fabuleux qui permettent de faire des choses légères pour le sport,

pour les transports, etc. Ce serait dommage de se passer des polymères dans ce genre d'applications, mais malheureusement, la principale application des polymères, ce sont les emballages, parce que dans ce monde qui est le nôtre, nous vivons dans une logique de supermarché. Et le supermarché, c'est l'emballage et personne ne sait que faire de ces emballages. Les recycler? Oui, mais c'est très cher. Alors, la plupart du temps, ils sont brûlés ou jetés. Ces polymères, dont on pourrait tirer des bénéfices ex-

traordinaires, sont source de problèmes. Je trouve que la technologie est fascinante et dangereuse à la fois. C'est un monde qui ne devrait pas être déconnecté de la politique.

Revenons au silicium. A-t-on essayé d'autres matériaux, ou bien, tout de suite, on s'est dit que le silicium était le support idéal de l'informatique naissante?

Dans les années 50, les recherches sont nées aux Etats-Unis, où John Bardeen, par exemple, a inventé le transistor. A cette époque, on s'est intéressé aux matériaux semi-conducteurs. On connaissait les matériaux conducteurs, qui provenaient de la métallurgie (le cuivre, l'aluminium, etc.); on connaissait les matériaux isolants (les roches, le mica, la porcelaine, les céramiques, etc.); et on s'est aperçu qu'entre ces deux familles, il y avait les semi-conducteurs,

qui permettaient de contrôler le nombre de charges transportées. Dans un métal, c'est impossible: dans du cuivre, vous avez pratiquement une charge par atome, et voilà... Avec les semi-conducteurs, en jouant sur la température ou par des processus comme le dopage, il était possible de contrôler le nombre de charges. A ce moment-là, plusieurs matériaux étaient envisageables, comme le germanium... Du côté de l'Union soviétique, on a entamé des recherches sur les semi-conducteurs organiques fabriqués par synthèse de molécules organiques.

Mais c'est le silicium qui s'est imposé...

Rapidement, toute la recherche a convergé vers le silicium qui permettait finalement le miracle de la pureté et de l'ordre. Pour l'heure, il n'y a pas d'alternative au silicium. Il faut savoir que si

vous voulez vous monter une usine de microprocesseurs, il vous faut investir 30 milliards de francs, alors que le marché de la micro-électronique s'élève à 380 milliards. Donc, si vous voulez changer quelque chose dans ce marché, il vous faudra d'abord trouver 30 milliards! Dans votre laboratoire, vous pourrez toujours dire que vous avez découvert un matériau extraordinaire, mais pour passer au stade de l'industrialisation, vous aurez besoin d'un investissement colossal. Aujourd'hui, ce serait utopique de prétendre remplacer le silicium.

Le silicium ne manque pas sur Terre...

Ah! non, le silicium est dans les sables, il est partout! C'est, dans la nature, le matériau le plus abondant, juste après vient l'aluminium... Ce qui coûte cher, ce n'est pas de le trouver, c'est de le travailler. I

«Les nanotechnologies? Beaucoup d'agitation!»

On parle beaucoup des nanotechnologies comme la technologie du futur, mais les nanotechnologies sont déjà dans notre environnement quotidien: les LED, par exemple, sont une application des nanotechnologies...

Libero Zuppiroli: Oui, nous étions déjà dans l'ère des nanotechnologies en 1960! La fabrication des Light Emitting Diodes (LED) par des méthodes d'épitaxie par jet moléculaire, ces techniques ont été mises au point presque au niveau industriel dans les années 1960. Le domaine des nanotechnologies se scinde en deux morceaux: vous avez une partie qui s'est développée entre 1930 et 1980, provenant directement de la mécanique quantique. Et à côté de ça, à partir des années 2000, on nous a servi un grand projet baptisé Converging technologies for improving human performance (technologies convergentes pour l'amélioration de la performance humaine). Là-dedans, on a mis les nanotechnologies, les

biotechnologies, les technologies de l'information et les sciences cognitives... A partir de ce moment, on a nourri le rêve de reconstruire le monde atome par atome. Ce projet engendre à peu près 60 000 articles par année et pourtant, il est très peu créatif. Ces Converging technologies for improving human performance, c'est une histoire de com! Leur chiffre d'affaires est de 20 milliards par an, quand celui des polymères est de 200 milliards par an. Donc, ce projet est une révolution un peu bidon.

Je pense que si l'on avait laissé les nanotechnologies se développer toutes seules, elles n'auraient pas fait moins bien. Les grandes découvertes des nanotechnologies sont antérieures à cette prétendue révolution qui veut améliorer l'humain... Au contraire, je crois que ce projet (Converging technologies for improving human performance) n'est pas sans danger: grâce à lui, on glisse des nanoparticules un peu partout.

Outre les LED, où trouve-t-on ces nanoparticules?

On les trouve dans les catalyseurs de la chimie, dans la chimie supramoléculaire de Jean-Marie Lehn, qui permet de faire de la reconnaissance moléculaire. On les trouve évidemment dans les microprocesseurs, mais tout ça, toutes ces techniques ont été mises au point, de façon silencieuse, dans les années soixante déjà. Le discours a changé dans les années 90, parce qu'à cette époque, les compagnies faisaient surtout leur beurre sur les marchés financiers. On a donc pensé qu'on pouvait balancer dans les universités la recherche et le développement qui se faisaient jusqu'alors dans les grandes multinationales. Du coup, on a lancé tous ces grands programmes «nano», qui ont semé beaucoup d'agitation dans les laboratoires et rapporté peu de choses... JA

> **Libero Zuppiroli**, «Traité de la matière», Presses polytechniques et universitaires romandes, 462 pp., 92 francs.

BIO EXPRESS

LIBERO ZUPPIROLI

> **Physicien**, âgé de 66 ans, Libero Zuppiroli a dirigé le laboratoire d'optoélectronique de l'EPFL jusqu'au mois de juin 2015. Il est déjà l'auteur du «Traité des couleurs» et du «Traité de la lumière», tous deux parus aux Presses polytechniques et universitaires romandes. «J'ai passé ma vie dans les laboratoires, dit-il. Ces livres sont un moyen d'humaniser la science.» «La Liberté» a publié un premier entretien avec Libero Zuppiroli le 19 janvier. JA