

«AJOUTER» et «RETRANCHER»), mais pas les connexions. En revanche, en utilisant les portes logiques libres pour diriger et stocker les signaux qui circulent sur les connecteurs de la puce, le compilateur du système *Raw* programmera les connexions.

La puce *Raw* est composée d'un réseau de nombreux pavés tous identiques (voir la figure 1), qui contiennent chacun des mémoires et des unités fonctionnelles. En outre, chaque pavé comporte un commutateur qui commande les connexions avec les pavés adjacents.

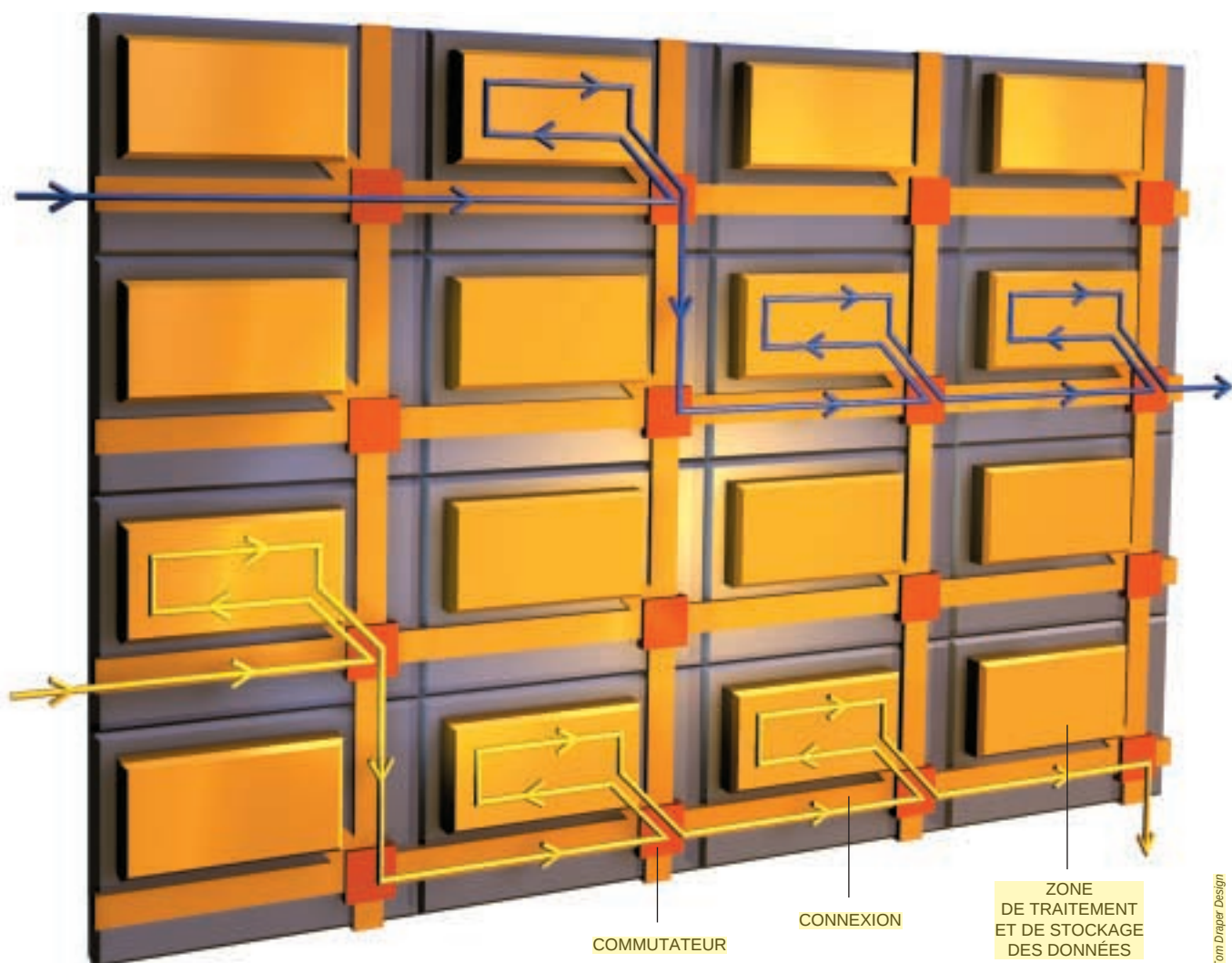
Le compilateur programmera les commutateurs de tous les pavés afin de créer un circuit spécifique à chaque cycle du fonctionnement de la puce.

Le trajet du signal est modifié pour chaque application.

Dans une première étape, le compilateur fragmente les connexions de la puce afin d'éviter les connexions longues (d'un pavé à un autre éloigné), qui requièrent de longs délais : chaque commutateur comporte des registres qui stockent les données de passage, de sorte que les connexions les plus longues sont divisées en de nombreux segments ; les signaux parcourent ainsi toute la longueur du connecteur, en passant d'un registre au suivant à chaque cycle d'horloge. Ainsi on réduit le cycle d'horloge (la fréquence d'horloge, c'est-à-dire le nombre de cycles par seconde, est alors augmentée). En 2010, les puces *Raw*

auront des fréquences d'horloge de 10 à 15 gigahertz (milliards de cycles par seconde), alors qu'aujourd'hui le microprocesseur le plus performant a une fréquence d'horloge de un gigahertz seulement. Les signaux parcourent les connexions fragmentées en plusieurs cycles d'horloge, mais de nombreuses données (une pour chaque segment) se déplaceront simultanément. Lorsque la première aura atteint sa destination, les composantes suivantes d'un signal arriveront successivement, cycle après cycle, augmentant ainsi le débit d'information dans la connexion.

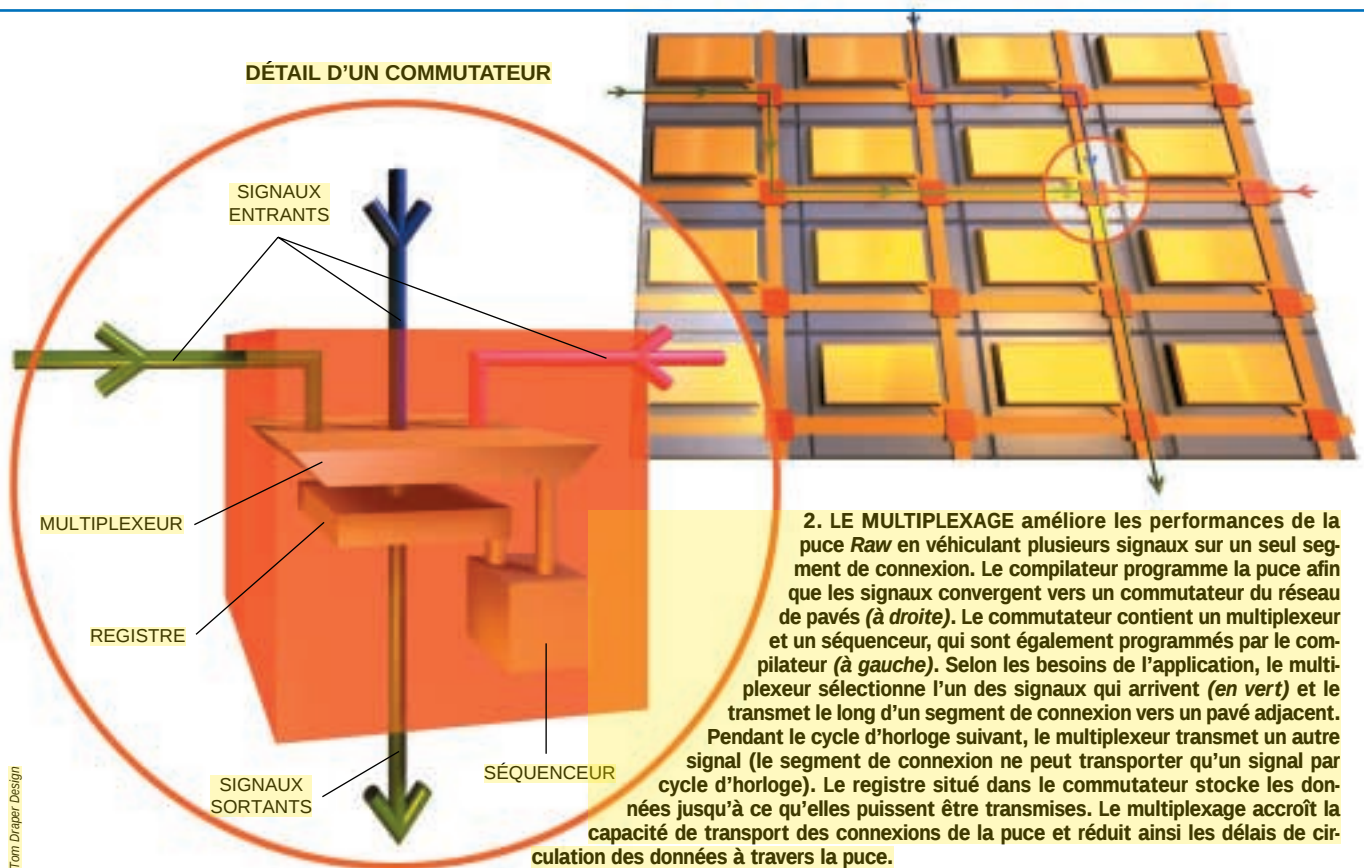
Le compilateur placera les données dans les emplacements de mémoire les plus proches possible des unités



1. LA PUCE RAW est un réseau rectangulaire constitué de nombreux pavés identiques (seule une petite partie de la puce est représentée ici). Chaque pavé contient une unité de calcul et des mémoires (rectangles orange). Les signaux se propagent le long de connexions, reliant chaque pavé à ses voisins, et sont aiguillés par des commutateurs placés à l'intersection des

connexions. Les trajets des signaux sont déterminés par un compilateur, qui programme les commutateurs selon les besoins de l'application en cours. Avec la puce *Raw*, plusieurs applications fonctionneront simultanément. Par exemple, des signaux vidéo (en bleu) et radio (en jaune) suivront chacun le chemin le mieux adapté à leur traitement.

Tom Draper Design



fonctionnelles qui les traiteront. Le nombre de cycles d'horloge nécessaires aux valeurs d'un signal pour se propager d'un site à un autre sera ainsi minimisé.

Dans une deuxième étape, nous avons tenté d'éviter le gaspillage des connexions en utilisant chacune d'entre elles pour relier plusieurs emplacements de mémoire et plusieurs unités fonctionnelles. Ce procédé, nommé multiplexage, est comparable au regroupement de plusieurs routes issues de différentes villes en une grosse autoroute. Lorsque plusieurs signaux parviennent à une extrémité d'un segment de connexion, un multiplexeur, composé de portes logiques, les sépare : pendant un cycle d'horloge, un seul signal est transmis le long du segment donné (voir la figure 2). Ainsi, les connexions dont les multiplexeurs ont été optimisés par le compilateur achemineront beaucoup plus de signaux que les connexions classiques.

Enfin, le compilateur dirigera les signaux le long de chemins optimaux, s'assurant qu'ils arrivent quand il le faut, là où ils sont nécessaires.

Grâce à cette architecture, de grandes quantités de données, par exemple

de l'information vidéo, seront véhiculées directement dans les parties de la puce où les calculs sont effectués : les performances et l'efficacité énergétique seront bien supérieures aux possibilités actuelles. La puce Raw que nous construisons aura plus de 1 000 broches d'entrée ou de sortie de données, soit dix fois plus que les microprocesseurs d'aujourd'hui.

La puce à tout faire

La puce Raw pourra effectuer des tâches diverses, tels le cryptage, la reconnaissance de la parole, les jeux ou la communication, dans un appareil unique. Quand l'utilisateur demandera : «Transforme-toi en téléphone», son appareil trouvera le logiciel approprié, l'installera et le compilateur adaptera les connecteurs de la puce Raw.

La même puce pourra ainsi commander plusieurs interfaces de communication, tels une caméra, un écran vidéo, des haut-parleurs, un microphone, une antenne pour les télécommunications et un convertisseur de signaux analogiques en signaux numériques. Ce dernier sera intégré à la puce Raw : toutes les fonctions pour lesquelles nous sommes aujourd'hui

obligés d'acheter du matériel spécialisé seront ainsi assurées grâce aux applications configurables directement dans les connexions de la puce.

Nous avons déjà construit un compilateur capable de programmer les applications sur un simulateur de la puce Raw, par exemple une radio avec une puce Raw de 128 pavés (voir *Les caméléons de la communication*, page 40). Nos résultats indiquent que l'application fonctionnera dix fois plus vite sur la puce Raw que sur n'importe quel microprocesseur classique. Nous avons multiplié par dix encore cette vitesse en optimisant l'application sans l'aide d'un compilateur. Cependant, nous souhaitons mettre au point un compilateur 100 fois plus performant. La puce Raw deviendra alors une puce logique universelle, qui remplacera les microprocesseurs généralistes et les micropuces spécialisées.

Anant AGARWAL est codirecteur du projet Raw du Laboratoire d'informatique de l'Institut de technologie du Massachusetts.

Michael DERTOUZOS, *What Will Be*, Harper Collins, 1997.