

Les instruments de SOHO sont commandés du Centre opérationnel situé au Centre Goddard de la NASA, près de Washington. Ce centre permet une planification quotidienne des observations et un contact quasi permanent, aussi bien pour la réception des données (50 kilobits par seconde en continu) que pour l'envoi des commandes

Pour faciliter et accroître la participation des scientifiques européens, l'Institut d'astrophysique

spatiale et le CNRS ont établi, à Orsay, un centre d'opérations, d'analyse et d'archivage des données (MEDOC). Les données d'observations y parviennent en direct du centre américain. Elles sont alors traitées et mises à la disposition des utilisateurs. Il est également possible d'y programmer des observations. Enfin, le MEDOC assure à Orsay, bientôt à Toulouse, l'archivage des données au titre de Centre d'archivage européen de SOHO.

SWAN détecte la structure du vent solaire : il a montré que le vent solaire est plus intense dans le plan équatorial du Soleil qu'au-dessus des pôles Nord et Sud.

Sur la Terre

Alors que l'économie mondiale se fonde progressivement sur des satellites en orbite autour de la Terre, elle devient plus vulnérable aux influences magnétiques solaires. Outre les tempêtes magnétiques, des éruptions coronales massives déclenchent des aurores polaires qui peuvent endommager les satellites. D'autres éruptions intenses, nommées éruptions solaires, expulsent des particules de haute énergie qui peuvent mettre en danger les astronautes et détruire l'électronique des satellites. Si nous connaissions des événements précurseurs de ces éruptions, SOHO serait un système de veille idéal.

Stationné juste devant la Terre, le satellite peut repérer les particules menaçantes avant qu'elles ne nous atteignent : son système CELIAS (pour «système d'analyse de charges, éléments, et isotopes») mesure la quantité relative d'éléments et d'isotopes rares qui n'étaient pas observés auparavant. La comparaison de ces quantités nous renseigne sur les conditions

physiques de l'atmosphère solaire, d'où provient le vent solaire. Deux autres instruments, l'analyseur COSTEP (particules suprathermiques et énergiques) et l'instrument ERNE (noyaux et électrons énergiques et relativistes), ont déjà mesuré directement les flux d'électrons, de protons et de noyaux d'hélium très énergiques approchant la Terre. L'origine de ces particules a été établie : elles proviennent d'éruptions solaires violentes détectées par l'instrument EIT. De tels événements deviendront sans doute plus nombreux lorsque l'activité solaire augmentera. SOHO suivra alors ces éruptions dès leur commencement, sous la surface visible du Soleil, jusqu'à la Terre et au reste du Système solaire.

En attendant, certains de ses instruments explorent d'autres phénomènes mystérieux. Les systèmes GOLF et VIRGO, par exemple, auront bientôt observé les oscillations solaires suffisamment longtemps, et suffisamment en profondeur, pour déterminer la température et la rotation au centre du Soleil. De surcroît, quand l'agitation interne et l'activité magnétique de notre étoile s'accroîtront, au cours des prochaines années, SOHO devrait déterminer comment naissent les éruptions menaçantes et le vent chaud et prévoir peut-être les conditions qui règnent dans l'atmosphère du Soleil.

Kenneth LANG est professeur d'astrophysique à l'Université Tufts.

Kenneth LANG, *Le Soleil et ses relations avec la Terre*, Springer-Verlag, 1997.

The SOHO Mission, sous la direction de Bernhard Fleck, Vicente Domingo et Arthur I. Poland, numéro spécial de *Solar Physics*, vol. 162, n° 1-2, 1995.

Elizabeth NESME-RIBES, Sallie L. BALIU-

NAS et Dmitry SOKOLOFF, *La dynamo stellaire*, in *Pour la Science*, octobre 1996.

Kenneth R. LANG, *Unsolved Mysteries of the Sun, Parts 1-2*, in *Sky and Telescope*, vol. 92, n° 2, pp. 38-42, août 1996 et vol. 92, n° 3, pp. 24-28, septembre 1996.

De nombreux liens vers le MEDOC et vers divers sites sur SOHO sont accessibles de notre site Web :

<http://www.pourlascience.com>

Les ordinateurs configurables

JOHN VILLASENOR • WILLIAM MANGIONE-SMITH

L'industrie de la microélectronique met au point des ordinateurs qui modifient la configuration de leurs circuits durant leur fonctionnement. Ils excellent dans la reconnaissance de formes, le traitement d'images et le chiffrement des informations.

La conception d'un ordinateur est toujours un compromis entre rapidité et polyvalence : les puces généralistes exécutent relativement lentement des tâches variées, tandis que les circuits spécialisés font très rapidement des calculs particuliers. Les microprocesseurs des ordinateurs personnels, tels le *PowerPC* de la Société *Motorola* ou le *Pentium* de la Société *Intel*, sont généralistes : des programmes binaires (0 ou 1) leur font exécuter n'importe quelle opération logique, et ils servent aussi bien au traitement de texte qu'aux jeux.

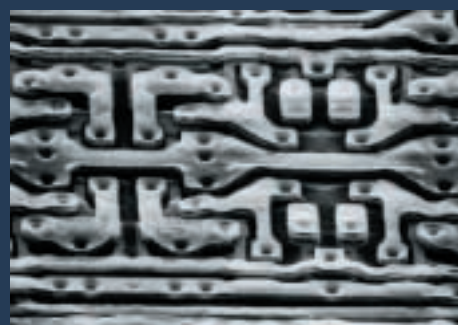
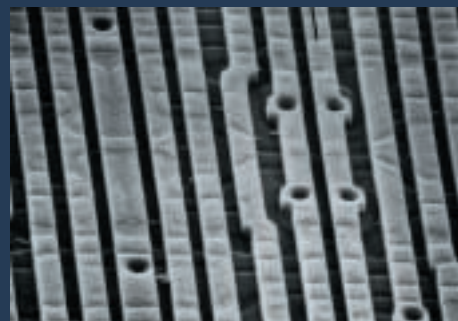
En revanche, les circuits spécialisés nommés ASIC (l'acronyme anglais d'*Application-Specific Integrated Circuit*, soit «circuit intégré spécifique») ne sont conçus que pour une tâche précise. Plus petits, plus rapides et moins onéreux que les processeurs généralistes, ils consomment en outre moins d'énergie. Un coprocesseur graphique conçu sur mesure pour un ordinateur personnel, par exemple, peut tracer des traits ou colorier des images à l'écran 10 à 100 fois plus vite qu'une unité centrale généraliste.

Lors de la création d'un ordinateur, le coût détermine souvent le choix du type de puces employées. Un circuit spécialisé bien conçu résoudra le problème pour lequel il a été construit, mais probablement pas un problème légèrement différent. En outre, si l'on crée ultérieurement un circuit modifié pour résoudre le nouveau problème, on l'intègre diffici-

lement au reste de l'ordinateur initial. Ainsi, l'effort de recherche investi dans la création d'un processeur spécialisé doit être amorti avec un petit nombre d'unités.

Aujourd'hui, une nouvelle sorte de puces allie la souplesse des puces généralistes et la puissance des circuits spécialisés : les circuits logiques configurables, ou FPGA, l'acronyme anglais de *Field-Programmable Gate Array*. Grands et rapides, ces circuits intégrés peuvent être modifiés au cours de leur utilisation. Ils sont composés de blocs logiques configurables qui effectuent les opérations fondamentales des portes logiques. Les portes logiques sont des opérateurs à plusieurs entrées et à une sortie. Ce sont elles qui exécutent les opérations binaires de base telles que ET, NON-ET, OU, NON-OU et OU EXCLUSIF. Dans la plupart des matériels informatiques utilisés aujourd'hui, les fonctions logiques des portes sont précâblées sur les circuits et ne peuvent être modifiées. En revanche, dans les circuits configurables, des signaux envoyés au circuit modifient les fonctions logiques exécutées dans les blocs logiques ainsi que les connexions entre ces blocs. Ces blocs ont la même structure que ceux qui composent les circuits spécialisés, mais on peut les connecter à volonté, lors de la programmation.

Les premiers circuits configurables ne convenaient qu'aux ingénieurs qui devaient tester rapidement plusieurs



Integrated Circuit Engineering

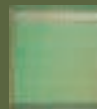
1. CE CIRCUIT INTÉGRÉ (à droite) comporte des circuits qui peuvent se modifier en cours de fonctionnement. Les micrographies à

configurations, lors de la mise au point de nouveaux circuits, ou aux sociétés qui proposaient des remises à jour occasionnelles : le remaniement des connexions durait plusieurs secondes. Aujourd'hui, les circuits configurables se reconfigurent en une milliseconde, et nous estimons que ce temps sera divisé par dix d'ici deux ans. Dans le futur, on peut même envisager des équipements informatiques qui

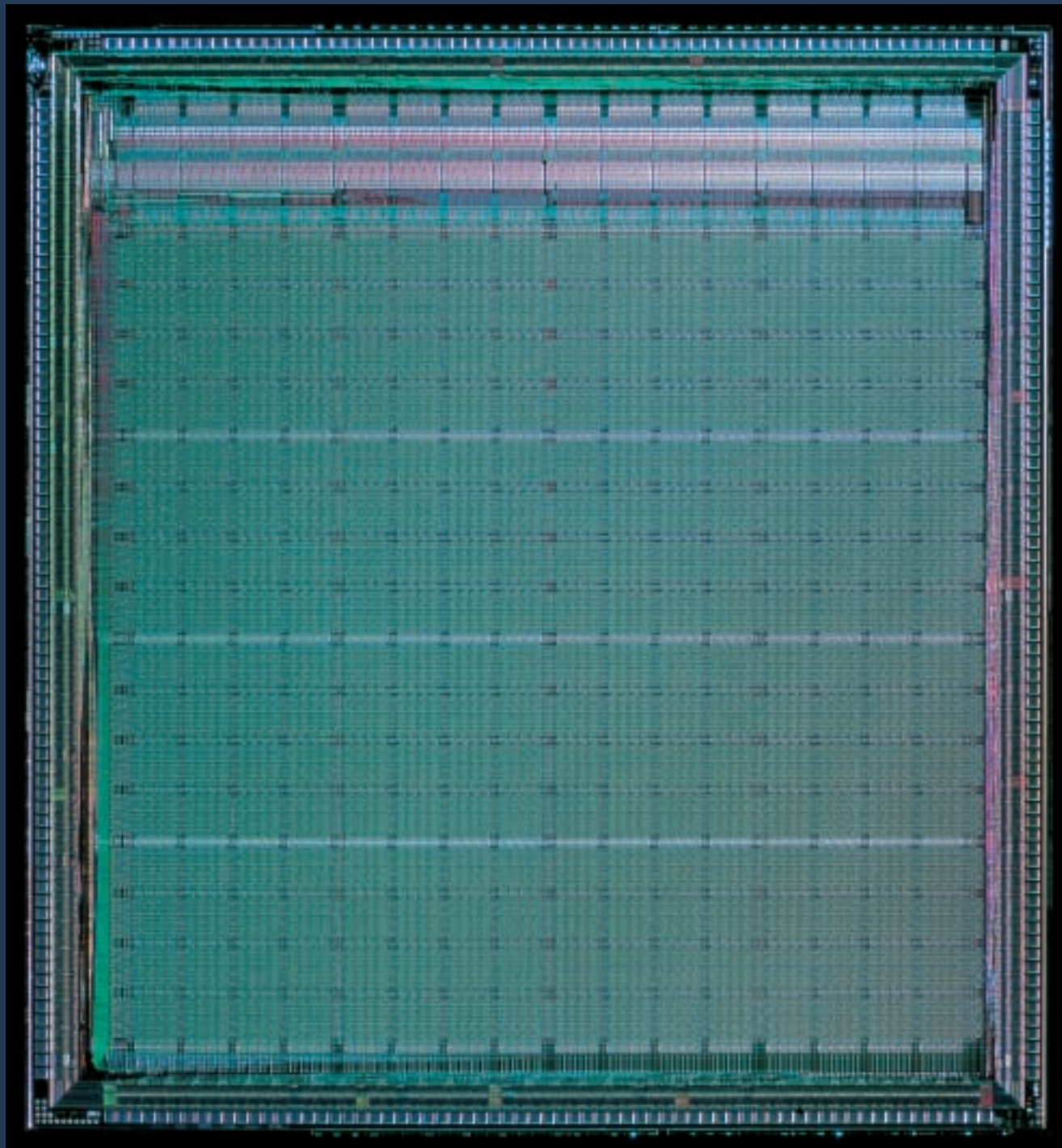
s'adapteront presque en continu selon les données d'entrée ou l'environnement de calcul.

Les divers types de processeurs configurables ont tous la même structure de base : de nombreux blocs logiques à configuration variable sont reliés par un réseau de connexions programmables. On distingue deux sortes de circuits configurables : les circuits à grosse granularité, composés d'un

petit nombre de blocs logiques puissants, et ceux à granularité fine, avec beaucoup de blocs simples. Les blocs des circuits à grosse granularité additionnent ou comparent deux nombres, des opérations déjà élaborées. En revanche, les blocs des circuits à granularité fine comparent uniquement deux nombres binaires, comme le



TAILLE RÉELLE



balayage électronique (à gauche) montrent trois des couches métalliques successives (de haut en bas, grossi 3 000 fois) d'une bascule bistable dans un circuit logique configurable. La bas-

cule contient quatre éléments de mémoire qui pilotent un interrupteur (zones colorées, en bas) qui assure la création de passages conducteurs dans le circuit.

font les portes logiques binaires. Les concepteurs de circuits choisissent la granularité des puces selon les applications envisagées et le temps disponible pour construire des sous-systèmes complexes.

On fait des usages variés des circuits modifiables dans les ordinateurs. Le plus simple est le changement de

fonction des circuits sur commande, l'équivalent matériel d'un changement de programme. Les reconfigurations lentes, de l'ordre de plusieurs secondes, seront sans doute acceptables pour de telles applications. Des temps de programmation plus courts autorisent la modification dynamique de circuits, c'est-à-dire l'exécution d'une série de

tâches séparées par des reconfigurations entre les tâches successives. De tels dispositifs utilisent la puce en temps partagé et basculent si vite d'une configuration à l'autre que le circuit semble exécuter toutes les fonctions en même temps.

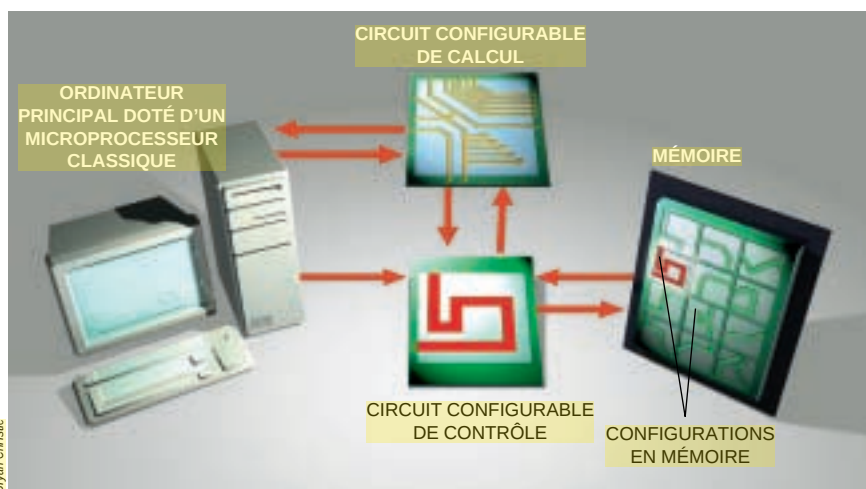
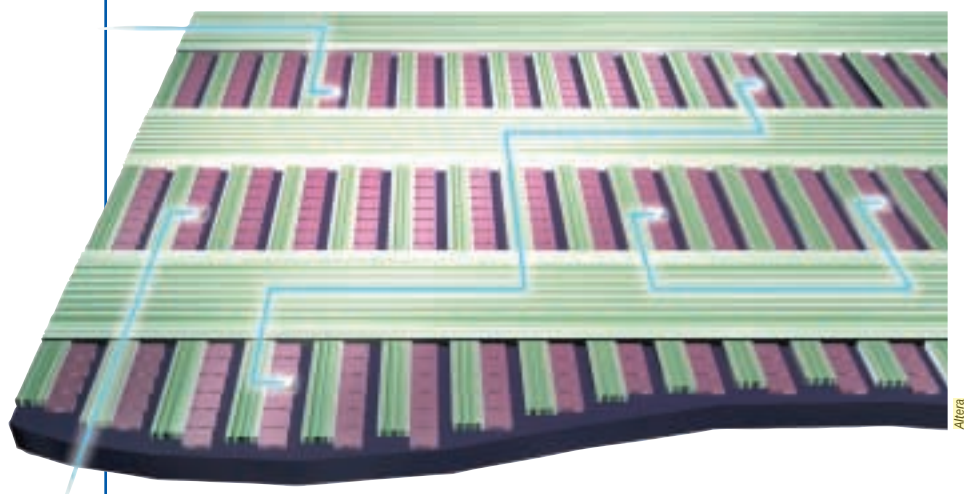
En utilisant cette approche, nous avons construit un système de transmission vidéo avec une seule puce, que l'on modifie quatre fois pour chaque image. Ainsi le circuit total est quatre fois plus petit que celui qui serait nécessaire si les puces étaient classiques. La puce configurable stocke d'abord en mémoire le signal vidéo entrant, puis elle effectue deux traitements d'image différents, et se transforme finalement en modem pour transmettre le signal.

Les circuits configurables les plus prometteurs sont ceux qui se modifient pendant l'exécution d'une tâche, en optimisant eux-mêmes leur configuration afin d'améliorer leurs performances. Ainsi, une puce de reconnaissance d'images pourrait s'automodifier selon les caractéristiques détectées : si elle détecte une voiture ou un camion, par exemple, elle déconnecte les circuits prévus pour reconnaître des avions (objets rapides) ou des personnes (au déplacement lent) et concentre sa puissance de calcul sur des véhicules terrestres. Pour certaines applications, les ordinateurs intégrant ces puces seront bien plus rapides et polyvalents que ne pourront jamais l'être les ordinateurs composés de processeurs généralistes ou spécialisés.

Un circuit programmable

On crée et l'on supprime des circuits (lignes bleues) dans un processeur configurable (FPGA) en envoyant des signaux électroniques à des portes logiques. Une grille de canaux de connexion disposés en colonnes et en lignes permet au concepteur de connecter un élément logique à d'autres, à une mémoire ou à un micro-

processeur externe. Les éléments logiques sont regroupés en blocs qui effectuent des opérations binaires fondamentales comme ET, OU ou NON. Plusieurs sociétés, telles Xilinx et Altera, ont mis au point des puces qui calculent aussi rapidement que des circuits classiques à 100 000 portes logiques.



2. LES ORDINATEURS À ARCHITECTURE HYBRIDE combinent des microprocesseurs généralistes classiques et des puces adaptables. Ainsi l'ordinateur à jeu d'instructions dynamique construit à l'Université Brigham Young contient deux circuits configurables et de la mémoire sur une carte électronique reliée à un ordinateur personnel. Le circuit configurable de contrôle charge les configurations de circuit stockées dans la mémoire vers le circuit configurable de calcul, suite aux requêtes du logiciel d'exploitation. Quand la mémoire ne contient pas un circuit demandé, le circuit de calcul envoie une requête à l'ordinateur, qui charge alors la configuration du circuit désiré.

La reconnaissance de forme

L'une des applications les plus prometteuses des ordinateurs configurables concerne la reconnaissance de formes. Celle-ci s'utilise pour l'identification des écritures manuscrites ou des visages, l'interrogation des bases de données ou l'identification automatique de cibles. L'opération fondamentale de la reconnaissance de formes est la comparaison d'un ensemble de bits d'entrée (qui représentent une image, une chaîne de caractères ou toute autre donnée) avec un ensemble de modèles mémorisés ; le système reconnaît les données lorsque le nombre des bits d'entrée qui concordent avec les bits du modèle dépasse un seuil.

Dans le cas de l'identification de cibles – une application militaire qui motivait certains de nos premiers tra-