

# MICRO SYSTEMES

MARS 1988 - N° 84

**DOSSIER :**

## L'ÉLECTRONIQUE MOLÉCULAIRE

### CADEAU:



**UNE GRAVURE  
REALISEE SUR  
ORDINATEUR  
A L'INTERIEUR!**



## SPÉCIAL IMAGES

**IMAGINA 88 - LES INFOGRAPHISTES JAPONAIS  
IMAGERIE MÉDICALE - USA : LA 2<sup>e</sup> GÉNÉRATION  
LES MÉCANISMES DE L'ÉMOTION - LES CRÉATEURS**

T 1508 - 84 - 28,00 F



3791508028005 00840



# BORLAND: accédez

7



## TURBO PASCAL 4.0 DISPOSE DE CINQ NOUVEAUX TOOLBOX

Turbo Pascal 4.0 dispose de ses propres toolbox.

**Database Toolbox** \* pour le développement d'applications de base de données.

**Editor Toolbox** \* pour construire votre propre traitement de texte ou incorporer un éditeur dans vos applications.

**Graphic Toolbox** \* pour construire des graphiques en haute résolution.

**Gameworks** \* pour apprendre la théorie des jeux et créer votre propre logiciel ludique.

**Méthodes numériques** \* pour TURBO PASCAL.

Pour les scientifiques et les ingénieurs, un ensemble très complet de routines et de programmes pour doter vos applications de puissants outils mathématiques.

\* Version anglaise uniquement - Vérifiez les disponibilités. Echange gratuit dès disponibilité de la version française.

## LES PRINCIPAUX ATOUTS DE TURBO PASCAL 4.0

- ▶ Il permet de générer des programmes supérieurs à 64 Ko et d'exploiter toute la mémoire disponible.
- ▶ Il admet la compilation séparée de modules (unités) et sait gérer des bibliothèques.
- ▶ Il compile à 27000 lignes à la minute.
- ▶ Il possède un environnement de programmation intégré.
- ▶ Il inclut un gestionnaire de projet "Make".
- ▶ Il détecte et localise de façon interactive les erreurs.
- ▶ Il inclut une version "ligne de commande" du compilateur.
- ▶ Il vous repositionne automatiquement lors du lancement dans le dernier programme traité.
- ▶ Il vous offre la possibilité d'accéder à toutes les fonctions du DOS sans quitter 4.0.
- ▶ Il offre en standard de nouveaux types de données (WORD, LONG INTEGER) et tous les types propres au format IEEE avec une précision numérique maximale.
- ▶ Il possède un "LINKER" intelligent qui ne conserve dans le fichier exécutable que les éléments de la bibliothèque standard réellement utilisés. Il en résulte des fichiers .EXE nettement plus compacts.

## ... LES LANGAGES DE LA REUSSITE

### TURBO PASCAL 3.0 :

Le standard universel

Le langage Pascal était en sommeil avant que nous lui donnions un très puissant stimulant. Avec les versions 3.0 et 4.0 de Turbo Pascal, incontestablement, notre capacité à mettre au point des compilateurs ultra rapides a été le facteur déterminant.

"Devant l'amoncellement de tous les avantages offerts par Turbo Pascal, comment s'étonner de l'important succès qu'il a remporté".

MICRO ORDINATEUR

- Six toolbox disponibles

### TURBO C :

Sans doute le plus puissant environnement de développement professionnel qui n'ait jamais été écrit. Avec Turbo C, notre technologie est tellement en avance que nous avons creusé un écart considérable avec les autres C.

Nous avons conçu pour Turbo C une interface utilisateur tout à fait révolutionnaire qui en fait un merveilleux facteur de productivité.

"Turbo C, une très grande rapidité de compilation et d'exécution, un environnement de développement particulièrement convivial..."

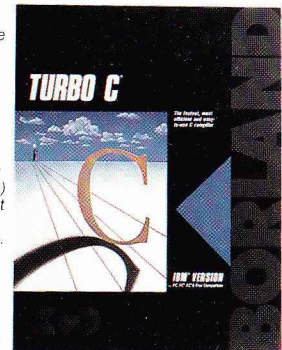
DECISION INFORMATIQUE

NOUVEAU : Version 1.5 en français

### PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES

- ▶ **Compilateur** : compile en une passe en générant du code natif, des modules objets ou des fichiers source assembleur. Le format des fichiers objets est compatible avec l'éditeur de liens PC DOS. Six modèles de mémoire mixables : tiny, small, medium, compact, large, huge. (Utilise le 8087/80287 si celui-ci est installé).
- ▶ **Editeur interactif** : le système comprend un puissant éditeur plein écran. Si le compilateur détecte une erreur, l'éditeur positionne le curseur automatiquement sur celle-ci dans le code source.
- ▶ **Environnement de développement** : une fonction Réalisation/Projet (Make) est incluse qui rend le développement en C particulièrement facile. Gestion des fenêtres et des menus déroulants.
- ▶ **Edition de liens** avec des modules objets relogeables créés par Turbo Prolog.
- ▶ Compatible avec le standard ANSI du C.
- ▶ Environnement intégré ou en lignes de commandes.
- ▶ Source de bibliothèques Runtime également disponible.

**NOUVEAU**  
Version 1.5



1295 F.H.T.

us complète des langages de programmation



## MICRODIGEST

Toute l'actualité du monde micro-informatique : les nouveaux matériels et logiciels, les livres, les rendez-vous de l'informatique..... 27

## ESSAIS

- Amstrad PCW 9512 : plus ordinateur que traitement de texte / Philips Videowriter 250 : totalement dédié traitement de texte ..... 75
- Trois dimensions pour un tableur avec Boeing Calc / Vos données en valeurs et en couleurs avec Boeing Graph ..... 81
- Evolution : premier traitement de texte sous Gem et sous Windows... 89
- Smart : le nouvel intégré ..... 95

## THEME DU MOIS

- Du béliographe à la palette infographique : des outils de manipulation des images de plus en plus puissants..... 102
- Les créateurs ont la forme ..... 122
- Images de synthèse : les mécanismes de l'émotion ..... 135
- Imagerie médicale : le temps des radiations ..... 141
- Infographistes japonais : sur la trace des grands ..... 146
- Images de synthèse au Japon : la fin du grand désordre..... 153
- La deuxième génération de l'image de synthèse aux Etats-Unis..... 157
- Les défis technologiques et commerciaux..... 161
- Réconcilier les techniques de l'image ..... 167

## DOSSIER

L'électronique moléculaire ..... 170

## INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

- L'intelligence artificielle libère l'image de synthèse ..... 185
- Japon : Vision, IA et robotique..... 190

## LEGISLATION

Les systèmes experts et le droit ..... 203

## ET AUSSI...

- Petites annonces ..... 209
- Le bonus de Micro-Systèmes..... 214
- Index des annonceurs ..... 216

P.D.G. - Directeur de la publication : Jean-Pierre Ventillard. Rédacteur en chef : Georges Pecontal. Rédacteur en chef adjoint : Michel Fulgoni. Chef de rubrique : Marc Guérin. Secrétaire de rédaction : Ingrid Halvorsen. Secrétariat-Coordination : Sylvie Dubois. Maquette et conseil artistique pour le thème du mois : Laurent Marinot.

Ce numéro a été réalisé avec la participation de : P. Barbier, A. Bloch, C. Buignet, A. Cappucio, J.-Y. Corre, M. Domancich, C. Dumast, G. Fouchard, A. Hemery, E. Launet, C. Lepecq, L. Levasseur, C. Rémy, J. de Schryver, Y. Signac. Photos et illustrations : J.-M. Aragon, Colin-Thibert, Delius, B2Faix, P. Giffard, P. Metzger, E. Proy, M. Tostin, C. Ursin.

Image de couverture : Stanley and Stella, « Breaking the ice », Sté Whitney/Demos Prod. (USA), Symbolics Graphics Division, Philippe Bergeron.

Rédaction : 2 à 12, rue de Bellevue, 75940 Paris Cedex 19. Tél. : 42.00.33.05. Publicité, Promotion : S.A.P., 70, rue Compans, 75019 Paris. Tél. : 42.00.33.05. Directeur de la publicité : Jean-Pierre Reiter. International Advertising Manager : M. Sabbagh. Chef de Publicité : Francine Fighiera, assistée de : Karine Jeuffrault. Directeur des Ventes : J. Petauton. Abonnements : O. Lesauvage. 1 an (11 numéros) : 225 F (France), 390 F (Etranger), 11 numéros par an : 286 F (prix de vente au numéro). 2 à 12, rue de Bellevue, 75019 Paris. Directrice de la promotion : Mauricette Ehlinger. 2 à 12, rue de Bellevue, 75019 Paris. Tél. : 42.00.33.05.

Société Parisienne d'Édition. Société anonyme au capital de 1 950 000 F. Siège social : 43, rue de Dunkerque, 75010 Paris. Direction - Administration - Ventes : 2 à 12, rue de Bellevue, 75940 Paris Cedex 19. Tél. : 42.00.33.05. Telex : PGV 230472 F.

Copyright 1988. Société Parisienne d'Édition. Dépôt légal : Mars 1988. N° d'éditeur : 1503. Distribué par SAEM Sports Presse. Photocomposition : Algaprint. Titrage : Tygra.

MICRO-SYSTEMES décline toute responsabilité quant aux opinions formulées dans les articles. Celles-ci n'engagent que leurs auteurs. « La loi du 11 mars 1957 n'autorise, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part que « les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants-droit ou ayants-cause, est illicite » (alinéa premier de l'article 40). Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code Penal. »





# POUR LES TIMBRÉS

RÉPUBLIQUE INFORMATIQUE



3690

P2200



## THÈME DU MOIS

prendre leurs marques, sans risque d'erreur. On imagine facilement ce qui se passerait si, pour bombarder une tumeur au cerveau, le rayonnement lésait le nerf optique, ou si, à l'arrivée, ils n'étaient pas convergents. Séance après séance, les doses absorbées et leur action sur la tumeur seront vérifiées.

### Le patient est découpé en tranches

A diverses étapes du traitement, le patient sera ainsi découpé en tranches d'une précision méticuleuse. Les soins qui lui sont prodigués incluent un ensemble de caches, ou boucliers, découpés dans du ceroben, alliage mou à base de plomb, d'étain et d'alliages divers que les spécialistes qualifient de « soupe ». Grâce au ceroben, le malade sera protégé sélectivement. L'exposition au rayonnement rend l'os friable et, malgré la fiabilité de l'informatique, les précautions sont multipliées.

Pour obtenir une information sophistiquée, l'imagerie médicale utilise des algorithmes puissants, capables de redéfinir, par interpolation et optimisation, des plans quelconques. On reconstitue ainsi des coupes non transverses, par des programmes appropriés, ce qui explique la précision obtenue.

### Fonction inverse et fil de fer

La technique du fil de fer est utilisée pour obtenir des documents de synthèse, et l'habillage peut ainsi être demandé, de l'os jusqu'à la peau, par couches successives. Les organes demeurent en transparence, et les couleurs, par superposition, permettent de distinguer les zones irradiées, ainsi que l'enveloppe globale du rayonnement. Pour que celui-ci soit uniforme, il faudra utiliser des caches, calculés par des procédés mathématiques. Lorsque plusieurs faisceaux convergent, on obtient en premier lieu une quantité d'irradiation rappelant une courbe de Gauss. Les caches

concentriques qui diminueront sélectivement le rayonnement correspondent, dans leur positionnement, à la fonction inverse du rayonnement simulé. Cela permet ainsi d'obtenir l'homogénéisation des doses.

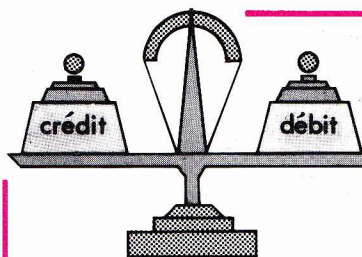
Après irradiation, les tissus touchés meurent; cela suscite un ensemble de problèmes comportementaux (tolérances, facilité de repopulation) qui conditionne le fractionnement dans le temps, et par zones, des soins à effectuer. Lorsque le corps évacue les cellules mortes, les précautions prises évitent les nécroses.

### Retour à l'état atomique

L'accélérateur de particules rappelle certains principes ayant permis l'élaboration de la bombe atomique. Un faisceau de particules est accéléré et dirigé vers la tumeur. Les électrons ne s'enfoncent qu'à quelques centimètres... Les photons, au contraire, pénètrent sans difficulté en profondeur. Leur action désorganise les cellules et molécules, qui retombent au niveau atomique, en total état de désorganisation. C'est la mort progressive de la tumeur.

Avec l'aide de l'informatique, cela donne un outil puissant dont les inconvénients sont gommés. Mais les programmes ne sont pas encore suffisamment précis, et des problèmes demeurent. De même, les systèmes experts qui leur sont parfois associés ne remplacent pas le spécialiste. Ils expriment des conseils, par des décisions. Les connaissances existantes sont regroupées dans le cadre du CÉRIG, et accessibles à tous les chercheurs, sur simple demande. En médecine nucléaire, et en imagerie médicale, il n'existe qu'un seul travail: le travail d'équipe, pluridisciplinaire, international, dans un lent cheminement vers l'amélioration des méthodes. Le jour de notre visite, le centre de radiophysique recevait le matin une délégation russe, à midi une équipe américaine, et notre interlocuteur partait le lendemain pour le Centre Jean-Perrin à Clermont-Ferrand.

Jacques de Schryver



**AutoCompta 3:**  
Comptez sur moi!

**650 F h.t.**  
soit 770,90 F t.t.c.

- **simplicité** : saisie contrôlée, menus déroulants, éditions paramétrables, grilles d'aide, non protégée
- **puissance** : multi-sociétés, 64 000 écritures par société
- **sécurité** : fichiers récupérés après coupure de courant
- **assistance** : support téléphonique gratuit

#### SAISIE

- appel du compte par son numéro ou par son libellé
- accès au compte suivant ou précédent
- création en temps réel des comptes inexistants
- positionnement par défaut dans la colonne débit ou crédit, en fonction du type de journal
- modification des écritures par déplacement dans le journal avant sa validation

#### ÉDITIONS

- plan comptable, balance, grand livre
- journaux, journal général
- bilan, compte de résultat
- choix des pages de comptes et/ou de dates

#### Et bien d'autres possibilités...

#### CARACTÉRISTIQUES

- Comptabilité générale conforme au N.P.C.
- nécessite un PC/XT/AT\* ou un PS/2\*
- mémoire centrale de 384 Ko, MS-DOS\*
- 100 sociétés, 32 000 comptes par société
- 64 000 écritures annuelles par société

**SOMMA**  
France

3, rue Ruhmkorff  
75017 PARIS  
Tél. : (1) 45 72 17 38 +  
Télex : 642 255

#### BON DE COMMANDE

MS 03/88

Nom : \_\_\_\_\_  
Société : \_\_\_\_\_  
Adresse : \_\_\_\_\_  
Ville : \_\_\_\_\_

**AutoCompta 3\*** Ci-joint chèque de **770,90 FTTC**  
sur disquette 5" 1/4  sur disquette 3" 1/2

Je désire recevoir une documentation

Si **AutoCompta 3** ne vous donne pas satisfaction dans les quinze jours, Somma France vous le rembourse (moins 70 F pour frais).

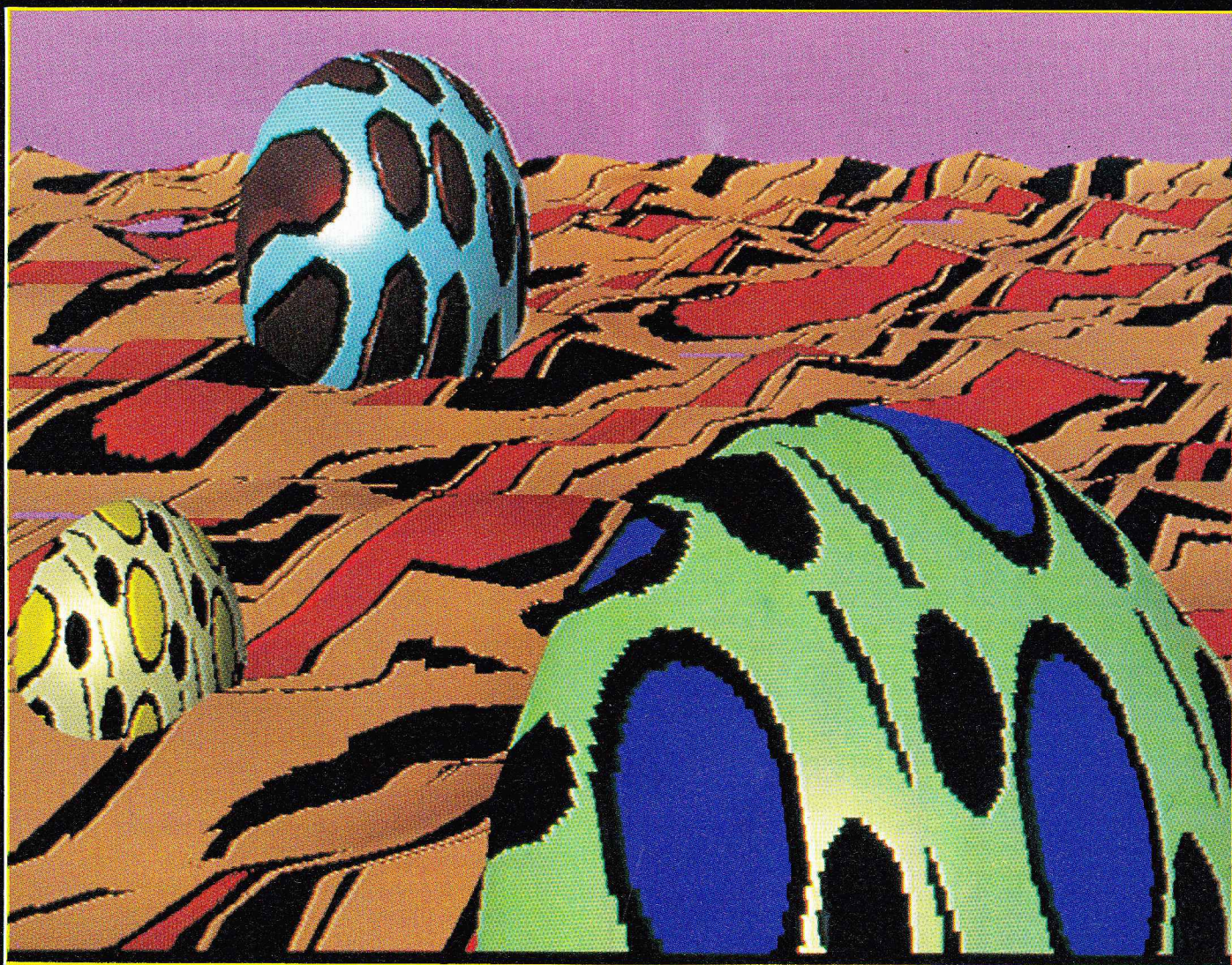
\*marques déposées.



INFOGRAPHISTES JAPONAIS:

# SUR LA TRACE DES

La concurrence de milliers d'infographistes japonais pilotant avec aisance des systèmes haut de gamme et pour qui le lancer de rayons ne comporte plus de secret : voilà ce qui pousse les plus aventuriers d'entre eux à s'intéresser à des disciplines voisines et à y ancrer le produit de leur réflexion infographique. La peinture, la sculpture, le film, tous les champs des Arts plastiques s'ouvrent désormais aux chercheurs de l'image de synthèse qui peuvent ainsi sortir de l'impasse cathodique et envisager de « rentabiliser » leur création.





# GRANDS...

**L**es premiers signes de vie de l'image de synthèse au Japon sont apparus dans les milieux universitaires comme le laboratoire du Pr Kunii de l'université de Tokyo, Sasada à Kyoto et Omura de l'université d'Osaka. Ce dernier, en ouvrant largement ses portes aux artistes et aux chercheurs, a

valablement contribué à l'essor de l'image de synthèse japonaise.

Le système Links qu'il a développé a permis de façonner une première génération de « CG artists », comme Kawaguchi, et de leur donner très rapidement une très forte identité. Aujourd'hui encore, la suprématie de ces artistes dans les expositions ou manifesta-

tions est écrasante. La qualité des images de Tomoko Myochin, Chisako Ito, Taku Kimura, Hiroyuki Hayashi entre autres a permis à Toyo Links de devenir cette puissante maison de production que l'on connaît (cf *Micro-Systèmes* mai 1987).

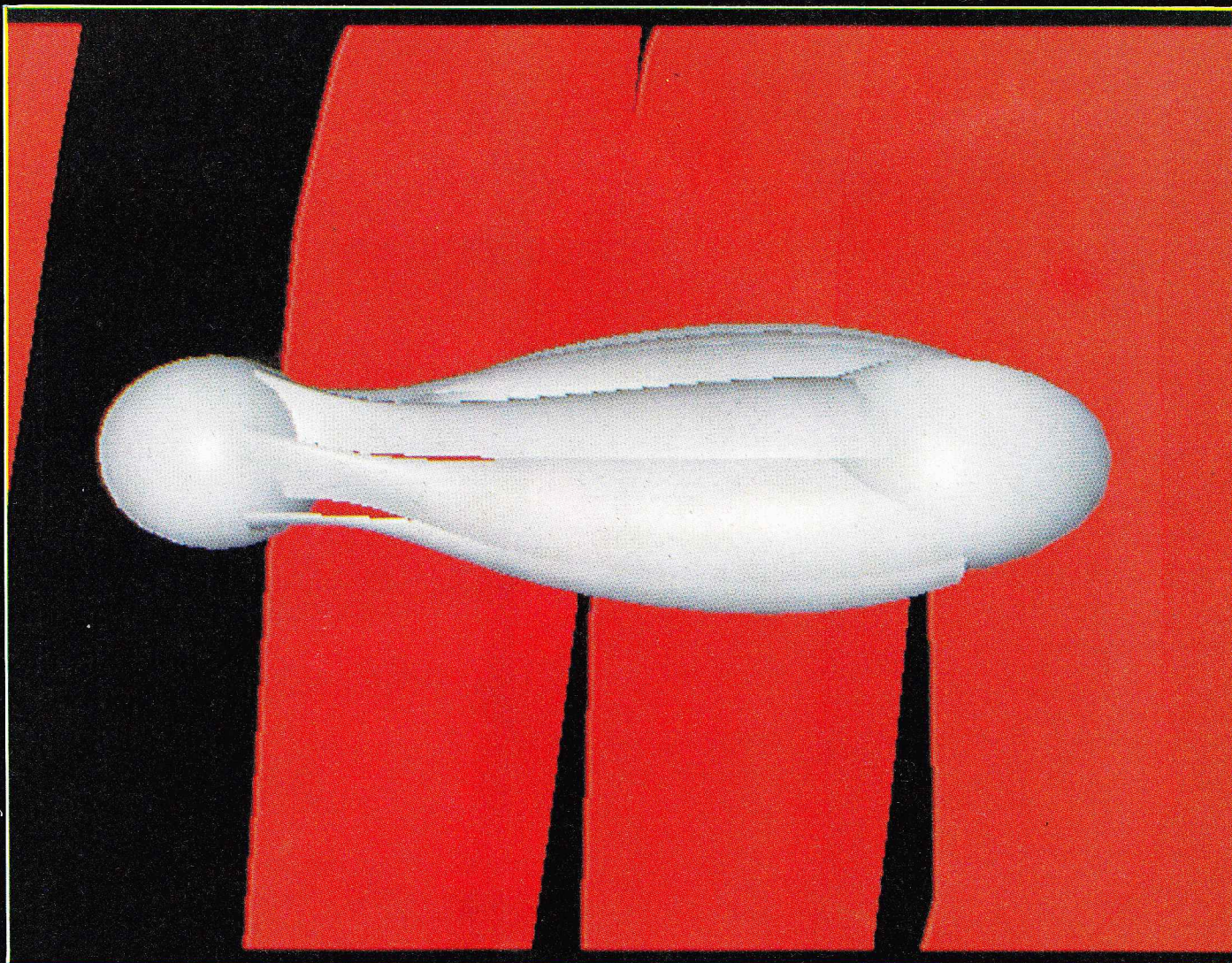
Mais ce qui faisait leur apogée se trouve être sérieusement remis en question par l'agressivité de petites maisons de production – une cinquantaine au Japon de 3 à 30 personnes – qui, après avoir élaboré leur propre système conçu autour de leurs besoins – comme Texnai – commencent à la diffuser et à casser les prix.

Il est fascinant de constater qu'en l'espace de quelques mois, les étudiants de l'École Melon, dont nous avons déjà noté le dynamisme dans des

“ La pression des petits force les grands à se démarquer ”

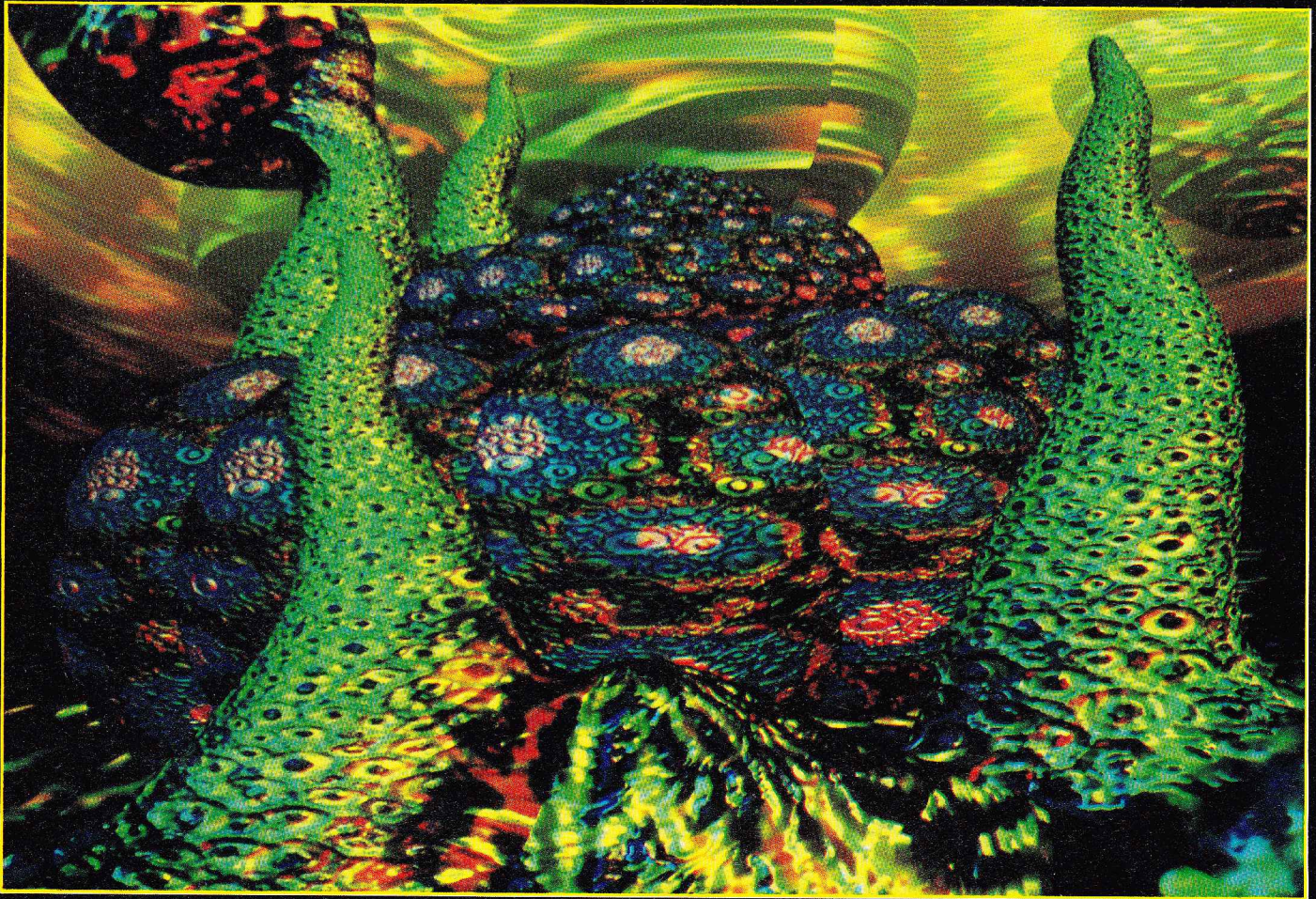
numéros précédents, commencent à produire des images 3D surprenantes de qualité sur des systèmes haut de gamme de plus en plus abordables : ordinateurs personnels dotés de mémoire d'image à 16 millions de couleurs, Antics, VAX-11/750 avec mémoire de trame VC2 (Univac), etc.

L'écart s'amenuise, et la pression des « petits » force inéluctablement les « grands » à se démarquer non plus par la technicité, qui devient à la por-



École Melon / Kazuyoshi Abe





© 1986 Yoichiro Kawaguchi

tée du plus grand nombre, mais par un surcroît de créativité.

C'est dans cet esprit que nous avons choisi de présenter deux créateurs – outre Kawaguchi – qui se distinguent nettement dans la mêlée japonaise.

### **Yoichiro Kawaguchi : l'horreur du vide**

De tous les artistes qui travaillent sur Links, Yoichiro Kawaguchi est vite devenu une autorité incontournable de l'image de synthèse japonaise. Qui n'a pas entrevu au détour d'un Siggraph, Parigraph ou Nicograph des cinq dernières années, *Origin*, *Morphogenesis* ou *Ocean* ?

Dépeindre le visible n'intéresse pas Kawaguchi. En cela il partage une sensibilité que l'on va retrouver avec deux autres figures majeures de l'infogra-



© 1985 Yoichiro Kawaguchi



phie japonaise : Fujihata et Izuhara.

Passionné de morphogénie, collectionneur maniaque de formes organiques, Kawaguchi va créer en 1979, avec l'aide du Pr Omura, son propre algorithme de croissance : le « meta-ball ».

Prolifération de tubercules et concrétions d'appendices, plongée sidérante dans la vie fœtale, monstres aquatiques, naissance de l'univers, le monde de Kawaguchi n'a pas d'échelle ni de repère et donne immanquablement le vertige.

Des algorithmes sophistiqués de lancer de rayons sont utilisés mais aussi des multiples couches de placage de texture qui traquent les surfaces nues des meta-balls jusqu'à obtenir une image complexe, sans fond... et sans fin.

---

**Masaki**

---

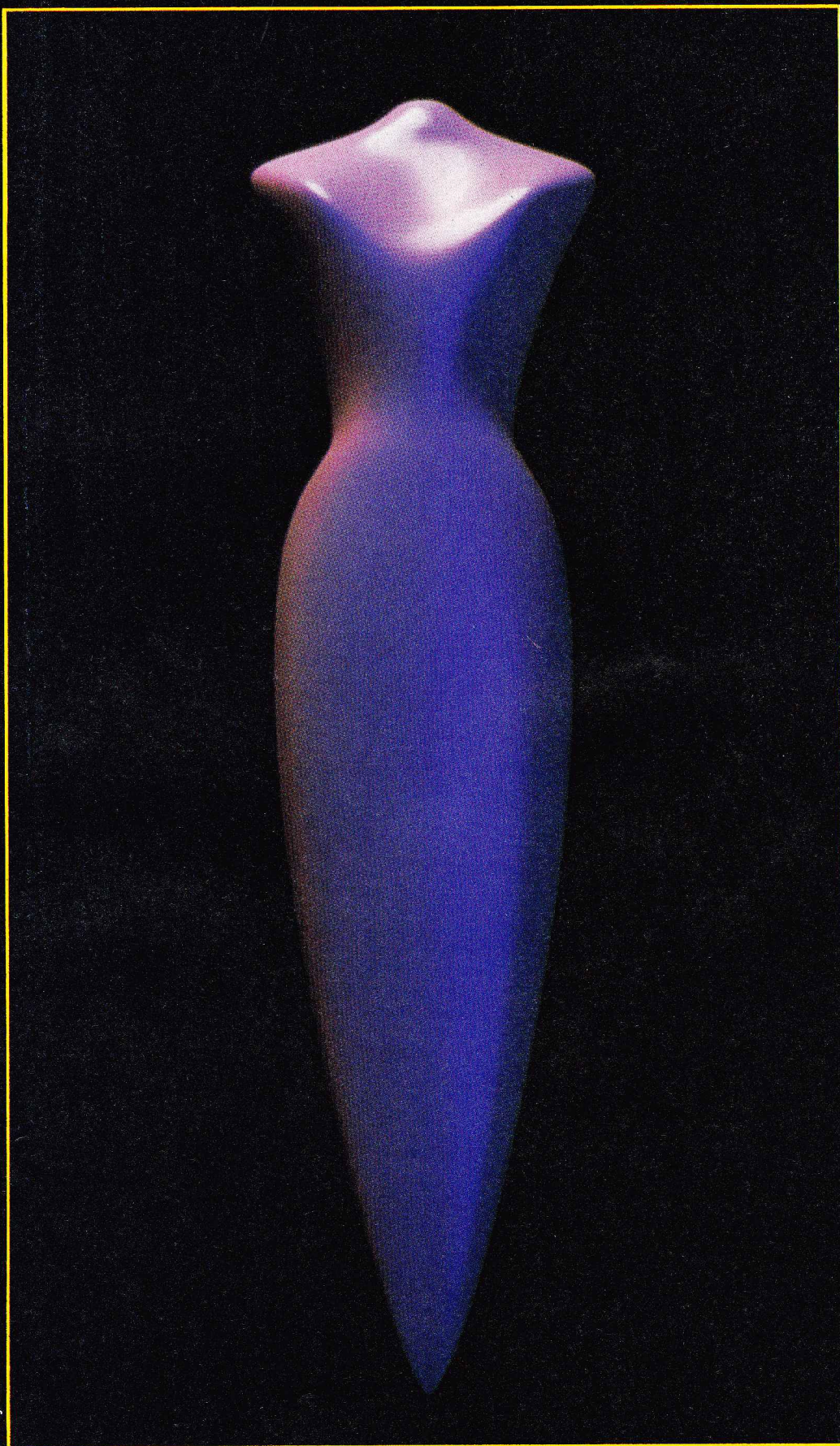
**Fujihata :  
débordements**

---

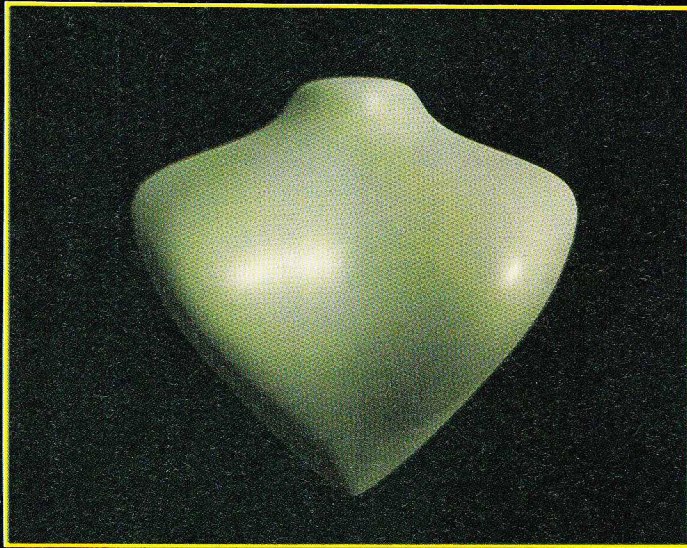
Toute l'œuvre infographique de ce jeune artiste devrait une bonne fois pour toutes convaincre les sceptiques que l'ordinateur est une machine sentimentale. Plus qu'évocateurs, les thèmes abordés par Fujihata annoncent clairement la couleur : *larme de baiser, revers de cœur, seins de guimauve, pêche, torse, cube soupirant...* sans parler des deux petites sphères de la fameuse leçon sexuelle : Miroku Matreya.

Fujihata consent à lever un coin du voile sur la nature de leur production : « *Dans l'enceinte de l'ordinateur, les formes ne sont plus soumises aux mêmes lois que nos objets terrestres. Elles flottent dans un espace qui ne connaît pas la pesanteur ni l'inertie. Je travaille sur un maillage constitué de surfaces bi-cubiques. Chaque surface est définie par 16 points. En variant leur position et en jouant sur leur poids, je donne naissance à une surface courbe qui ondule et se déforme sous la pression d'une force invisible qui la martèle sans relâche. Ce processus de production me libère complètement de la nécessité de représenter le réel, et me permet de produire des formes* »

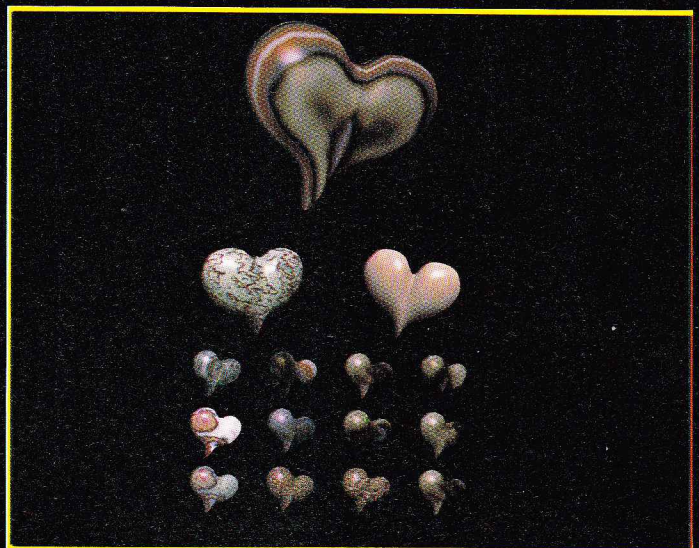
© Fujihata







« Marshmallow »



« Revers de cœur »

sans avoir recours à des moyens artisanaux traditionnels. »

Avec l'aide du mécénat de l'imprimeur Dai Nippon, Fujihata expose ses créations imprimées sur de grands supports textiles. Mais las de devoir agrandir indéfiniment ses images pour qu'elles acquièrent un semblant de réalité, Fujihata a décidé de passer de l'autre côté du miroir.

Avec lui, les images ne « crèvent » pas l'écran, elles en sortent tout simplement : « Je voulais caresser les formes que je créais, mais elles restaient désespérément intangibles. J'ai alors cherché le moyen de les faire basculer dans le réel. »

En associant au système graphique développé conjointement avec Taiyo Kikaku Co Ltd. une fraiseuse à commande numérique, Fujihata est arrivé à obtenir la version sculptée de son image. La petite forme *Torso* qu'il a présentée dans de multiples expositions, « existe », enfin, en plexiglass, aluminium ou en bois. Délicatement rainurée, cette dernière version ne fait plus de doute sur la matérialité chaleureuse de l'objet. Moulée en négatif dans un bloc de plexiglass, qui a les mêmes dimensions que l'écran de l'ordinateur, *Torso* devient un petit objet fétiche, Vénus volée à l'ordinateur, et qui porte délicieusement en creux l'empreinte de sa capture.

Alors, nouvel avatar électronique de la Pauline Borghèse de Canova ? ou détournement

poétique d'une CFAO que l'on ne destinait qu'à l'industrie ?

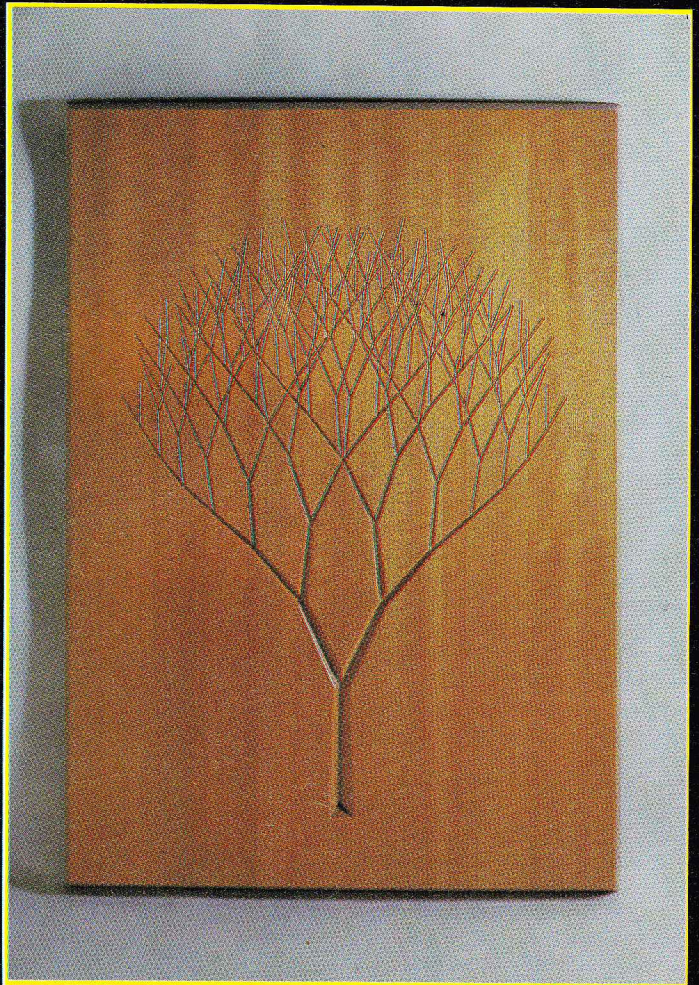
Fujihata, fier à juste titre de sa métamorphose, pense déjà étendre l'utilisation de son système pour « produire » de la peinture, sculpture et soudure. Il voit dans cette double objectivité – de création et de production – un champ d'application artistique tout à fait fantastique et inexploré.

## Eiichi Izuhara : impromptus informatiques

Dans le paysage riche et coloré de l'image de synthèse japonaise, il est malaisé actuellement de distinguer la dernière création du « grand » Kawaguchi des images produites par les « petits » de Melon School.

Loin de l'agitation fiévreuse des débats technologiques du moment, Izuhara, en retrait, cultive son jardin infographique et y fait pousser, minimalistes et monochromes, plantes et arbres.

Ce designer, né en 1929, qui fut successivement responsable du département de Design industriel au MITI (ministère de l'Industrie et du Commerce international) puis professeur à l'université de Hokkaido pour enfin fonder sa propre société, Comtree, mène depuis une vingtaine d'années une recherche sur les structures mathématiques qui sous-tendent les objets naturels.



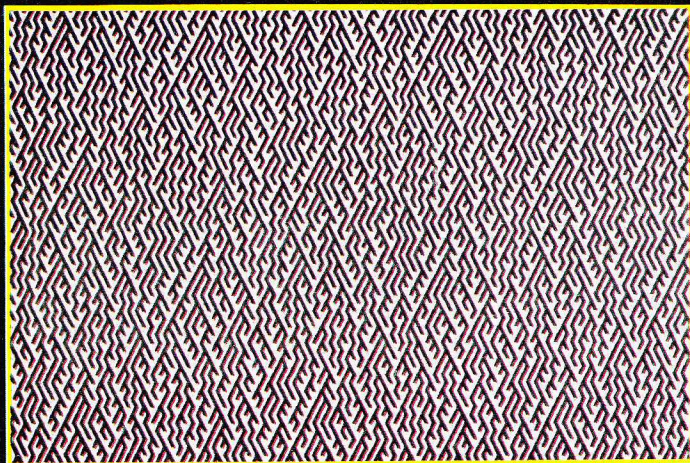
© Izuhara

Si son irruption dans le monde de l'image de synthèse nous étonne et nous touche, ce n'est pas par l'apparente pauvreté des moyens techniques employés – il utilise des micros de type Nec PC associés à

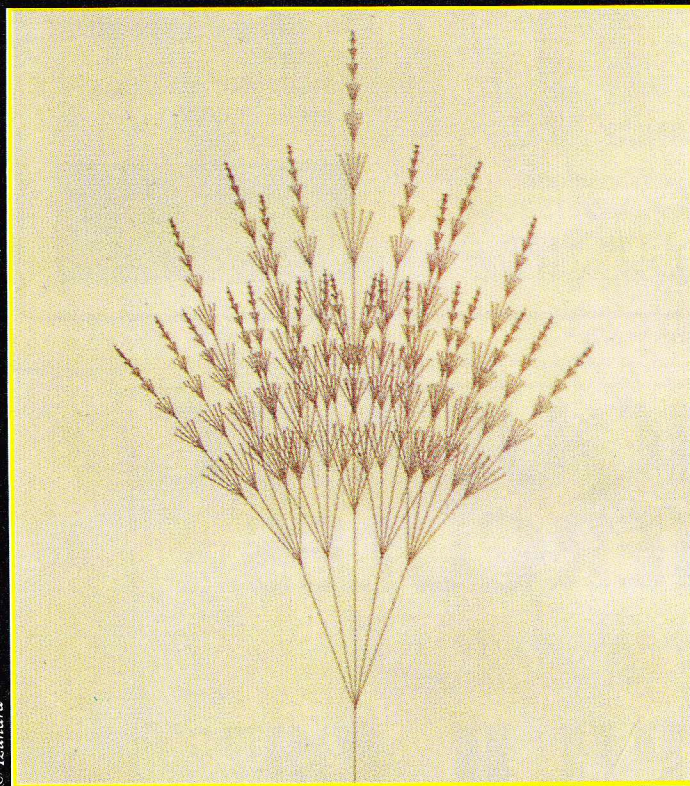
des tables traçantes –, mais parce qu'il est arrivé à trouver son expression en dehors de la technique et à asseoir sa propre production dans l'histoire des formes et de la peinture traditionnelle.



## THÈME DU MOIS



© Izuhara



© Izuhara

Suivant les principes de la peinture formulés en Chine il y a dix-sept siècles, Izuhara n'essaie pas seulement d'imiter le réel mais tente à sa manière d'exprimer la nature intérieure du sujet peint.

Or comment parler des formes naturelles sans avoir à les copier directement? Depuis les six canons proposés au VI<sup>e</sup> siècle par Sie Ho, des générations et des générations de peintres ont répondu à ce prodigieux défi et ont enrichi tour à tour l'histoire des formes. Izuhara, pour sa part, ne projette plus l'ombre du bambou sur une pièce de soie pour en

découvrir la véritable forme, mais utilise un algorithme récuratif de ramification, ce qui lui permet d'obtenir rapidement des compositions complexes à partir de programmes courts. Grâce à une table traçante, il parvient à donner l'illusion d'un cerisier, d'un bosquet de bambous, d'un saule oscillant dans le vent ou d'une forêt de pins comme, bien avant lui, l'avait suggéré, avec de l'encre et un pinceau, Hasegawa Tohaku au XVI<sup>e</sup> siècle, ou Taiga Ikeno au XVIII<sup>e</sup>, utilisant son doigt encre à la place de la brosse.

Annik Hémary

Mars 1988

Avec une assistance téléphonique gratuite pendant un mois, un démarrage tout en douceur, et ses possibilités d'évolution, LOGICIELS PCI, constitue pour l'entreprise, la formule idéale pour informatiser la comptabilité, la facturation, la tenue des comptes clients, et la tenue du stock.



## Logiciels PCI Le SUCCES de VOTRE GESTION

### GENIUS I - comptabilité générale

adaptée aux petites entreprises, ou aux professions libérales, GENIUS I gère tous vos comptes, vous assiste pendant la saisie des écritures, et édite à votre place les journaux, la balance, le grand livre, et bien entendu le compte de résultat et le bilan. Vous pouvez également transférer automatiquement des données d'autres programmes. Très rapide et simple d'utilisation, GENIUS I effectue aussi les opérations de fin d'exercice, report à nouveau ...

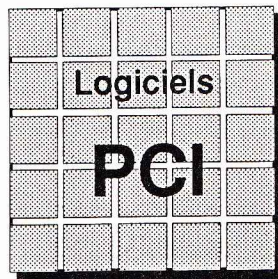
### GENIUS II - comptabilité avancée

est destinée aux plus grosses entreprises, aux professionnels de la comptabilité, à ceux qui veulent de la puissance en plus. GENIUS II vous offre en plus de GENIUS I, une gestion comptable multi-sociétés, multi-exercices, un éditeur plus puissant, un lettrage manuel ou automatique, des libellés complémentaires, une analyse par secteur d'activité ...

### INVENTER - gestion commerciale

adaptée à tous les types d'activités. Commerce, gros ou détail, artisanat, profession libérale. La souplesse d'INVENTER est à la mesure de sa richesse. FACTURE, BON de LIVRAISON, TICKET de CAISSE, fichiers articles, clients, tenue du stock, des commandes, des statistiques, de la marge, des tarifs, des comptes clients, des relevés, des journaux de ventes et règlements, O.D. PRENEZ vos décisions plus tôt que vos concurrents, grâce au tableau de bord permanent et disponible d'INVENTER.

Pour la liste des revendeurs agréés : 56.81.75.64



Tél : 56.81.75.64

Tabanac  
33550 LANGOIRAN

89 crs Victor HUGO  
33000 BORDEAUX

et les points de vente agréés...

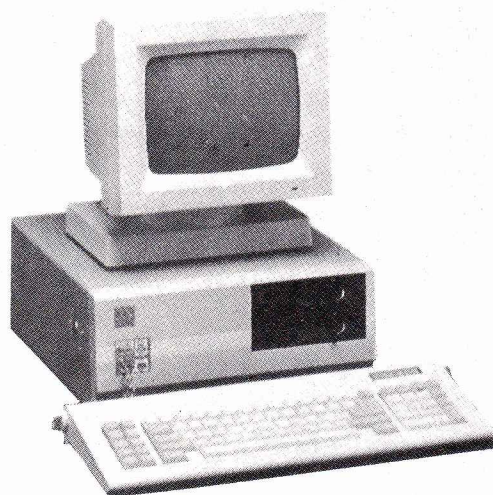


# FORMATECH

172, Av. de Choisy 75013 PARIS Tél. : 45.82.12.29

**LA MICRO  
POUR TOUS**

*PRIX*  
 Carte CGA **431F**  
 Carte Hercules **431F**  
 Carte EGA **1606F**  
 Souris 3 boutons **387F**  
 30 Mo + contrôleur **3831F**  
 20 Mo + contrôleur **3273F**  
**IMPRIMANTES**  
**PANASONIC**  
 KXP 1081 - 80 cl **2822F**  
 KX 1595 - 132 cl **7709F**  
**BROTHER et NEC**



**AT TURBO**  
 6/8 MHz, 1 lecteur  
 1.2 Mo NEC, 1 disque  
 dur 20 Mo, Carte  
 Hercules 720 x 348,  
 Clavier Cherry 640 Ko  
 RAM ext. 1 Mo.  
 Sortie série et parallèle  
**13029F**

**PC FD1**  
 4,77 8 MHz, 1 lecteur  
 360 K japonais 512 K  
 RAM. Carte C.G.A. ou  
 Hercules. Port parallèle  
 et série  
 Disque dur 20 Méga.  
 Clavier étendu.  
**7692F**

**CONSULTEZ-NOUS**

**POSSIBILITÉ DE CRÉDIT**  
**Nos prix sont TTC**

\* PC XT AT sont des marques déposées par IBM - \*

**EN PROVINCE**

ORDITECH 24, rue Wasselone  
 67000 STRASBOURG - tél. 88.75.13.04  
 BRAIN CRÉATION 34, rue Malard  
 31700 BLAGNAC - tél. 61.30.41.27

**DISPONIBLE  
SUR  
STOCK**

SERVICE-LECTEURS N° 278

# CGA GRAPHIQUE AVEC LA CARTE HERCULES

VOS JEUX ET LOGICIELS GRAPHIQUES TOURNENT  
SUR VOTRE CARTE HERCULES GRACE A L'ARRIVEE

DE **MULTIGRAPH II 499<sup>TTC</sup>**

**POUR LE GRAPHISME VOUS AVEZ LE CHOIX**

- 1- 640 \* 200 POINTS HAUTE RESOLUTION
- 2- 640 \* 400 POINTS OLIVETTI GRAPHIQUE
- 3- 320 \* 200 POINTS FAIBLE RESOLUTION
- 4- 720 \* 348 POINTS HERCULES GRAPHIQUE

**NOUS RECHERCHONS DES REVENDEURS  
POUR PARIS ET PROVINCE**

**POUR EXECUTER UN PROGRAMME :  
IL VOUS SUFFIT DE TAPER**

MG2.COM  
 NOM DU PROGRAMME

POUR LES PROGRAMMES AUTOBOOTABLE  
 BOOT OU BOOT 3

BON A RETOURNER A : C. PEKER 91, RUE DU FBG. ST. DENIS 75010 PARIS TEL : 48.24.48.11

NOM, PRENOM : ..... JE COMMANDE ..... X 499 F .....

SOCIETE : ..... FORFAIT PORT ET EMBALLAGE ..... 22 FF

ADRESSE : ..... TOTAL .....

MODE DE PAIEMENT : CHEQUE BANCAIRE CB, CONTRE REMBOURSEMENT No CB .....

MS 03/88

SERVICE-LECTEURS N° 279



IMAGES DE SYNTHÈSE AU JAPON:

# LA FIN DU GRAND DESORDRE

**1987 aura-t-elle vu la fin des pionniers de l'image de synthèse ? Au Japon, comme en Europe ou aux Etats-Unis, la surenchère désordonnée de matériels et de standards a laissé la place à un marché qui mûrit en profondeur, faisant apparaître des applications opérationnelles dans des secteurs où on ne les attendait pas. Marqué par des regroupements stratégiques, des échecs et des abandons spectaculaires, le marché de l'image de synthèse impose maintenant aux sociétés un investissement d'entrée à la hauteur de leur ambition. Le caractère confidentiel du dernier Nicograph, à Tokyo, a permis à ses exposants de s'entretenir de quelques innovations non encore exportables...**

## **Des périphériques de plus en plus autonomes**

Les périphériques sont généralement assez révélateurs des stratégies des constructeurs japonais. Dès les débuts de la micro-informatique, ces derniers ont acquis dans ce domaine un quasi-monopole. Assurés de détenir plus de 60 % du marché européen des imprimantes monochromes, ils sophistiquent la génération couleur, en anticipant la demande évidente que ne manquera de générer la PAO couleur

## **Impression : la barre des 300 points**

Dans cette course à la performance, cinq grandes mar-

ques concentrent sur elles seules toute la demande. Sharp, Mitsubishi, Seiko, Shinko, et Canon.

Si ces industriels sont arrivés finalement à produire des imprimantes à jet d'encre satisfaisantes, ils n'en continuent pas moins à proposer, comme s'ils étaient incertains des orientations à prendre, des modèles à transfert thermique d'une technologie rustique. D'une définition élevée, 200 à 300 points par pouce, ces imprimantes, qui se rapprochent de la qualité basse de l'imprimerie, coûtent de 20 à 50 000 FF. Peu d'entre elles ont un langage de programmation et la plupart ne comprennent que du point à point transmis à travers une interface Centronics.

Yamaha a découvert là un créneau et propose une mémoire tampon intelligente de

1 à 4 Mo dotée de PROMS adaptées à chaque imprimante. Ce périphérique transforme, masque, met en page ou fait tourner une image sans mobiliser l'unité centrale. Le printware YPW est disponible pour 885 000 yens (40 000 FF).

## **Archivage : le disque optique en sourdine**

Le disque optique numérique (DON) fait partie des serpents de mer informatiques : des échecs du Gigadisc aux annonces d'IBM, le DON a bien du mal à s'accorder.

Il souffre toujours de deux handicaps : l'écriture y est toujours aussi délicate et limitée — on ne peut écrire qu'une seule fois —, et la distribution de ces beaux disques blancs qui ne connaissent aucun standard est toujours aussi éphémère et aléatoire. Et chacun de se mé-

fier, avant d'investir, de l'annonce prochaine de la diffusion en grande série d'un DON réinscriptible par Sony.

Alors, dans l'attente d'un accord croisé entre les divers constructeurs, rendu d'autant plus incertain qu'IBM a déjà choisi Optotech, chaque fabricant perfectionne son produit.

Ainsi Pioneer propose un lecteur-enregistreur 2 × 750 Mo par disque au format 8" protégé par une cassette. Connectée sur un PC par un port rapide SCSI, l'unité est bien adaptée à l'archivage d'images et son prix, environ 60 000 F, le rend accessible à des utilisations professionnelles. De plus, Pioneer garantit 15 ans les données inscrites sur le disque.

## **Saisie d'images scanner : Sharp en première ligne**

Si la numérisation d'image





Le lecteur de disque optique numérique Pioneer.

par caméra n'a jamais donné naissance à des produits à grande diffusion au Japon — faible définition, multiplicité des standards et caractère hybride à la fois analogique et numérique —, les scanners à plat, en revanche, connaissent un développement foudroyant, porté par deux marchés à très fort potentiel : la photocopie et l'acquisition d'image à très haute définition.

L'avancée technologique des photocopieurs a servi de modèle : moteur pas à pas, micro-mécanique de précision, fiabilité en usage continu. Ainsi le scanner JX450 de Sharp est doté d'une barrette CCD et d'un système de lampes à éclat trichrome. La numérisation d'un document couleur au format A3 s'obtient en 2 mn avec une définition de 300 points par pouce. Disponible en France depuis mi-87 sur des systèmes graphiques comme Dalim ou Giximage pour environ 80 000 FF, il permet d'acquérir des images couleur en très haute définition.

### Le 3D et l'imprimerie

Géants de la presse, de l'impression et de la reprographie : nombreuses sont les sociétés qui affichent dès à présent leurs ambitions sur le marché de l'image de synthèse. Récupérant au vol des périphériques de saisie et de restitution couleur dont le développement n'est manifestement plus l'apanage des constructeurs de systèmes graphiques. Lequel d'entre eux se hasarderait ac-

tuellement à poursuivre un investissement important pour un marché embryonnaire de quelques milliers d'unités ?

Alors que celui de la photocopie couleur, succédant à celui de la photocopie noir et blanc, s'annonce géant !

Après une génération de photocopieurs à bain photographique de type KIS, la génération actuelle est composée de machines qui comportent dans le même boîtier un scanner couleur CCD et une imprimante à transfert thermique (Canon). Ces photocopieurs n'ont encore aucune intelligence informatique mais, diffusés en grande quantité, ils vont devenir fiables, performants et accessibles.

Les imprimantes couleur et les scanners CCD sont donc bien partis pour devenir des produits dérivés du secteur de la photocopie, et l'on peut mieux comprendre pourquoi l'image de synthèse intéresse tant les grands de la photocopie et de la bureautique comme Fuji, Xerox ou Canon.

Ainsi le leader des équipements de photogravure à destination de l'imprimerie, Dai Nippon, a élaboré, pour son propre usage, un système de simulation en trois dimensions destiné principalement à la présentation des conditionnements et emballages. Ce faisant, il rassemblait adroitement trois produits dont il était déjà le fabricant :

— une interface vers un scanner à tambour de photogravure ou vers un scanner CCD cou-

leur du marché pour l'acquisition d'une image ;

— un logiciel de placage de texture à très grande vitesse. Ce logiciel applique sur des volumes prédéfinis (bloc, tube, etc.) les images saisies par le scanner ;

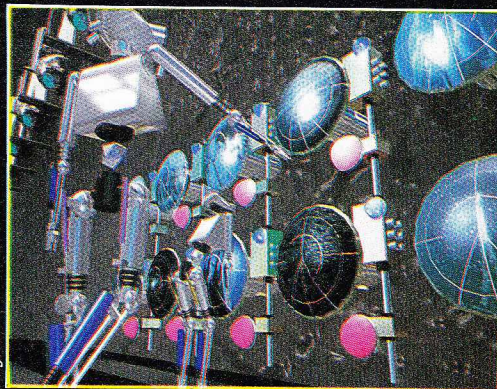
— une imprimante à transfert thermique sur papier brillant, 300 points par pouce, 256 couleurs par point. Elle produit en 6 mn un document de format A3 tout à fait comparable en qualité à la traditionnelle photocopie couleur ou *brut de scan*.

Dai Nippon continue à s'implanter dans des secteurs complémentaires : systèmes d'acquisition couleur à très haute définition, systèmes de stockage d'images CD-ROM (mémoires optiques), systèmes de traitement d'image en temps réel. Les restituteurs papier pour l'image de synthèse et la télévision à haute définition viennent compléter l'activité traditionnelle de cette société dans le domaine des produits d'imprimerie.

Dai Nippon ira-t-elle aussi jusqu'à investir dans une société de production d'images de synthèse comme Toppan Printing avec Japan Computer Graphics Laboratory ?

### JCGL : un exemple de retour aux sources

Désaffection du public ou nouvelles exigences de rentabilité des actionnaires, toutes les célèbres sociétés de production japonaises sont confrontées à un constat identique : la performance technique n'est plus suffisante. Aux jours insouciants qu'un informaticien consacrait à simuler un bloc de marbre a succédé un pragmatisme élémentaire : placer une photo de marbre sur le scanner puis plaquer cette texture sur le bloc. Parvenues à un haut niveau de technicité, les sociétés de production comme JCGL doivent prioritairement abaisser les coûts de réalisation pour éviter de perdre du terrain face à de nouveaux outsiders. Le gain de puissance des



Chikyū Hatsu - 23:00 Mainichi. Broadcasting System Ltd. Producteur : Kazuyuti Sugimura.



Showa memorial national government part « Oz Island ». Producteur : Nomura Display Co Ltd.

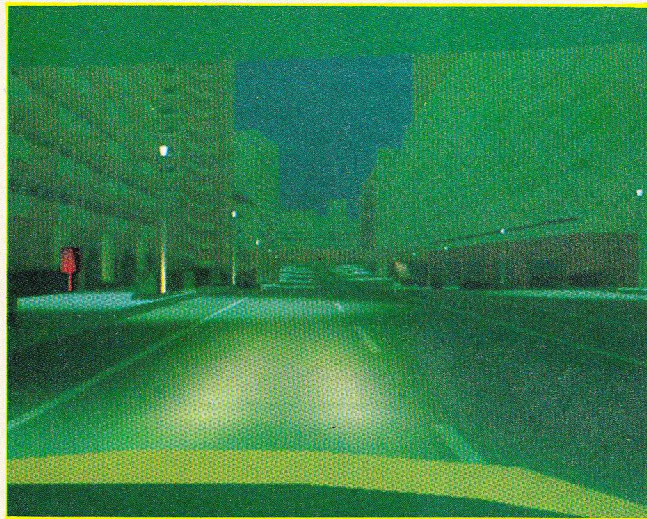
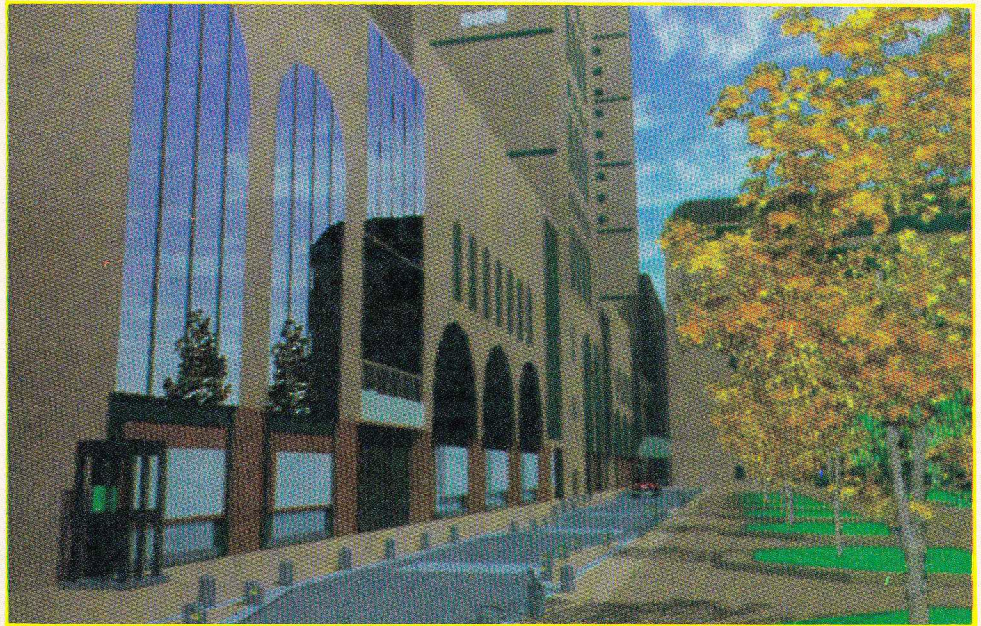
© JCGL  
© JCGL Japan computer Graphic Lab.



*Simulation de l'environnement : L'université d'Hiroshima poursuit patiemment sa recherche sur la transcription des phénomènes atmosphériques. Le modèle tridimensionnel a été remanié et les nouveaux effets sont appliqués systématiquement à ce qui était primitivement une maquette du campus d'Hiroshima, suffisamment étendue pour que l'animation soit nommée à présent « Computer Graphics Town ».*

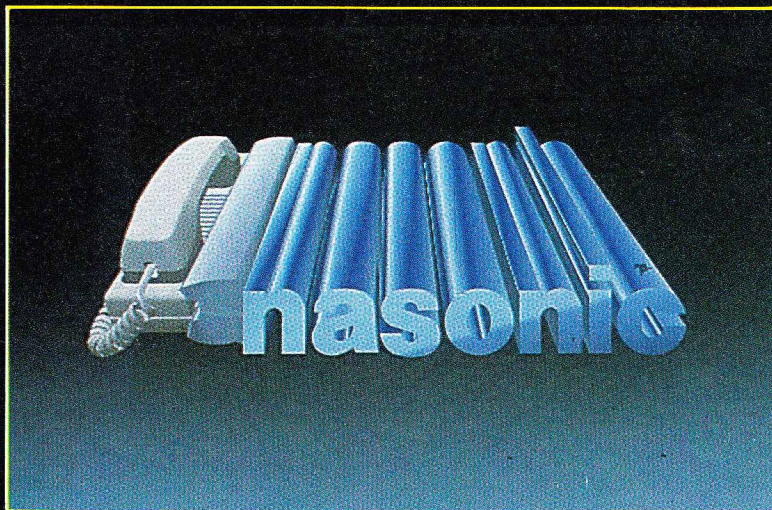
*Les techniques de rendu réaliste ne font pas appel au lancer de rayons, trop coûteux en temps de calcul, mais exploitent des extensions adroites de rendus tridimensionnels. Les reflets de végétation et de nuages dans les vitrages des bâtiments sont simplement des images placées par le logiciel sur les facettes correspondantes, les sources ponctuelles et les halos lumineux des vues nocturnes montrent qu'une bonne maîtrise des ambiances extérieures peut être obtenue avec des temps de calcul corrects.*

© Université d'Hiroshima



systèmes et l'apparition dans le domaine public de performances techniques qui leur assuraient encore récemment une suprématie écrasante les conduit à revenir à des solutions simples mais efficaces. Le voyage en ballon du « Showa Memorial Park » fait survoler un paysage réel soigneusement flou par une montgolfière de synthèse. Couplage intelligent qui confirme que l'image de synthèse, après avoir tenté de se substituer aux autres techniques, va se fondre avec elles d'une manière beaucoup plus harmonieuse.

**Yves Signac**



Panafax TV-CM Haku-hodo incorporated/ Cap Co Ltd. Producteur : Kazumichi Kiyono.



**TIRAGE  
LIMITÉ**

# UNE OFFRE EXCEPTIONNELLE DE MICRO-SYSTEMES:

## TROIS GRAVURES DE JEAN-YVES CORRE A ENCADRER

Jean-Yves Corre et *Micro-Systèmes* se sont associés dans une opération de promotion de l'image électronique et ont décidé d'offrir aux lecteurs de la revue la possibilité de compléter par trois images totalement inédites la gravure encartée à l'intérieur du numéro.

A travers ses thèmes favoris, comme le baiser, déjà exploité dans ses peintures traditionnelles, l'artiste a cherché sur ordinateur une nouvelle forme d'écriture, avec laquelle il puisse raconter des histoires, « car chaque peinture est une histoire qui évolue dans l'espace et dans l'esprit de celui qui manipule l'outil ».



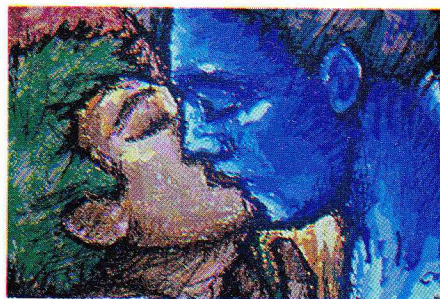
« Ce qui est un peu décevant, dans le travail de peinture sur ordinateur, c'est de devoir transférer les images sur support papier. Conçues dans la couleur lumière de l'espace cathodique, elles perdent dans

l'opacité une partie de leur vérité originelle. La solution serait un *Micro-Systèmes* écran plat à cristaux liquides ou à plasma. Le lecteur achète chaque mois la disquette contenant les informations et la glisse dans le lecteur, sur le côté de l'écran. On obtient ainsi un original... à des milliers d'exemplaires. »



**La mère, l'enfant et la mer**  
(gravure encartée)

Difficile de traiter un thème dont l'histoire de l'art a tiré des chefs-d'œuvre de toutes les époques, et difficile également de parler d'amour, de la relation entre la mère et son enfant. Il fallait donc une certaine quiétude, une douceur ambiante malgré l'écriture.



**Le baiser**

« J'entends déjà dire : "Trop facile, il ne sait faire que cela." J'aimerais surtout ne faire que cela. Le baiser est un moment de passion fort, et je tente, dans la réalisation de ces images, de jeter cette relation à l'écran. La passion a ses humeurs. »



**Hommage à Gauguin**

« Rien à dire, Gauguin c'est beau, mais ceci n'est pas un Gauguin. La femme est sans doute notre point commun. »



**Pierre et le loup**

Essai d'illustration pour enfant : « Pierre fit à la corde un nœud coulant, le descendit avec précaution, puis il attrapa le loup par la queue et tira de toutes ses forces. »

Bon de commande à envoyer à Micro-Systèmes, « Promouvoir l'image électronique »,  
2 à 12, rue de Bellevue, 75019 Paris

**OUI, JE SOUHAITE BENEFICIER DE L'OFFRE  
EXCEPTIONNELLE DE MICRO-SYSTEMES**

Je commande les trois gravures de Jean-Yves Corre.

Nom..... Prénom .....

Adresse.....

Code postal ..... Ville.....

Pays.....

Ci-joint la somme de vingt-cinq francs, frais d'envoi compris, par

chèque bancaire ou postal  mandat-lettre



# LA DEUXIEME GENERATION DE L'IMAGE DE SYNTHÈSE AUX ETATS-UNIS

Après quelques toutes petites années d'euphorie, l'image de synthèse doit faire face aux réalités du marché...

**A**ux Etats-Unis, Robert Abel Associates (RAA) et Digital Productions, les deux grands de l'image de synthèse pour la publicité et l'audiovisuel, ont été démantelés courant 1987. De leurs cendres, les anciens collaborateurs ont émigré vers un sort individuel (Chris Bailey est retourné chez Walt Disney), ou vers l'audiovisuel (Robert Abel est à présent directeur artistique indépendant sur quelques contrats de productions audiovisuelles matinales d'images numériques. John Howard, Kevin Rafferty et Larry Weinberg sont partis au studio EFX). D'autres noyaux encore sont restés groupés et ont créé de jeunes sociétés, et notamment Rhythms and Hues (avec John Hughes et Charles Gibson) et la société Whitney and Demos Productions (WDP) avec John Withney Junior et Gary Demos. Pour John Withney, cette seconde génération de sociétés se reconstruit plus rationnellement, plus lucidement après les fautes qui ont décimé les rangs des pionniers.

Chacun a tiré ses propres conclusions de cette expérience. Celles de Chris Bailey sont amères. Ses anciens collègues lui reprochent sa défection puisqu'il se consacre à nouveau à l'animation traditionnelle

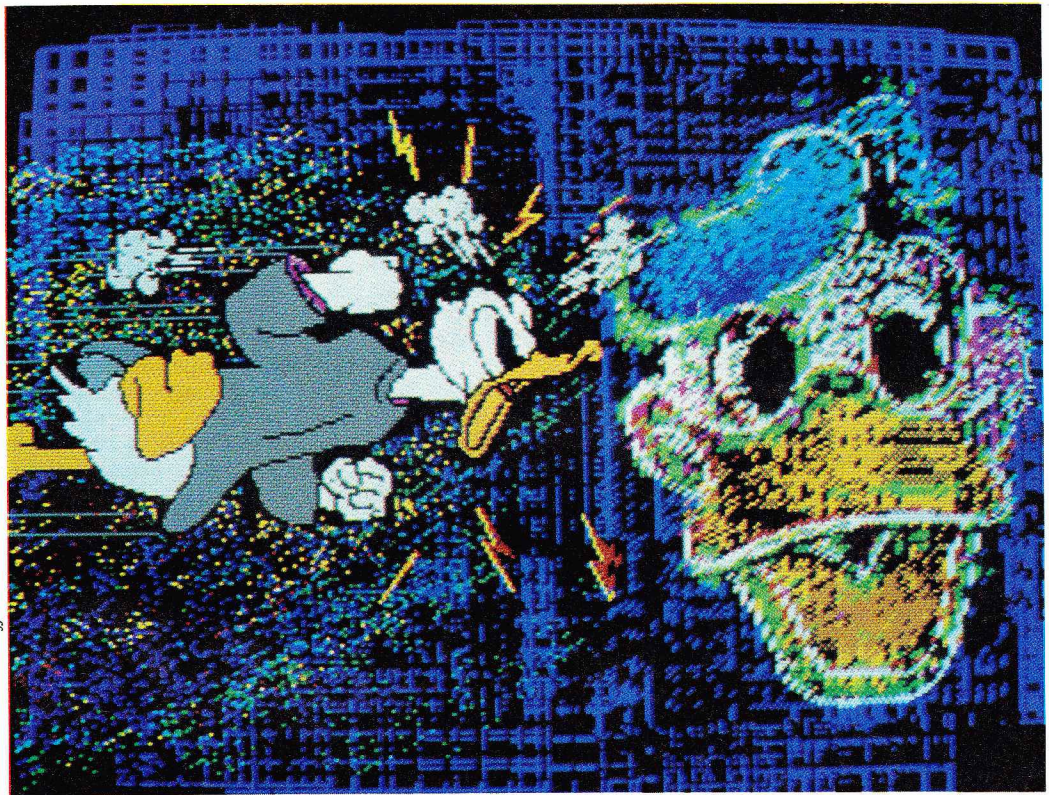


Illustration Patrice Giffard

chez Walt Disney. Il constate : « L'animation sur ordinateur prend cinq fois plus de temps qu'en traditionnel. L'ordinateur rend les aspects ennuyeux de l'animation encore plus ennuyeux. Les résultats obtenus jusqu'à ce jour en animation sur ordinateur ne valent pas les efforts requis pour la produire ». Une déception sans doute renforcée par le manque de dialogue entre techniciens et animateurs de Digital Productions et dont Chris Bailey a eu à souffrir durant deux ans. Même situation chez le concurrent Robert Abel Associates : si les directeurs artistiques étaient les rois, la communication entre les deux équipes artistique et tech-

nique n'était pas des plus faciles. Preuve que le débat sur la primauté de l'informaticien ou de l'artiste n'est toujours pas dépassé. Chris Bailey dénonce : « Pendant des années, les techniciens ont prophétisé le futur brillant des images de synthèse. Mais le discours porte seulement sur la grandeur à laquelle va atteindre cette industrie dans les cinq ou dix ans. Pourtant elle pourrait s'imposer dès maintenant si elle se concentrait sur ce qu'elle sait faire. Les créateurs peuvent déjà travailler avec les limitations des systèmes tout en se concentrant sur leurs atouts et en minimisant leurs faiblesses. Les artistes peuvent aider à trouver des « trucs » pour achever certains résultats et

auxquels les techniciens seuls ne peuvent pas songer. »

Dissensions philosophiques aussi : alors que les techniciens veulent reproduire le mouvement de manière la plus réaliste possible, Chris Bailey se refuse à dupliquer les attitudes exactes du corps humain. Il estime qu'il faut « truquer » le geste pour aboutir à un résultat plus convaincant que nature. A la demande de Bill Kroyer, il va travailler durant quatre mois en 1985 au fameux clip vidéo-numérique mettant en scène le chanteur Mike Jagger dans *Hard Woman*. Chris Bailey arrive à Digital Productions dans une ambiance peu coopérative puisque les techniciens attachés



au projet voulaient gommer le rôle de l'animateur, prétendant que les mouvements des personnages pouvaient s'apprendre dans les livres. D'où leur manque de zèle à mettre des programmes interactifs à portée de l'animateur non-informaticien. Or, pour Chris Bailey, le seul moyen d'obtenir de bons résultats est d'employer des animateurs formés au mouvement, et de mettre entre leurs mains des systèmes dessinés pour leurs besoins spécifiques. Bien que facturée 250 000 \$ à la maison de disques productrice, *Hard Woman* était qualifié par la vice-présidente et productrice d'alors, Sherry MacKenna, « d'œuvre de prestige pour promouvoir ce que Digital Productions était capable de faire en dehors des logos tournoyants, dans l'optique de rapporter des commandes intéressantes ».

Aujourd'hui, le réalisme prime. Avant de mettre sur rails sa société, John Withney Junior a brossé la situation : « Nous en sommes encore à convaincre les clients de l'utilité de l'image de synthèse. Pour y arriver, il faut absolument respecter les délais et les budgets. Nous devons nous plier aux exigences du marché et démontrer que l'animation peut s'adapter à n'importe quel niveau de qualité requis par le client, à commencer par le bas de gamme du dessin animé pour la télévision. Aujourd'hui, le challenge est d'apporter au créateur des outils qui n'entravent pas le processus créatif. La puissance de cette industrie réside dans le fait que les problèmes résolus pour son propre marché vont être en fin de compte récupérés par d'autres applications dans le domaine scientifique. »

## Rythms and Hues : la productivité d'abord

Pour les deux fondateurs de Rythms and Hues, John Hughes et Charles Gibson, tout a commencé en fait un peu avant que cessent les activités d'Omnibus. A un moment où le krach ne pouvait encore s'imaginer (voir encadré), ils avaient déjà décidé de quitter le navire

pour cause de divergences de vue : « Comme il fallait rentabiliser le Cray, la société n'était plus très pressée d'acquiescer suffisamment rapidement les derniers matériels du marché. »

Eux veulent établir une société rentable. De ce fait, ils préfèrent se contenter d'une solution logicielle standard sur un matériel au coût abordable (le logiciel Dynamic Imaging System de la société Wavefront Technologies sur quatre Iris 3130 associés à un ordinateur Celerity). La seconde différence touche à la stratégie. Alors que RAA était tout tourné vers la recherche, débouchant seulement ensuite sur la production d'images, Rythms and Hues a adopté la démarche inverse : d'abord produire des images pour faire vivre la société, ce qui donne lieu à des développements plutôt qu'à de la recherche, mais contrôlées et commandées par la production. L'équipe (neuf personnes au démarrage) pour le moment met au point un nouveau modèleur et un logiciel de rendu, en vue de remplacer ceux de Wavefront pas assez puissants. Une des raisons est que « Wavefront garde jalousement ses sources, aussi est-ce la seule manière pour nous de ne pas être obligés de faire appel à eux pour le moindre problème ».

## WDP associé à Symbolics

Pour Whitney/Demos Productions, les débuts (avec dix-huit personnes) ont été facilités : quinze jours après qu'ils aient fondé leur nouvelle compagnie, les dirigeants avaient conquis la confiance des investisseurs, alors que le projet de Rythms and Hues, pourtant plus réaliste et prudent, est loin d'avoir eu la même audience.

WDP a finalement opté pour les stations Symbolics (le constructeur a investi au second tour de table dans WDP, d'où des projets menés en commun). Elles sont reliées à un ordinateur à architecture parallèle, la fameuse Connection Machine CM-1, regroupant 16 000 processeurs de 8 Ko de mémoire chacun. Elle a été mise au point par des chercheurs du MIT

## Le nœud de l'histoire

Le 24 avril 1987, était publié dans *Back Stage*, hebdomadaire américain sur l'industrie de la communication et du spectacle, un avis pleine page placardé de noir comme un faire-part de deuil : « Robert Abel To be continued ». Coupé en deux à l'occasion de son rachat par la société Omnibus, le numéro un de l'image de synthèse artistique affichait sa volonté de survie. Mais il s'agissait bien d'un enterrement anticipé.

Rappelons les faits. Les deux sociétés alors sur un piédestal, Robert Abel Associates (RAA à Los Angeles) équipée de Sun et de petits matériels par rapport au Cray de Digital Productions, équipée d'un Cray (en leasing, mais quand même) consacrent l'essentiel de leurs efforts à la recherche et au développement, et accumulent les dettes. Elles sont estimées de 4 à 5 millions de dollars par an durant quatre ans pour Digital Productions, et de 2 à 3 millions de dollars en tout pour RAA. En mauvaise posture financière, les deux sociétés font l'objet des convoitises d'Omnibus, société canadienne de production audiovisuelle s'intéressant aux effets spéciaux sur ordinateur depuis quelque cinq ans. Mais quelques mois seulement après avoir racheté les deux grands, elle se voit obligée de plier bagage. Le cortège de rancœurs est égal de part et d'autre : procès

intenté par les deux ex-dirigeants de Digital Productions, John Withney et Gary Demos reprochant « une OPA hostile » ; salariés lésés qui y ont tous perdu des semaines, voire des mois de salaires. Quel jeu a joué Omnibus ? En fait, celle-ci se serait laissée abuser en sous-estimant très fortement les dettes des sociétés ainsi que le coût de la production des images. Les perspectives de vente n'ont jamais été atteintes. La recherche d'investisseurs pour une somme de 6 millions de dollars a été ralentie par les enquêtes des vérificateurs, notamment au sujet de la transaction alors en cours avec Control Data portant sur l'acquisition de logiciels.

Les préliminaires habituels au tour de table en ont été ralentis, entamant la confiance des investisseurs potentiels qui ont reculé.

Une certaine solidarité a joué parmi les créateurs et techniciens qui se sont retrouvés à la rue, pour ne pas accepter les propositions d'embauche qui bradaient les salaires. Les *curriculum vitae* ont circulé en nombre : 150 pour Cranston Csuri Productions à la suite de son annonce d'implantation d'une agence de six personnes sur la côte Ouest. Cranston a, depuis, mis les clés sous la porte, et une quinzaine de ses ex-salariés viennent de créer « Métrolight ». M.D.

(Massachusetts Institute of Technology) qui s'en sont ensuite détachés pour se consacrer à la commercialisation du système, au sein de la nouvelle société Thinking Machines située à deux pas de là. Il est vrai que la Connection Machine I (existant aujourd'hui en version II) coûtait bien moins cher que le Cray, soit 2,5 millions de dollars contre 14 millions de

dollars, avec quatre à cinq fois plus de puissance que le Cray, estime WDP.

Pour en tirer le meilleur parti, WDP s'est attiré les services de Karl Sims, qui a quitté le MIT où il a développé des logiciels de ray-tracing sur la Connection Machine. Karl Sims est un spécialiste de la locomotion. Le Français Patrice Dinhut se consacre à l'expression



## THÈME DU MOIS

**« Les artistes peuvent aider à trouver des trucs pour achever certains résultats et auxquels les techniciens seuls ne peuvent pas songer »**

faciale. Le Canadien Philippe Bergeron (qui a facilement trouvé à s'employer en Californie, avec sa carte de visite de concepteur de *Tony de Peltrie*), après avoir supervisé le développement des outils appliqué à la production, est passé responsable de la création. Sur les cinquante personnes, une équipe se consacre au rendu et à l'image.

### Des acteurs numériques

Maintenant que l'équipe dispose d'un système orienté intelligence artificielle, elle remet même de vieux projets à l'ordre du jour. Whitney and Demos a notamment de grosses ambitions dans l'animation de personnages. Les méthodes d'animation ne se contentent plus de faire bouger chacun des muscles d'un personnage : « Pour mettre un sourire sur un visage, on sauve la déformation définie à un moment donné et on l'applique sur une autre face au lieu de recommencer à tout dessiner. Ce qui revient presque à commander « souris », « sois triste », chaque image affichant un des niveaux d'abstraction du sourire, par exemple. L'animateur est là pour donner la touche logique par une exagération du trait », explique Patrice Dinhut. Cet architecte de formation, parti étudier l'anglais à Berkeley, s'est inoculé le virus de l'image de synthèse en suivant des cours en auditeur libre. Dans l'exemple d'un vol d'oiseaux, le mouvement d'ensemble est parfaitement prévu, mais pas la trajectoire individuelle de chaque oiseau à l'intérieur des limites de cette envolée, et c'est ce que l'ordinateur va gérer.

« C'est pareil que si l'on dirait des acteurs », se réjouit Patrice Dinhut. Il précise que WDP n'est bien sûr pas le seul à travailler dans cette direction, et lance en passant un coup de chapeau à l'Ohio State pour sa

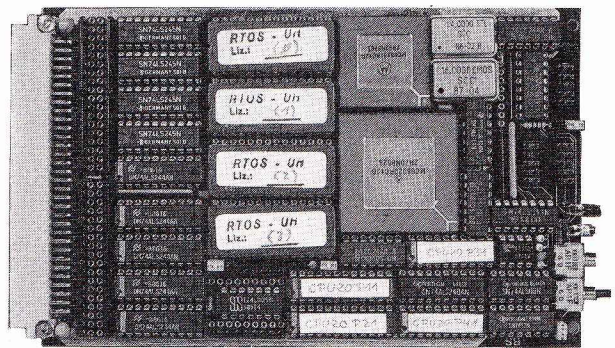
cascade de voitures dans laquelle ces dernières, encore très stylisées de formes, se bousculent dans des cabrioles parfaitement simulées.

Chez WDP, cette voie d'exploration cherche à exploiter les nouvelles performances des stations Symbolics. Une étude qui s'est concrétisée par la séquence *Stanley and Stella in breaking the ice*. (ou « un oiseau et un poisson amoureux rompent la glace »). Elle était destinée à mettre en relief les avantages mais aussi les faiblesses du système Symbolics. Elle a été menée conjointement pour Symbolics par Craigs Reynolds (un des pionniers de l'animation numérique) et Philippe Bergeron pour WDP. Elle a aussi constitué un test pour une série télévisuelle, commandée par la NBC, et dont elle permettra d'accélérer le processus de production.

Philippe Bergeron, un peu dépité, s'accorde la mention « aurait pu faire mieux », s'il avait disposé du temps nécessaire pour figurer ses animaux, un peu trop caricaturaux à son goût. Ces regrets personnels n'entament en rien la valeur d'une image qui reste du très haut de gamme auquel John Withney, malgré ses déclarations, ne semble pas vouloir renoncer si facilement... Contrairement à d'autres collaborateurs qui ont préféré rejoindre des compagnies qui se consacrent à produire « rentable » et donc souvent un peu sage. « Des images bien léchées, exploitant des méthodes efficaces, mais sans surprise ni grosses ambitions. Cependant, ils gagnent de l'argent », s'accordent à dire ceux qui reconnaissent à des sociétés comme Pacific Data Images cette facture plus traditionnelle mais fort bien cotée auprès de la clientèle. Qui résistera, de ceux qui ont les yeux perdus dans les nuages et de ceux qui regardent où poser les pieds sur terre ?

Micheline Domancich

## LE CT 68020 EST ARRIVÉ !



Carte vierge pour CPU 68020 et FPU 68881 avec PAL et RTOS en EPROMS ..... **2950F**

Système sur 5 cartes au format 100 x 160, CPU 68000 8 MHz, RAM 1 MOctet, Contrôleur de floppy, port parallèle et port série, horloge temps réel, graphique 1024 x 1024 géré par 7220, moniteur, OS temps réel multitâche, éditeur, assembleur et compilateur PEARL en EPROMS.

**KIT CT 68000** comprenant CI vierges + DOC + PROMS + EPROMS (6 x 27128) ..... **3980F**

Disponibles pour ce système : DOS 0S9 et CPM 68 K, cartes d'extension interface pour contrôleur de disque dur + processeur arithmétique + 4 ports RS 232, extension graphique 2 plans 1024 x 1024.

### 6809

Monocarte comprenant CPU 6809, 64 K RAM, contrôleur de floppy, contrôleur d'écran 25 x 80, port série, port parallèle, horloge temps réel sur carte 160 x 230 mm, double face, trous métallisés.

**Kit K9** comprenant CI vierge + DOC + PROMS + EPROMS + DOS. **1050F**

**Kit CK9** tous les composants pour équiper la carte K9 ..... **1205F**

### PROGRAMMATEUR EPROM pour K9 et CT 68000

**Kit PROG K9** pour K9 comprenant CI vierge (100 x 160) sur bus EBCS + logiciels sur disque. Pour EPROMS de 2716 à 27256 ..... **560F**

**Kit C-PROG K9** tous les composants pour équiper la carte PROG K 9 **673F**

**Adaptateur BK 9** : Liaison entre la monocarte K9 et le bus EBCS ..... **258F**

**EPAC 68008** carte CPU avec 2 lignes série (68681) port parallèle et timer (68230).

**EPAC 68008** carte vierge avec PALS, RTOS et PEARL en EPROMS ..... **1500F**

**CEPAC 68008** composants pour EPAC 68008 ..... **980F**

## FLOPPY

**CHINON 354** 3,25" 80 p double face ..... **1035F**

**CHINON 354 H** 3,5" 80 p double face, habillée 5,25" ..... **1290F**

**CHINON 502** 5,25" 360 K ..... **860F**

**CHINON 506** 5,25" 1,2 Mo ..... **1200F**

**PANASONIC JU 455** 5,25" 360 K ..... **1200F**

**PANASONIC JU 465** 5,25" 720 K ..... **1200F**

**PANASONIC JU 475** 5,25" 1,2 Mo ..... **1335F**

## CROSS-ASSEMBLEURS SOUS MS-DOS

**MOTOROLA** : 6800/1/2/3 - 6301 - 6805 - etc.

6809 - 6804 - 68 HC 11

68000 - 68010 - 68020

**INTEL/ZILOG** 8048 - 8051 - 8096 - Z8 - etc.

RCA 1802 - NEC 7500 - TMS 3200 - etc.

**SIMULATEURS/DEBUGGEURS**

**TOUS NOS PRIX SONT TTC**

# C.D.F. S.a.r.l.

198, bd. Saint-Denis - 92400 COURBEVOIE

Tél. : 47.89.84.42 (métro : Pont de Levallois)



# LES DÉFIS TECHNOLO

Conçues à l'origine comme un vecteur de visualisation de modèles scientifiques, les images de synthèse ont vu leurs premières applications dans les simulations militaires et industrielles. De nouveaux marchés de la représentation se sont ensuite ouverts aux techniques infographiques : la simulation médicale, architecturale et audiovisuelle.

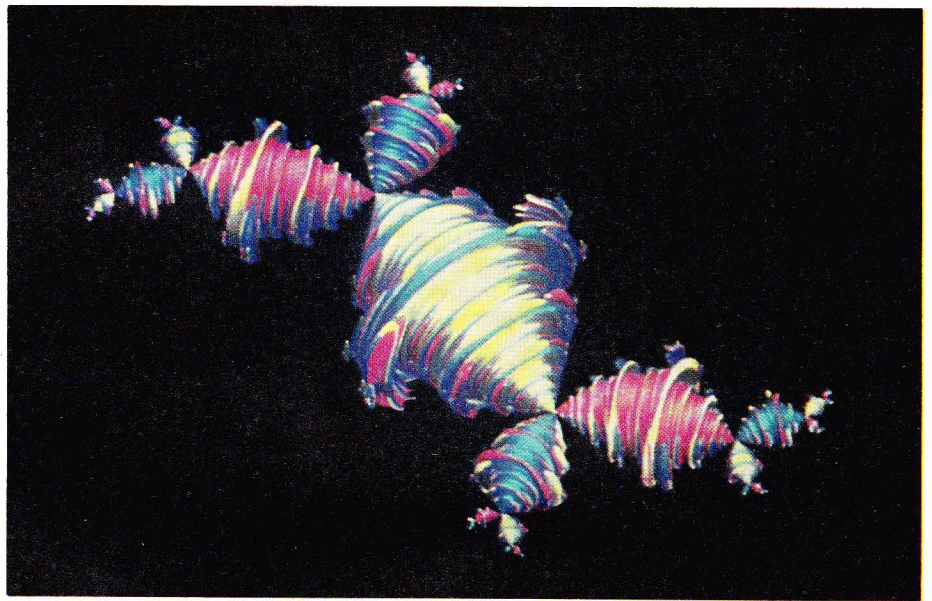
Dans le champ spécifique de la communication médiatisée, la justification à l'emploi de la synthèse d'images n'a pas toujours répondu aux arguments de productivité qui ont prévalu à leur utilisation dans d'autres secteurs industriels. Ici, le trait originel des nouvelles techniques de production renvoyait en premier lieu à une réflexion sur la nature sémantique du message et le renouvellement de l'écriture audiovisuelle. La maturité des techniques du graphisme numérique et leur intégration progressive à l'intérieur de la filière de l'image ont conféré peu à peu une plus grande légitimité économique à l'infographie dans la communication.

## L'image système

Après cent cinquante ans de photographie, quatre-vingts ans de cinématographie et un demi-siècle de télévision, la formulation « algorithmique » des images provoque un profond bouleversement de nos systèmes de communication. Ce « nouvel ordre de la représentation » du réel à partir d'un langage mathématique inscrit l'image dans un système conceptuel où la démarche modélisatrice assigne un rôle encore plus explicitement discrétionnaire à l'observateur-concepteur. Après la reproduction analogique par traitement chimique (photographie), photomécanique (cinématographie) ou par signal électronique (télévision), il faut désormais penser le renouvellement de nos modes de perception et de communication à travers le lien indissociable du tube cathodique et de l'ordinateur.

La transformation de notre appréhension visuelle des formes et des objets par la « modélisation » informatique ne se contente pas d'agir sur notre « culture de l'image ». Elle induit également un bouleversement des bases de la régulation économique des médias audiovisuels.

Comme le dit André Martin — qui figure parmi les pionniers français des images de synthèse —, il s'agit bien là « d'un nouvel



« Fractals, formulas and computer graphics animation » (Imagina 88).

audiovisuel dépendant de procédures inédites, proposant des horizons logiques et poétiques différents, appelant un renouvellement des thèmes et des contenus ».

Dans ce « nouvel ordre des images » qui s'impose progressivement à nous, le poids économique et industriel des technologies infographiques ne se mesure plus en termes d'une intervention marginale dans le processus de production des messages visuels. Désormais, l'infographie est inscrite au cœur des stratégies technico-économiques qui réorganisent notre consommation de produits de communication.

Promue technique de production à part entière, elle participe à la composition de ce nouvel ordre de la communication qui structure peu à peu nos sociétés. Dans ce processus interviennent confusément des politiques d'extension linéaire des modes d'échange de l'information et la mise en œuvre d'une stratégie d'intensification du capital dans leur mode de production.

Argument d'une substitution du capital au travail dans la conception et le traitement de l'image, le graphisme électronique

induit également une démarche innovante dans l'accès à l'information. La modélisation numérique prolonge ainsi, dans le domaine de la représentation audiovisuelle, la convergence technique entre l'informatique d'une part, les télécommunications et l'édition électronique d'autre part.

Afin d'apprécier les dimensions du marché européen, il faut désormais mesurer les opportunités économiques des images de synthèse à travers le prisme d'une recomposition globale du capital dans les industries de communication.

## L'intégration technico-économique

Dans la dynamique économique à long terme des industries audiovisuelles, les étapes de cette intégration progressive de l'infographie peuvent être repérées selon trois orientations majeures : la dissociation des fonctions de production, le redéploiement des politiques de distribution et des stratégies commerciales des médias audiovisuels,



# GIQUES ET COMMERCIAUX

| Infographie et micro-infographie |              |                |               |          |                |               |                                |                  |
|----------------------------------|--------------|----------------|---------------|----------|----------------|---------------|--------------------------------|------------------|
| PAYS                             | 1982         |                |               | 1986     |                |               | Croissance 82-86 base 100-1982 |                  |
|                                  | CA (1) info. | CA micro-info. | % micro-info. | CA info. | CA micro-info. | % micro-info. | Info. 1986 (chiffre global)    | Micro-info. 1986 |
| USA                              | 1 600        | 350            | 20 %          | 4 600    | 1 550          | 35 %          | 288                            | 443              |
| EUROPE                           | 310          | 22             | 7 %           | 2 000    | 560            | 30 %          | 647                            | 2 545            |
| JAPON                            | 125          | 9              | 7 %           | 650      | 180            | 30 %          | 520                            | 2 000            |
| TOTAL                            | 2 035        | 380            | 18 %          | 7 200    | 2 300          | 32 %          | 354                            | 605              |

(1) Les chiffres d'affaires sont indiqués en millions de \$ - Source : I.N.A.

| Répartition mondiale par type d'application |       |                  |          |                  |                                   |
|---|-------|------------------|----------|------------------|-----------------------------------|
|   | 1982  | Répartition en % | 1986 (1) | Répartition en % | Croissance en 82-86 base 100-1982 |
| CAO/FAO                                     | 1 720 | 81               | 4 350    | 71               | 252                               |
| Business graphic                            | 315   | 15               | 1 500    | 24               | 476                               |
| Audiovisuel                                 | 90    | 4                | 300      | 5                | 333                               |
| TOTAL                                       | 2 125 | 100              | 6 150    | 100              | 289                               |

(1) Estimation en millions de \$ 84 - Source : I.N.A.

et enfin, à plus longue échéance, l'introduction dans nos modes de visualisation des fonctions d'automatisation, de tout ou partie du traitement de l'information, grâce à l'annexion au système de graphisme électronique de procédés de conception et de consultation incluant de « l'intelligence artificielle ».

## La dissociation des fonctions de production

Hier chaque média (presse, cinéma, télécommunications, télévision) disposait d'un circuit de production intégré. L'organisation du travail dans chacun de ces médias répondait au cloisonnement des réseaux et à leurs spécificités technologiques. Les procédés d'enregistrement et de transmission analogiques (dans le domaine de l'image comme dans celui du son) induisaient, pour chaque composant d'une filière, une forte interdépendance verticale des fonctions et une contraction de chacune des filières autour de normes techniques spécifiques. L'avènement des processus de numérisa-

tion de l'information a eu pour conséquence principale la remise en cause de ce cloisonnement intermédiatique, elle a généré des équivalences fonctionnelles à différentes étapes de production et de formatage de l'information (conception, traitement, transmission, réception, mémorisation). La dynamique industrielle des médias et la recherche des économies d'échelle dans les activités de traitement de l'information quitte donc la logique de la « verticalité » des liaisons technologiques à l'intérieur d'une même filière de production, pour s'appuyer au contraire sur des fonctions technologiques plus « transversales » à chaque média.

Il s'en suit une recomposition progressive des formes de l'accumulation du capital dans les industries de la communication. Les exemples de jonctions techniques et commerciales entre la presse et la télématique par l'intermédiaire des systèmes de traitement électronique des textes, ou, demain, le rapprochement entre le cinéma et la télévision dans le domaine de l'image

grâce à l'introduction de la vidéo numérique en haute définition viennent parfaitement illustrer ce phénomène de concentration « horizontale » des techniques de communication. Ici la conception visuelle assistée par ordinateur trouve toute sa pertinence technique et sa rationalité économique.

## Transformation des réseaux commerciaux

Ce redéploiement du système technique des réseaux de communication influence parallèlement les politiques commerciales. La dissociation technologique des fonctions de production modifie sensiblement les structures d'investissements et engendre une redéfinition des termes de l'amortissement. Ainsi, pour les prestataires vidéo, la nécessité de s'ouvrir à d'autres marchés que celui de la télévision est impérative. Les nouveaux commanditaires de productions audiovisuelles (ainsi, en France, la seule communication spécialisée (communication d'entreprise) a représenté en 1986 plus de 70 % du chiffre d'affaires des investissements et de la prestation infographique) imposent de nouvelles exigences aux prestataires et constructeurs de matériels de communication. L'appareil de production d'images, fixes ou animées, doit entre autres s'adapter à la multiplication des supports de diffusion (films, vidéo, vidéodisque, réseaux locaux, etc.).

Cette recomposition du capital technique de la communication consécutive à la redistribution des marchés induit une tendance à l'intensification des investissements sur les segments amont des processus de production de l'information (conception et traitement).

## La fin du traitement manuel de l'information

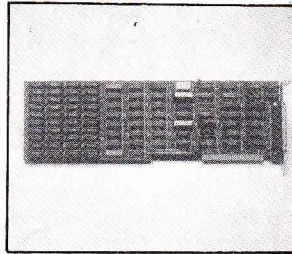
Aux deux phénomènes précédents qui modifient notre paysage de la communication, il convient d'ajouter une prochaine étape du développement technique : l'automatisation d'une partie des fonctions de « valorisation » d'une information. L'adjonction de systèmes experts et de certaines fonctions d'intelligence artificielle (IA) à l'intérieur des protocoles de conception infographique sont encore le propre d'une expérimentation. Toutefois, les bénéfices du savoir-faire acquis dans la CAO pourraient prochainement s'annexer aux outils de la communication. Les recherches entreprises dans ce sens par la société Apple en



# ACE ET LA P.A.O.:

## RAPIDITE, INTEGRATION ET CONVIVIALITE

### Le système le plus rapide du marché



La station Vision a été mise au point dans un souci constant de cohérence, de souplesse d'utilisation et d'efficacité. Ainsi l'équipe d'ACE a-t-elle effectué non seulement la sélection des matériels, mais aussi le développement du système d'interfaçage et l'adaptation des logiciels utilisés aux spécificités de l'ensemble. Le système se compose d'un micro-ordinateur compatible IBM AT avec écran haute définition standard ou pleine page, de l'imprimante laser ACE, d'un scanner 32 niveaux de gris (modèle AVR 302), et de la carte Megabuffer (interface imprimante et scanner), et des logiciels Megascan 3.0 et Xerox Ventura Publisher.

Premier des deux composants "clé" qui procurent à la station Vision une puissance remarquable, le scanner AVR 302 est un modèle à plateau fixe, autorisant la saisie des documents, même fragiles, sans aucune détérioration. Sa résolution est de 300 points par pouce (12 pts/mm) et il assure la digitalisation d'une page A4 en 8 secondes, ceci sans qu'il soit nécessaire de sortir du logiciel de mise en page. Ces caractéristiques, auxquelles s'ajoute un rendu des demi-teintes optimal (photos, etc...) grâce aux 32 niveaux de gris, placent l'AVR 302 nettement en tête du marché.

Le second élément primordial de la station Vision est la carte Megabuffer, conçue spécialement par l'équipe d'ACE afin d'optimiser les liaisons entre l'ordinateur, le scanner et surtout l'imprimante. En effet, en

plus de l'interface physique, les systèmes "classiques" mettent fréquemment en oeuvre un langage de description de page. Ce procédé, s'il est efficace dans le cas d'un document ne comportant que du texte, devient d'une lenteur préjudiciable lorsqu'il est chargé d'imprimer des pages complexes intégrant images et graphiques.

La solution d'ACE, en revanche, repose sur un principe on ne peut plus simple, mais d'une grande efficacité: grâce aux 1,3 Mo de mémoire que comporte la carte Megabuffer, le document est stocké en permanence dans sa résolution finale (300 ou 400 points/pouce). En conséquence l'imprimante accède aux données en mode DMA (accès direct mémoire), sans qu'aucun calcul soit nécessaire. Le débit des informations s'avère environ 60 fois supérieur à celui obtenu avec une liaison parallèle classique, et le temps d'impression ne dépasse pas 16 secondes par page A4, quel que soit son contenu contrairement à la plupart des systèmes d'édition électronique.

Un dernier point mérite d'être souligné pour en terminer avec les éléments "matériel". En effet si la station Vision supporte les écrans classiques EGA ou Hercules, une configuration incluant un moniteur haute résolution (un modèle Wyse à affichage sur fond blanc est proposé par ACE en version de base) ou même l'écran pleine page ACE Génie 400 est nettement recommandée. Elle évite un "fenêtrage" trop étroit, et permet bien sûr de juger beaucoup plus efficacement de l'esthétique globale du document.



### Convivialité et simplicité

Telles sont les notions essentielles sur lesquelles reposent les différents logiciels proposés sur la station ACE Vision. Au nombre de trois, ils fonctionnent entièrement sous GEM, et par conséquent font un usage intensif de la souris et des menus déroulants. L'apprentissage est lui aussi largement facilité par des aides interactives.

Les deux premiers, déjà bien connus, sont des versions d'Evolution et de Xerox Ventura Publisher, adaptées pour supporter le procédé d'impression exclusif d'ACE. Rappelons simplement qu'Evolution est un traitement de textes multi-polices spécialement conçu pour l'impression laser, tandis que Ventura Publisher est particulièrement adapté à la mise en page et à l'impression de documents répétitifs.

Entièrement francisé et développé par ACE pour exploiter de manière optimale les possibilités du scanner AVR 302, le logiciel Megascan gère quant à lui la digitalisation en 32 niveaux de gris, et présente de nombreuses fonctions de manipulation d'images: trames, retournements, miroirs, inversions, rotations, copies, etc... Contrairement aux autres programmes de mise en page, il travaille sur une seule feuille à la fois et totalement en mode "WYSIWYG" (ce que vous voyez représente ce que vous obtenez), ceci afin d'offrir une visualisation optimale et d'exercer un contrôle plus "pointu" du document.

Megascan intègre par ailleurs les commandes de tracé usuelles (point, ligne, ellipse, rectangle, pinceau), un module de traitement de textes (jusqu'à 400 polices de caractères, corps 6 à 72 attributs et dimensions simples ou doubles), 6 niveaux de zoom, 4 modes de superposition d'images, et même un langage de commande permettant d'auto-

matiser certaines opérations. Il peut bien sûr récupérer les fichiers les plus fréquemment employés: ASCII, GEM, Paintbrush, etc...

### La station de P.A.O. ACE Vision: complète, rapide mais aussi ouverte



On peut dire que la micro-édition tient une place non négligeable dans l'environnement bureautique actuel. Elle constitue en effet un facteur de plus en plus important dans la communication et l'amélioration de l'image de marque d'une entreprise. Que ce soit à des fins d'information interne ou externe, elle peut produire des documents d'une qualité très proche de celle de l'imprimerie, pour un investissement et un coût réduits.

De par son intégration, la station ACE permet en premier lieu de s'affranchir de tous les problèmes d'installation et d'incompatibilités que l'utilisateur rencontre malheureusement trop souvent. Outre des performances inhabituelles en matière de productivité et de souplesse d'emploi, elle offre des possibilités d'évolution intéressantes. Ainsi ACE propose d'ores et déjà une carte d'extension avec logiciel (ACE FAX) transformant la station Vision en un puissant système de télécopie, et offre déjà des solutions d'archivage de documents utilisant des disques optiques numériques. Une affaire à suivre ...

ACE PUBLI-INFORMATIONS



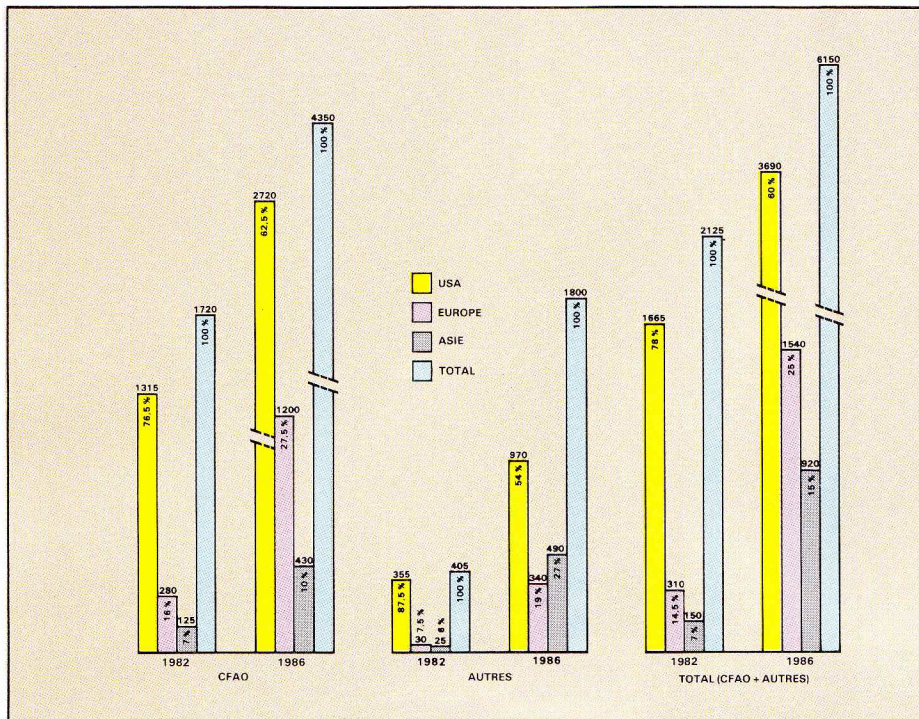
ACE PARIS  
6, rue Rochambeau 75009 Paris  
Tél : (1) 42.85.46.40

ACE PARIS NORD  
220, bd de Pontoise 95370 Montigny les corneilles Tél : (1) 34.50.92.10.

ACE PARIS EST  
1, rue A. Einstein 77436 Marne la vallée Tél : (1) 64.61.75.07.

ACE PARIS OUEST  
12, avenue des prés 78180 Montigny le bretonneux Tél : (1) 30.57.46.47.





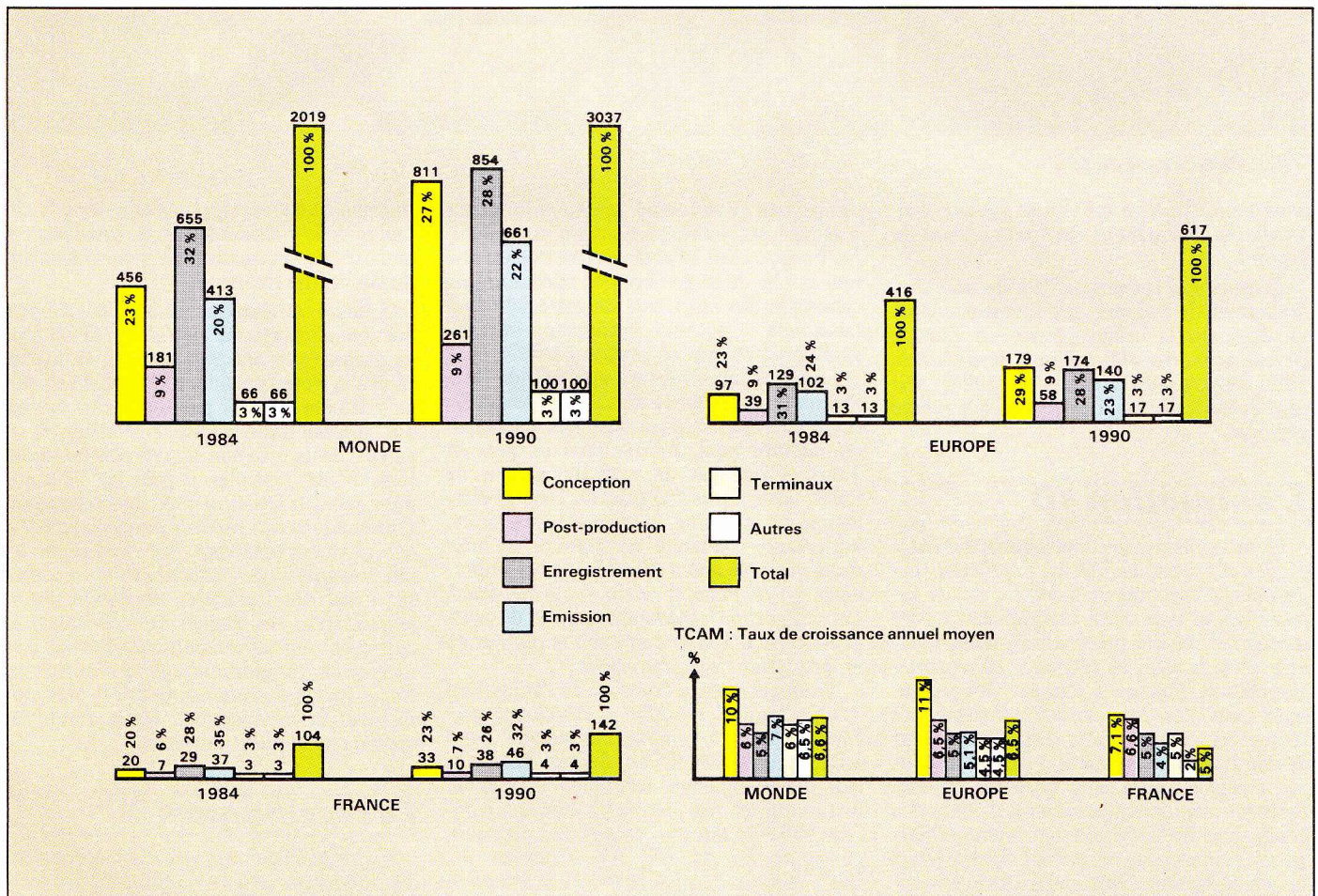
Répartition du marché mondial des équipements infographiques par grandes régions. En millions de \$ 84

Californie ouvrent la voie d'une extension de la visualisation aux marchés de la documentation et des produits pédagogiques, ainsi qu'à l'ensemble des services d'information à valeur ajoutée.

## L'Europe face aux échéances de marché de l'infographie

L'image de synthèse participe donc d'une rupture à la fois historique et épistémologique dans notre système culturel de la représentation. Mais elle est aussi la figure de proue d'une intense recomposition du capital technique de l'ensemble des médias. Située au carrefour du principe de numérisation des réseaux de l'image, l'infographie rassemble quelques-uns des enjeux culturels et économiques d'une industrie de la création audiovisuelle à forte valeur capitalistique.

Face à ces dynamiques qui structurent les marchés de l'audiovisuel et réorientent les conditions de l'offre technologique sur



Investissements par segments de la filière audiovisuelle. En millions de \$ 84. (Source : I.N.A. et B.I.P.E.)





Pixar/M. Craig Good.

« Red's dream » (Imagina 88).

le secteur, l'Europe est-elle en mesure d'affronter la concurrence des Etats-Unis et du Japon ?

Dans le seul secteur de l'audiovisuel professionnel, le volume des investissements en équipement infographique en Europe devrait atteindre 400 millions de francs en 1990 (contre 180 millions en 1984), soit plus de 20 % du marché mondial à la même période.

## L'animation 3D

Dans le champ des applications des techniques d'animation 3D, la production audiovisuelle européenne n'occupe encore aujourd'hui qu'une place marginale. Le coût toujours élevé des productions, mais, peut-être plus encore, la réticence des professionnels de l'image à aborder des techniques nouvelles dont ils ne maîtrisent pas toutes les potentialités, expliquent pour l'essentiel que la simulation par ordinateur soit restée confinée dans quelques productions courtes (quelques secondes) allant des génériques de télévision aux spots publicitaires. Cependant, en termes de capacités de production de films d'animation 3D, les positions relatives selon les pays sont très variables. La France et la Grande-Bretagne

ont pris en ce domaine une nette longueur d'avance sur leurs partenaires européens. En France, c'est à l'action concertée du secteur public de télévision, des télécommunications et des fabricants de matériels électroniques (Dassault, Thomson, la Cisi, Bull) que l'on doit en grande partie la mise en place d'importantes capacités de production en animation 3D. Parmi ces sociétés de production, quelques-unes ont acquis un rayonnement international (Sogitec et TDI). A l'inverse de cette dynamique de l'offre dans le cas français, en Grande-Bretagne, on constate la préexistence d'une importante demande en matière de production publicitaire (deux fois plus importante qu'en France) et de vidéo musicale, qui ont permis à plusieurs sociétés de post-production d'acquiescer une solide réputation en prestations infographiques.

Toujours dans le domaine de l'animation 3D, le logiciel « Aniflo », développé par Michel Bret au sein de l'université Paris VIII, qui ne bénéficiait depuis deux ans que d'une diffusion restreinte au marché institutionnel, est, depuis l'automne, commercialisé en deux versions : une première configuration sur PC AT, intitulée PC IKO, et l'autre transportée sur une station de travail Iris 3030 de Silicon Graphics.

La souplesse d'utilisation d'Aniflo lui

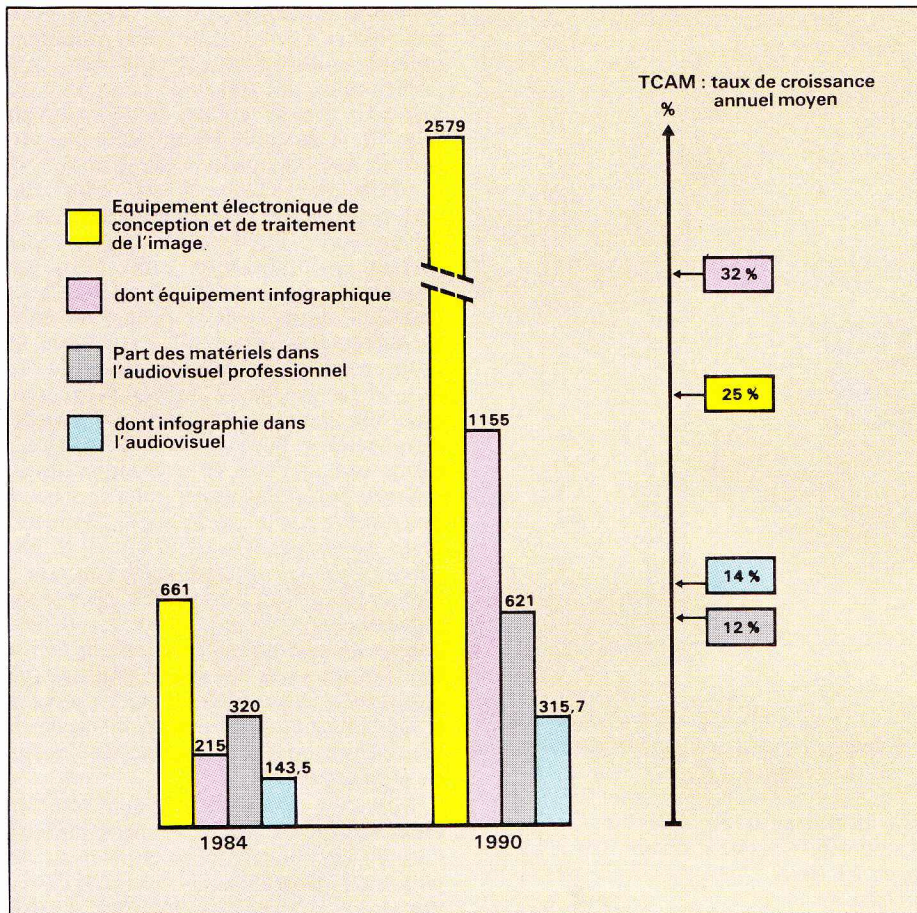
permet, outre les applications dans le domaine de la création vidéo, de satisfaire aux marchés de la visualisation architecturale et du packaging industriel.

Ailleurs en Europe, les activités de production d'images de synthèse 3D de haut de gamme ont été plus lentes à se mettre en place. Pour certains, ce retard étant dû à un contexte culturel plus ou moins favorable, comme dans le cas de la RFA où les enjeux de la création audiovisuelle paraissent moins sensibles auprès de l'opinion publique. En Italie, ce sont les orientations économiques des médias, consécutives à la déréglementation, qui ont privilégié les mécanismes d'une redistribution du capital sur l'aval des industries de l'audiovisuel (exploitation des chaînes de télévisions) au détriment des investissements dans la production de programmes. Pour d'autres enfin, le retard d'investissement est plus simplement la conséquence d'une rareté du capital technique et financier.

## Les techniques 2D

Au niveau de l'imagerie 2D, la proximité du traitement infographique avec les techniques plus traditionnelles du dessin ont grandement favorisé leur pénétration au





Evolution du marché mondial des équipements de l'imagerie électronique dans les industries de communication. En millions de dollars. (Source : I.N.A.)

sein des appareillages des sociétés de production et de post-production audiovisuelles. D'un prix plus abordable que les systèmes de conception tridimensionnelle, la technique 2D obéit, en effet, plus à une logique de substitution ou de complémentarité des investissements déjà existants. L'évolution de la performance des équipements autorise d'ores et déjà à assurer dans certaines phases de conception une réelle compétitivité par les prix des systèmes électroniques par rapport au travail manuel. Toutefois, si les palettes graphiques se sont imposées dans les investissements des professionnels comme une technique en « annexe » des régies de post-production, leur utilisation courante dans la conception graphique demeure relative. Les rigidités semblent davantage liées aux habitudes professionnelles, et aussi aux conditions de flexibilité de l'emploi dans le secteur. L'exemple de la production de dessin animé, où l'on ne compte encore aujourd'hui que quelques productions, de type expérimental, ayant fait le pari des nouvelles technologies dans leur réalisation, illustre parfaitement les difficultés que rencontrent de nouveaux modes de conception techniques à s'imposer dans les habitudes professionnelles.

## Les nouveaux créneaux des techniques infographiques

Conjointement à cette pénétration de l'infographie dans le champ de la création audiovisuelle, l'évolution des techniques a permis aux graphiques électroniques de pénétrer de nouveaux secteurs de communication. Alors qu'en 1984 l'audiovisuel professionnel ne représentait pas moins de 66 % des investissements mondiaux en matériels d'imagerie numérique pour la communication, en 1990 cette part relative des professionnels de la télévision et du cinéma ne représentera plus que 27 %.

En Europe, l'utilisation de l'image numérique dans les secteurs de l'édition et de la communication d'entreprise représentera à la fin de la décennie un marché potentiel de près de 5 milliards de francs. Les secteurs de l'édition électronique (publication commerciale et publication d'entreprise) compteront à eux seuls pour plus de 55 % de ce marché (2 800 millions de francs).

Autres secteurs d'innovation ouverts à l'utilisation des procédés de visualisation

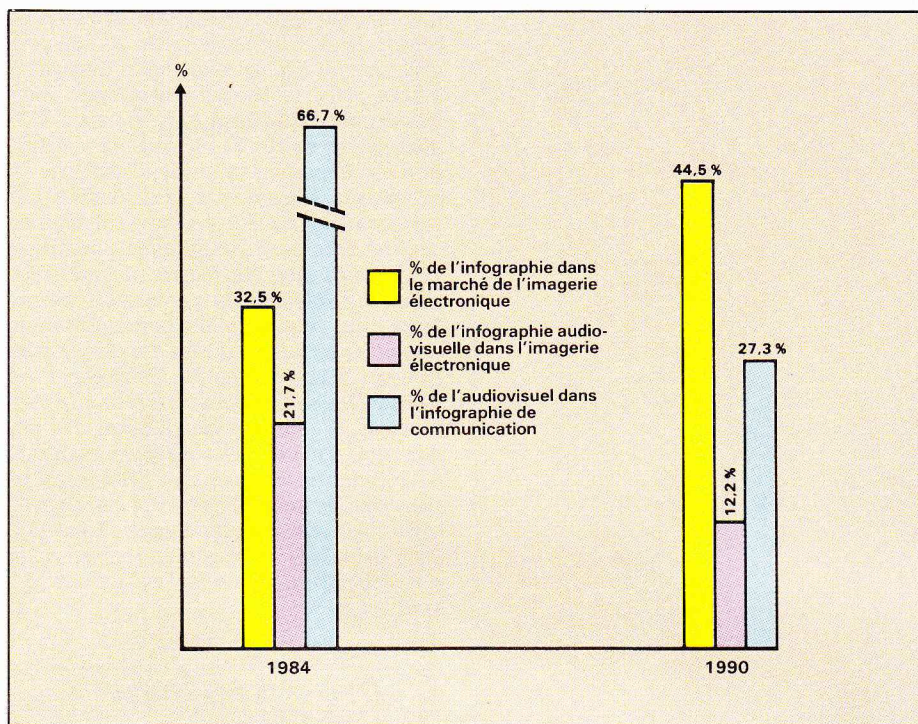
numérique : le packaging industriel. Le développement par les sociétés d'ingénierie infographique (parmi lesquelles figurent en bonne place la société canadienne Alias, l'américain Wavefront et le français TDI) d'interfaces entre des logiciels de visualisation et d'animation et les systèmes de conception assistée par ordinateur a créé ces dernières années un nouveau segment aux marchés de l'icône numérique. Les besoins ressentis par les entreprises de relier les activités de production proprement dites au souci d'une bonne communication les incitent, de plus en plus, à réexploiter leurs bases de données CAO lorsqu'elles en disposent, à des fins de communication interne (visualisation des produits) ou dans le cadre de leurs politiques de promotion commerciale. Ainsi, on estime que ce marché mondial de l'interfaçage CAO-Audiovisuel comptera en 1990 pour près de 2 milliards de francs (contre seulement 30 millions en 1987), dont 23 % en Europe.

## L'offre européenne de systèmes infographiques

Confronté à cette diversification des marchés, le panorama européen de l'offre industrielle en équipements d'assistance infographique est fortement contrasté selon la technique et les applications. Outre la station de travail Bosch FGS 4000 fournie par le constructeur allemand, le marché européen des stations de travail tridimensionnel est principalement monopolisé par les constructeurs nord américains. Toutefois, dans le sillage du développement des sociétés d'ingénierie en CFAO, l'industrie européenne commence à proposer une offre de logiciel de visualisation concurrente des produits d'outre-Atlantique. En France, TDI (Thomson Digital Image) fournit depuis 1986 le premier logiciel de visualisation tridimensionnel pour l'audiovisuel dont la valeur ajoutée est 100 % d'origine européenne : le système « Explor ». Par ailleurs, TDI a engagé depuis quelques mois la commercialisation des interfaces de son logiciel avec les systèmes de CAO de Computer Vision et de Dassault.

C'est dans l'offre des palettes 2D cependant que les Européens présentent le plus d'atouts industriels. La firme britannique Quantel, avec ses stations de travail Paint Box et Harry, a acquis sur ce secteur une très forte notoriété internationale. Initialement tendue vers les marchés de la vidéo professionnelle, la société britannique diversifie aujourd'hui ses activités en direction du packaging et de l'édition en proposant une version haute définition de la Paint Box compatible avec les chaînes de compositions et de traitements électroniques de l'imprimerie. Sur le continent, c'est





Evolution des parts du marché de l'infographie dans l'équipement mondial de l'imagerie électronique. En millions de dollars. (Source : I.N.A.)

la société franco-allemande Dali'm qui cherche à s'imposer sur le créneau de la haute définition en rivalisant avec l'offre américaine de Genigraphics et de Dicomed. De même, la société néerlandaise Aesthedes propose pour les métiers de la composition électronique d'imprimer un système à haute résolution.

Dans le secteur de la vidéo professionnelle, l'Europe dispose également d'une of-

fre importante en systèmes moyenne gamme 2D tels que le Graph 9 de la société grenobloise X COM, ou les palettes Getris et Gixi.

## L'Europe demain

Ainsi, par touches successives, la nouvelle filière de production numérique des images s'est constituée à l'intérieur de nos

systèmes contemporains de communication. Mais, « pointillisme » des différentes options industrielles correspondant à la partialisation des tâches de conception infographie dans les médias du début des années 80, la décennie 90 imposera une évolution des techniques de l'image de synthèse plus adaptée à son intégration « transversale » à l'ensemble industries de l'information. La demande toujours plus précise des utilisateurs provoquera une concentration industrielle et la formulation d'alliances techniques et financières entre les différents constructeurs. Par ailleurs, les coûts croissants du développement de l'infomatique graphique impliqueront également une internationalisation des marchés d'équipement. Pour répondre à ces impératifs de compétitivité, la proposition des industriels européens devra donc nécessairement passer par la concertation. La mise en place du programme MEDIA – et plus particulièrement de son volet consacré à l'infographie – décidé par les douze pays membres de la Communauté européenne donne dès aujourd'hui l'occasion de formaliser quelques-uns des axes d'une stratégie européenne dans le secteur sur les plans de la Recherche et du Développement, des financements, et des utilisations de l'imagerie numérique.

Face à ces défis technologiques commerciaux, l'infographie européenne se présente dans un environnement international compliqué par les soubresauts de la crise économique. Les déséquilibres monétaires modifient artificiellement les bases de la compétitivité de l'industrie européenne encore mal assurée sur des marchés d'équipements où les constructeurs américains bénéficient d'une prédominance technologique, et souvent d'un monopole sur certains équipements. Plus grave cependant, l'instabilité financière vient frapper un secteur où les besoins en fonds propres des entreprises sont importants afin d'améliorer sans cesse la performance des matériels.

De même, à l'intérieur des industries culturelles, les déséquilibres conjoncturels entre les termes d'une offre de création qui se situe à un coût élevé et une demande de programmation des réseaux de diffusion qui tend à imposer des bas prix ne vont pas dans le sens d'une recherche de renouvellement de l'écriture de l'audiovisuel. Au niveau de la communication spécialisée (communication d'entreprise, publicité directe), le renforcement de la compétition internationale plaide très certainement en faveur d'une sophistication des outils de communication. Toutefois, la difficulté propre au secteur infographique tient à l'étroite dépendance entre les différentes fonctions de communication. Devant l'impossibilité des seules forces du marché à compenser ces instabilités de court terme, l'initiative pluri-nationale ou européenne, devient l'argument d'une compétitivité à long terme.

Lionel Levasseur



« Dancer 4 » (Imagina 88).

NYIT Graphics Lab (USA)/M. Dick Lundin.



# RECONCILIER LES TECHNIQUES DE L'IMAGE

**L**a synthèse d'image ne doit pas régenter la production d'animation 3D. Au contraire, il faut fédérer les différentes techniques de l'image qui, pour le moment, cohabitent sans s'enrichir mutuellement, et rééquilibrer leur importance relative », professe François Helt, directeur de recherche. De là, il bâtit une prospective de l'animation par ordinateur, préférant au terme d'animatique celui de narration graphique par ordinateur.

L'ordinateur devient alors un « organisateur de l'information », opposé au rôle réducteur de l'ordinateur « intervalliste ». Pour cela, il faut faire tomber les barrières entre deux dimensions et trois dimensions, traitement d'image, synthèse d'image, interpolation ramenée alors à une simple méthode parmi d'autres. Le premier niveau d'utilisation de l'ordinateur est conservé en tant que calculateur efficace pour des opérations dévoreuses de puissance, telle la modélisation et le rendu d'objet en 3D. A un niveau supérieur, il sera fait appel à l'intelligence artificielle pour aménager la mise en page dynamique d'images composites. La préfiguration de ce que pourrait être un tel langage peut être évoquée par un parallèle avec le langage PostScript. Celui-ci décrit toutes les caractéristiques des éléments et leur place dans une mise en page statique. Pour l'animation 3D, qui peut être vue comme une mise en page dynamique, ce langage définirait l'agencement spatial et temporel des objets de la scène.

« Le créateur pourrait alors réellement transmettre les principes d'organisation de son histoire et donner les indications nécessai-

**Le traitement d'image a pour origine l'image saisie par capteurs à la différence de la synthèse d'image qui génère l'objet et donc passe par une étape intermédiaire qu'est le modèle. Mais ces deux disciplines seront amenées à trouver des terrains d'entente. Cette ouverture les aidera à s'affranchir de leurs insuffisances respectives. Guy Fontenier part du traitement d'image pour aboutir à la synthèse, François Helt fait le chemin inverse.**

res aux mouvements de ses personnages. Au lieu de voir son projet morcelé en autant de tâches réparties entre les maillons de la chaîne traditionnelle constituée du coloriste, de l'intervalliste, du gouacheur, etc. » L'informatique doit effacer cette découpe de la création.

François Helt avance le concept de « multiplane informatique » calqué sur la mise en page à partir de plans multiples, inventée pour la première fois par Walt Disney pour son dessin animé Blanche-Neige. Elle consiste en une superposition de vitres transparentes accueillant chacune un élément de la scène (arrière-fond statique, un personnage plus proche, des brins d'herbe à l'avant-plan, etc.) et qui se meuvent les uns par rapport aux autres. Transposé en informatique, chacun des plans d'une scène est composé d'éléments de base animés (vecteurs, figurines en objets 2D et 3D, éclairages, textes, images digitalisées retravaillées) : le premier système à savoir traiter une telle image composite dans cette optique-là est la machine Pixar. Et juste-

ment, elle fait appel aux techniques de traitement d'image.

## Améliorer les mélanges

Un tel contexte d'image composite dépasse l'utilisation de la simple incrustation vidéo et c'est là que le traitement d'image prend alors toute son importance. Une difficulté, non encore dominée, concerne l'interaction d'un élément d'image de synthèse avec le fond digitalisé sur lequel il a été rapatrié. Il est encore impossible de paramétrer cette interaction. Même dans l'objectif classique du traitement d'image artistique qui est de mélanger une image de synthèse calculée sur fond noir avec une image digitalisée, une simple incrustation réintroduit immédiatement les escaliers, annulant les bienfaits d'un antialiasing préalable obtenu à grand frais de calculs. Réintroduire le fond au moment du calcul antialiasing ne sert à rien puisqu'il y a des chances pour que le personnage ne soit jamais à la même

place. La seule solution est que les logiciels de mélange d'images aménagent des ponts entre synthèse et traitement et utilisent les résultats de calcul pour améliorer le mélange des divers éléments.

Une expression de cette méthode passe par l'utilisation du canal alpha. Lucas Film, puis son émanation, la société Pixar, de par leur vocation pour le calcul très rapide de mélange d'images, ont, de ce fait, adopté cette technique. En plus des trois canaux RVB (rouge-vert-bleu), l'information de transparence est livrée via un canal supplémentaire, appelé canal Alpha. Au moment du mélange d'images ce canal réintroduit les effets de transparence et d'antialiasing. Des matériels travaillant en priorité sur l'image statique tels que la Paint-Box ou l'Ava 3 d'Ampex ont utilisé ce procédé à des fins de mélange.

Un autre procédé de mélange d'images a été mis au point par François Helt. Il est basé sur un autre aspect technique du traitement d'image : l'éclairage d'une scène est contenu dans les informations transmises par les fréquences spatiales basses. Quand il est procédé au mélange de deux images, ces fréquences peuvent donc être utilisées pour reporter les effets d'éclairage au long de la séquence. Un exemple : dans l'image d'une colline, les fréquences basses donnent les effets de brume dus à l'éloignement, et les ombres portées provoquées par les rayons du soleil. Ensuite les informations contenues dans les fréquences spatiales basses sont reportées sur les objets 3D à mélanger pour obtenir les mêmes effets. « J'ai programmé un tel logiciel basé sur une méthode publiée aux



*Etats-Unis et destinée à contrôler les effets tel que l'ombrage pendant un mélange d'images», explique François Helt. Cette méthode dite de multirésolution ou de décomposition pyramidale est habituellement utilisée pour fondre la soudure des deux bords d'une texture repliée sur un volume quelconque en image de synthèse. (Une démonstration de cette méthode a été réalisée dans le domaine photographique pour restituer les informations manquantes sur des photos tachées ou abîmées). Ce n'est pas la seule méthode, mais, en tous cas, toutes nécessitent une implémentation intelligente des techniques de traitement d'images. Certaines sont déjà utilisées, mais il arrive qu'elles soient confondues avec la synthèse d'image.*

## Supprimer l'empirisme

Le souhait de François Helt est d'arriver à un degré de contrôle aussi sophistiqué que celui du metteur en scène de cinéma (François Helt a été réalisateur vidéo), dosant ses raccords de lumière, ses jeux de plans en harmonie et en contraste, alors que les effets de solarisation par informatique sont mal contrôlés. Les opéra-

teurs sur systèmes d'effets spéciaux savent la difficulté de reproduire un effet obtenu de manière tout à fait empirique. C'est que cette injection d'informations précises dans une image réelle, relève encore de la subjectivité.

D'où l'intérêt, enchaîne Guy Fontenier, de l'Université de technologie de Compiègne, d'un modèle intermédiaire. Car tant qu'il n'existe pas, il n'est pas possible d'intervenir qualitativement. Guy Fontenier envisage d'utiliser la modélisation comme étape ultime, associée aux procédures conventionnelles du traitement d'image. Cette méthodologie emprunterait alors à la fois aux techniques de modélisation fortement développées en CAO, et, par ailleurs, de génération d'image par interpolation empruntées au domaine de la synthèse d'image. En synthèse d'image, le modèle, créé en vue de sa fabrication, prend tout son intérêt aux yeux des industriels, bien qu'il reste coupé de la réalité, en ce sens qu'il n'est pas issu de l'analyse d'un modèle physique de référence. L'intérêt est tout aussi grand d'appliquer la modélisation au traitement d'image.

L'image brute obtenue par capteur est trop fouillée. Ce qui empêche l'interprétation aisée

des données et donc de distinguer les éléments fondamentaux parmi la surabondance des informations. De la quantité d'informations, il faut soustraire la qualité, c'est-à-dire arriver à déterminer les attributs de l'image qui la caractérisent le mieux et forment alors l'ossature d'un modèle complet. Cette modélisation est une forme de représentation puisqu'elle se base sur les paramètres essentiels extraits des données brutes et capables de recréer l'image par la suite. Cette phase de restitution utiliserait alors les techniques de synthèse d'image.

Certes, actuellement, certaines fonctionnalités du traitement d'image relèvent de cette procédure, tout au moins dans sa phase initiale, puisque l'on vient plaquer sur des modèles de synthèse une information quantitative servant à reproduire une image qualitative. Mais ces modèles restent encore très succincts. Ils sont basés pour l'essentiel sur la reconnaissance de formes avec recherche d'attributs, reposant principalement sur la recherche des transitions de contraste de l'image. Il n'est pas certain que les contours soient une fin en soi et qu'ils constituent donc les seules informations significatives. En plus de la notion de région, d'autres paramètres intermédiaires ayant pour support les contours peuvent être des moyens d'accéder à une région mais sans la délimiter forcément : ainsi de la texture.

Les chercheurs sont encore démunis pour parvenir à une modélisation intelligente. Parce qu'incapables de tirer les paramètres essentiels d'une image, ils sont dans l'incapacité de retrouver cette image de départ, édulcorée par de multiples traitements. Guy Fontenier est persuadé que les techniques de traitement d'image prendront leur envol seulement grâce à l'apport de techniques de modélisation. C'est uniquement par la sélection de paramètres pertinents que le traitement d'image conceptualisera des modèles qui serviront à régénérer l'image. La tâche est de déterminer des générateurs de modèles, d'où s'enclencheront les processus de modélisation. Pour Guy Fontenier : « *Le cœur*

*du débat est là : l'utilisateur dispose alors de son modèle et il peut en faire ce qu'il veut, soit réduire les informations significatives pour faciliter la procédure et anticiper*

*Le résultat grâce à un système expert, soit effectuer des simulations. Cette démarche permettra d'atteindre des étapes inaccessibles par la prise d'informations directes.* »

Les applications de cette modélisation sont multiples. Une telle approche résoudrait certains problèmes comme celui du transfert d'image, qui plafonne pour le moment à un débit de 64 kb/s (soit 32 secondes pour transférer une image de  $512 \times 512$ , codée sur 8 bits). Transférer uniquement un modèle et ses paramètres associés et restituer l'image seulement à l'arrivée diminuerait les temps et les coûts. Mais on en est encore loin.

La robotisation y gagnerait aussi. Visionner un objet en mouvement sur une chaîne de production pour un robot, c'est passer d'une information 3D (l'objet de départ), captée en 2D, et transmise à un robot qui doit réagir sur cet objet 3D. A l'aide de deux images ou d'une séquence, le modèle 3D servant à piloter le robot est reconstruit. Il y a donc bien un passage par un processus de modélisation certes dépouillé, mais preuve que, une fois acquise la possibilité de définir le modèle 3D, une transformation de l'objet aura peu d'importance. Le robot pourra alors se reprogrammer lui-même, alors que cela nécessite actuellement un nouvel apprentissage. Autre voie d'exploitation des techniques de vision des robots pour François Helt : puisqu'elles servent à extraire les informations capable de reconstruire géométriquement l'objet, un objet digitalisé en 3D pourrait être reconstruit en exploitant toutes les informations déduites de la réflexion de la lumière. Une manière de se passer du modèleur classique qui constitue toujours le maillon faible de la chaîne de traitement de l'animation 3D.

Bref, d'autres procédures sont à inventer...

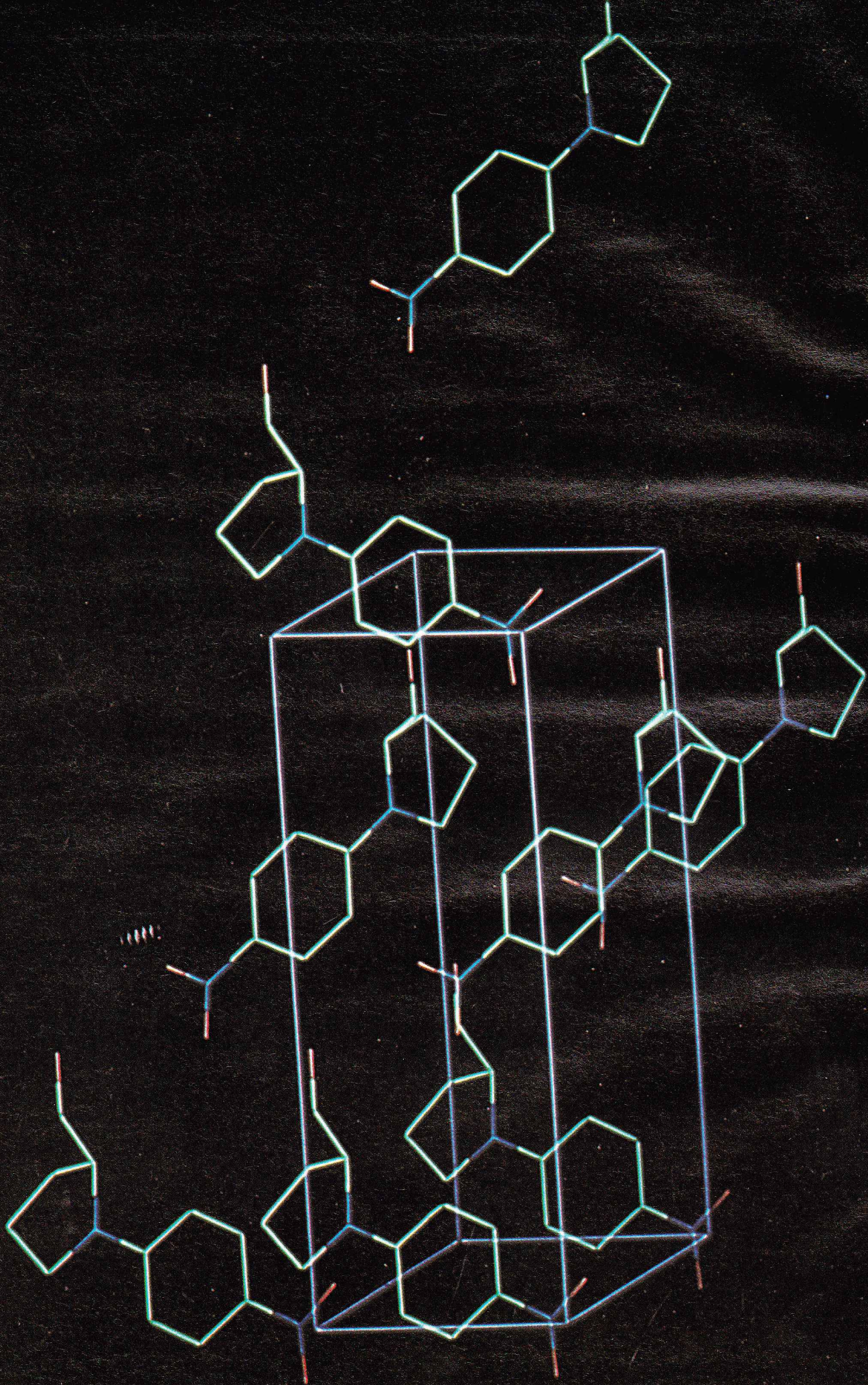
**Micheline Domancich**  
*Sur des propos de Guy Fontenier et François Helt*

**3615**  
**CODE MS1**  
**TOUTE**  
**LA MICRO**  
**DANS UN**  
**MINITEL**











# L'ELECTRONIQUE MOLECULAIRE

Certaines molécules organiques possèdent d'intéressantes propriétés électroniques ou optiques. Par leur complexité et leur souplesse, les structures organiques se prêtent mieux que les matériaux minéraux à l'élaboration de dispositifs pouvant remplir diverses fonctions : amplification, sensibilité à des charges électriques ou à des rayonnements, non-linéarité... Leur utilisation pour le traitement de l'information laisse entrevoir de nouvelles possibilités dans différents domaines, parmi lesquels le traitement d'image ou de signal, l'intelligence artificielle, les communications.

**T**oute percée technologique repose sur la mise au point d'un matériau spécifique : les plastiques, les céramiques et autres matériaux composites ont bouleversé de nombreux secteurs de l'industrie ; la fibre optique permet d'étendre la portée des télécommunications ; enfin, nul n'ignore tout ce que l'informatique et l'électronique grand public doivent au silicium.

Les propriétés de ce dernier, ainsi que des semi-conducteurs moins courants comme le germanium, l'arséniure de gallium, le phosphore d'indium et autres matériaux III-V (voir dossier « L'arséniure de gallium », *Micro-Systèmes* n° 43, juin 1984), sont bien connues et à peu près entièrement expliquées par la théorie atomique et la physique du solide. D'une façon générale, la physique sert à justifier des propriétés ; elle prévoit rarement des matériaux en fonction de propriétés que l'on souhaite obtenir.

Sous la forme cristalline, la plus commune pour ces matériaux, la forte interacti-

tivité entre les atomes est responsable de la conductivité : les électrons de la couche supérieure, dits de conduction, sont mis en commun et les niveaux d'énergie sont collectivisés.

## Le silicium et les autres

Le silicium est l'un des semi-conducteurs les plus simples, puisqu'il est constitué d'une seule espèce d'atomes, contrairement aux matériaux dits III-V. Il se prête particulièrement bien à la réalisation de dispositifs électroniques, notamment de transistors MOS (Metal-Oxide-Semiconductor), car son oxyde ( $\text{SiO}_2$ ) est un très bon isolant.

Pourtant, sa conductivité est très médiocre et, de plus, il n'a aucune propriété optique intéressante. En outre, sa mise en œuvre est assez délicate. D'une part, elle exige un matériau extrêmement pur pour que les propriétés intrinsèques soient observées (moins de  $10^{-2}$  ppm d'impuretés), et la France ne produit pas de silicium d'une telle qualité ; d'autre part, elle nécessite un grand nombre d'opérations, depuis la découpe de tranches dans un bloc monocristallin jusqu'à toute une série d'étapes métallurgiques (oxydation, dépôts métalliques, etc.), qui se font généralement à des températures élevées.

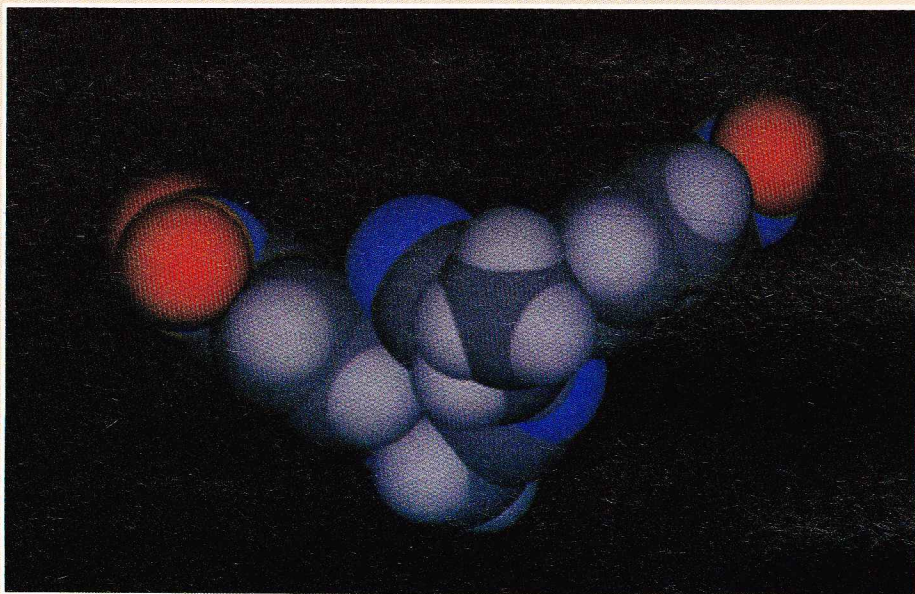
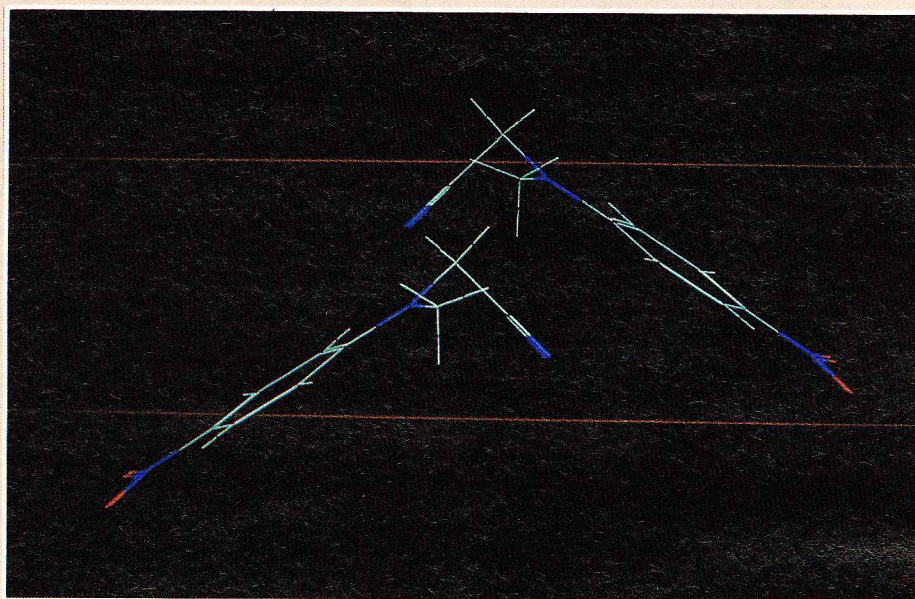
Depuis quelques années, des efforts se poursuivent, dans le monde entier, en vue de trouver de nouveaux matériaux pour l'électronique. Alors que ces études ne portaient, jusqu'à ces derniers temps, que sur les minéraux ou inorganiques, un certain nombre de laboratoires commencent à s'intéresser aux propriétés des matériaux moléculaires organiques. Ce sont alors les chimistes qui entrent en jeu : ils synthétisent des molécules en vue de leur conférer certaines propriétés, mécaniques ou électriques, par exemple ; ainsi, les matériaux synthétiques, dits plastiques, sont réputés pour leur souplesse et leur élasticité, leur résistance électrique, leur prix de fabrication très bas.

En raison de ces qualités, ils sont traditionnellement relégués à des fonctions secondaires et sont utilisés comme isolants ou diélectriques, couches de passivation, résines pour la photolithographie, supports de circuits imprimés, boîtiers pour circuits intégrés, etc., mais n'interviennent pas dans le traitement de l'information.

Toutefois, les matériaux moléculaires jouent d'ores et déjà un rôle considérable dans différents dispositifs connexes à l'électronique et au traitement de l'information : ce sont des molécules qui constituent les cristaux liquides à la base de la plupart des écrans plats ; certains polymères ont une conductivité proche de celle des semi-

◀ Molécule de NPP modélisée sur ordinateur. Les molécules s'apparient autour des groupements cyano (en bleu) ; l'oxygène est représenté en rouge. L'angle entre le dipôle et l'axe vertical optimise la non-linéarité du cristal. (Photo CNET-ICI.)





Molécule de NPAN modélisée sur ordinateur.

- a) Les bâtonnets matérialisent les liaisons sur le modèle « éclaté ».  
 b) Sur le modèle « compact », les atomes sont représentés par des boules. (Photos CNET-ICI.)

conducteurs, voire des métaux, et peuvent être utilisés comme tels dans les circuits ; certains plastiques (polystyrène et dérivés) ont des propriétés intéressantes pour la transmission de la lumière et servent donc à la fabrication de fibres optiques ; plus généralement, on trouve dans les matériaux moléculaires des caractéristiques intéressantes pour le traitement optique de l'information.

## Un enjeu mondial

Comme dans bien d'autres domaines, les pionniers de la recherche en électronique moléculaire se trouvent en France. Dès 1967, le Commissariat à l'énergie atomique

mettait en place une équipe de recherche en chimie moléculaire. Sous la direction d'André Barraud, elle étudie les propriétés de certaines molécules organiques et certains assemblages, en vue de les utiliser pour le traitement de l'information. Au Centre national d'études des télécommunications (CNET), à Bagnex, une équipe travaille depuis une quinzaine d'années sur les propriétés optiques non-linéaires des matériaux organiques.

La richesse des applications possibles et la nouveauté des problèmes physiques rencontrés justifient le regain d'intérêt porté à ces matériaux par de nombreux laboratoires français et étrangers. Alléchés par les premiers résultats intéressants obtenus par A. Barraud de 1975 à 1980, les Anglais, en

1980, suivis par les Japonais, en 1982, entreprennent à leur tour des recherches en électronique moléculaire.

Au Japon, le démarrage est fulgurant : des dizaines de laboratoires, des centaines de publications et près d'un millier de chercheurs travaillent dans ce domaine. Beaucoup d'études portent sur les polymères conducteurs. Les plus grosses industries nippones (Sharp, Hitachi, Nec, Mitsui...) ont désormais leurs laboratoires de recherches en électronique moléculaire.

Les Etats-Unis ont commencé leurs études dans ce domaine en 1983, par l'intermédiaire de la DARPA, alors que l'URSS s'y est engagée dès les années soixante-dix.

A la même époque, plusieurs groupes de travail se créent pour exploiter les propriétés optiques de ces matériaux. Au Japon, c'est le « Frontier Project » (1986-2001), dont l'un des sept thèmes est consacré aux matériaux organiques pour l'optique non-linéaire et les supraconducteurs. En Grande-Bretagne, le « Joint Optoelectronic Research Scheme » (JOERS) comprend, outre l'étude de matériaux organiques non-linéaires et la technologie Langmuir-Blodgett (dont il sera question plus loin), quatre projets consacrés à la biotechnologie, un aux composés III-V et un aux matériaux biomimétiques. L'un des volets du projet américain « Optical Circuit Cooperative » (OCC) comporte aussi des programmes sur les matériaux organiques.

Enfin, en Europe, un projet Esprit intitulé « Ingénierie moléculaire pour l'optoélectronique », rassemble des chercheurs du CNET (contractant principal, français), d'ICI (Royaume-Uni), de Thomson-CSF (France) et de FUNDP (Belgique).

Malgré cet intérêt de toutes parts, les chercheurs français en sont encore à essayer de convaincre les autorités concernées de l'importance de l'enjeu, à force de congrès, conférences et autres manifestations visant à sensibiliser la communauté scientifique et à rassembler des spécialistes d'horizons différents : chimistes, physiciens du solide, électroniciens, biologistes, etc. Un congrès a eu lieu à Rouen en 1983 ; un séminaire à Strasbourg en 1985 ; d'autres sont prévus pour les mois à venir.

Un GRECO (groupe de recherche et d'études concertées) « Electronique et matériaux moléculaires » est en cours de création. Il rassemble des chercheurs de divers laboratoires répartis dans toute la France : université Pierre-et-Marie-Curie à Paris, université d'Orsay, Collège de France, Commissariat à l'énergie atomique, laboratoires CNRS de Thiais et de Strasbourg, etc. Un « Groupe de recherches interdisciplinaires sur les matériaux moléculaires » (GRIMM) réunit quelque 200 spécialistes français concernés par ce sujet dans toute la France (encadré 1).

La coopération entre chercheurs dépasse le niveau national et même européen. Un « Symposium on electroactive polymers »



s'est tenu à Denver en avril 1987 ; à Boston a eu lieu le « Symposium on non-linear optical properties of polymers » en décembre de la même année, tandis qu'ICI et le CNET organisent à Strasbourg un congrès international intitulé « Molecular materials and devices for optoelectronics » en juin 1988, et nous ne comptons pas toutes les conférences plus spécialisées sur les couches de Langmuir-Blodgett, la chimie des solides et l'optique non-linéaire.

Il est vrai que les enjeux ne sont pas négligeables : les industriels des secteurs de la chimie, de l'électricité et de l'électronique prévoient, en 1980, un marché potentiel de 300 000 tonnes pour les matériaux moléculaires en 1990. A lui seul, le marché des polymères conducteurs représente déjà 25 000 tonnes par an aux Etats-Unis, ce qui correspond environ à 230 millions de dollars.

Dès 1978, des firmes américaines (Allied Signal et IBM), allemande (BASF) et françaises (Elf Aquitaine et la Compagnie européenne des accumulateurs) ont engagé d'importants travaux dans ce domaine. Des industries chimiques (Rhône-Poulenc) s'y intéressent également. Quant aux efforts japonais, ils sont sans commune mesure avec tous ceux des pays occidentaux. La conférence internationale Expermat 87, qui s'est tenue à Bordeaux du 24 au 27 novembre 1987 sous l'égide du CESTA, faisait une large part aux matériaux organiques pour l'électronique et aux polymères conducteurs.

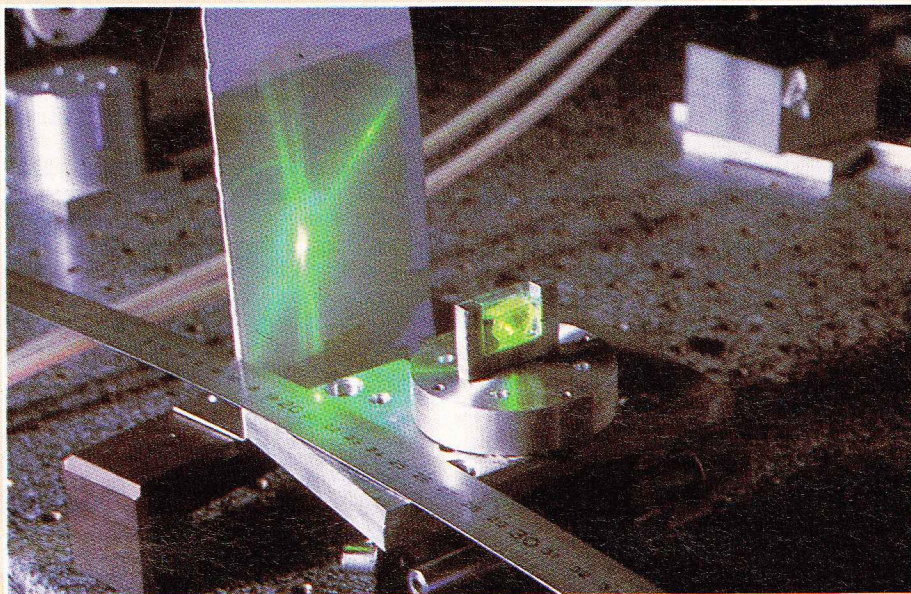
Le Prix Nobel de physique (1987) a d'ailleurs consacré des recherches dans le domaine moléculaire en récompensant les Américains Donald J. Cram et Charles J. Pedersen, ainsi que le Français Jean-Marie Lehn, pour leurs travaux sur les « supermolécules ».

## Les débuts de l'électronique moléculaire

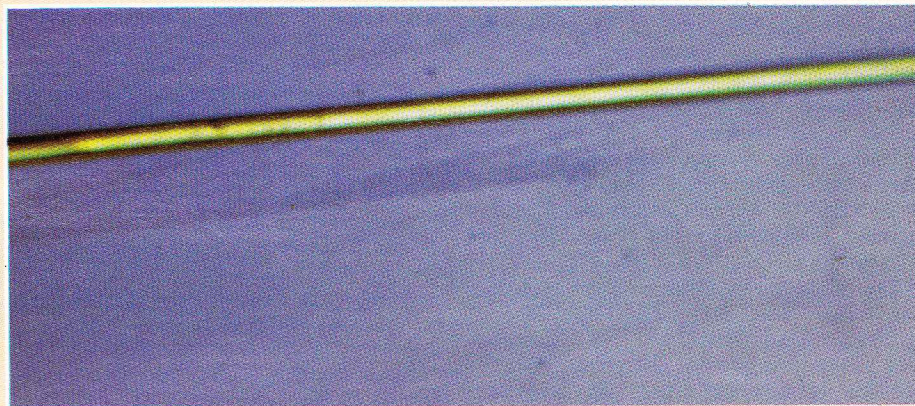
Alors que l'électronique classique intéresse essentiellement les physiciens qui étudient ses propriétés électriques, magnétiques, optiques, l'étude des matériaux moléculaires mobilise autant les chimistes que les physiciens, qui collaborent pour synthétiser des structures en fonction des caractéristiques qu'ils veulent obtenir.

Ces efforts centrés sur les matériaux moléculaires ont démarré sous l'impulsion d'une thèse développée par l'américain Forrest L. Carter dans les années soixante : « Le concept d'un dispositif électronique moléculaire parut intéressant à cet auteur dès lors que l'on reconnaissait qu'il était conceptuellement possible d'interagir avec un commutateur moléculaire. » [1].

Par ailleurs, l'hypothèse du fonctionnement en semi-conducteurs des molécules



Doublement de fréquence d'un rayon laser : à partir d'un laser Yag infrarouge (0,6  $\mu\text{m}$ ), on obtient, en traversant un milieu non-linéaire, un rayonnement vert de fréquence double, à l'accord de phase. (Photo CNET.)



Fibre NPAN vue au microscope entre polariseurs croisés, dans le cœur d'un capillaire en verre de diamètre 80  $\mu\text{m}$ . la fibre est monocristalline sur 1 cm environ. (Photo CNET.)

ordonnées dans les structures biologiques fut émise dès 1960, notamment par A. Szent-Gyorgyi. Les chimistes disposent ainsi d'un certain nombre de modèles naturels de traitement de l'information : système nerveux, rétine de l'œil, hémoglobine du sang, systèmes phytosynthétiques des plantes, etc.

Il s'agit donc de concevoir des molécules pouvant remplir la fonction de commutateur, de réaliser des connexions à la même échelle et, d'une façon générale, de pouvoir contrôler tout le dispositif au niveau moléculaire. De tels systèmes auraient un niveau de complexité intermédiaire entre les semi-conducteurs minéraux et les cellules du système nerveux, dont chacune peut posséder jusqu'à 10 000 ou 100 000 connexions (« fan out »), alors que cette valeur ne dépasse pas quelques dizaines pour les semi-conducteurs classiques.

Plutôt que d'électronique moléculaire, il vaudrait mieux parler de traitement de l'in-

formation par les molécules, recommande André Barraud. En effet, contrairement au cas de l'électronique classique, il n'y a pas toujours déplacement d'électrons, mais il peut se produire des modifications chimiques dans les molécules, telles que des réactions d'oxydation/réduction, polymérisation, etc., ou transports d'ions. C'est pourquoi Jean-Marie Lehn propose le néologisme « chemionique », analogue chimique de l'électronique pour les électrons ou de la photonique pour les photons.

Le premier avantage de cette approche, par rapport à l'électronique classique, est la réduction de dimension de trois ordres de grandeur des dispositifs que l'on peut théoriquement fabriquer. Le second est la possibilité de transporter d'autres informations que la seule charge électrique : il est possible de concevoir des dispositifs sensibles à un type d'ions ou de molécules, autorisant ainsi une reconnaissance sélective ou des calculs « multinaires » (numériques, fondés



sur une logique à plus de deux états). On peut aussi construire des systèmes susceptibles de s'associer avec d'autres molécules, leur conférer certaines propriétés de symétrie, etc., bref, organiser des séquences de molécules telles que la vie sait le faire.

L'électronique moléculaire permet d'envisager des possibilités que la technologie actuelle n'a pas ; A. Barraud préconise notamment des architectures qui n'ont été ni prévues ni exploitées par aucun théoricien et qui permettraient un traitement massivement parallèle de l'information. De tels systèmes pourraient faire une large part à la redondance et, peut-être, au calcul analogique et à la logique floue.

## Des matériaux sur mesure

N'étant pas fondée sur un matériau préexistant, comme le silicium ou d'autres substances minérales, l'électronique moléculaire dispose d'un vaste champ d'exploration où pratiquement toutes les possibilités sont envisageables : l'électronicien a besoin de telle ou telle propriété pour remplir une fonction dans un circuit, tandis que le chimiste tente de synthétiser des molécules répondant plus ou moins à cette demande.

Les matériaux moléculaires offrent sur les matériaux conventionnels les avantages de contrôlabilité, reproductibilité ou sélectivité ; d'autres facteurs sont recherchés : la stabilité, la pureté, le coût et la facilité de fabrication, etc.

Les laboratoires d'électronique moléculaire favorisent le dialogue entre physiciens et chimistes afin d'optimiser la collaboration. C'est ainsi que des chercheurs d'horizons les plus divers se retrouvent réunis autour de ces problèmes. Physicien du solide de formation et électronicien, André Barraud débute avec ses collègues chimistes à la cantine du CEA. A l'École supérieure de physique et chimie industrielles de la ville de Paris (ESPCI), Jacques Simon et ses collaborateurs du laboratoire de chimie et électrochimie des matériaux moléculaires travaillent en relation avec le laboratoire d'électronique de cette école.

Leur préoccupation : faire de l'ingénierie moléculaire, c'est-à-dire étudier les propriétés intrinsèques de matériaux nouveaux, en améliorer certaines ou même leur conférer des fonctions spécifiques. *La possibilité de fabriquer de telles fonctions a été démontrée depuis 1983, à Thiais, par le greffage de groupes fonctionnels sur certaines molécules organiques*, rappelle Francis Garnier.

Celui-ci a ainsi obtenu, dans son laboratoire de Thiais, des polymères portant des groupements fonctionnels optiquement actifs, répartis le long de leurs chaînes et dotés d'un pouvoir de reconnaissance moléculaire pour certaines substances.

De telles manipulations nécessitent une connaissance très grande des corps chimiques en présence. Les chercheurs disposent aujourd'hui d'outils très performants pour cette étude : c'est en particulier le dessin assisté par ordinateur appliqué aux modèles moléculaires. Avant de synthétiser chimiquement une molécule, il est ainsi possible de la visualiser très exactement, de connaître la disposition relative de ses groupements actifs, l'effet de la polymérisation, la différence entre isomères (molécules de formule chimique identique, mais dont les atomes sont autrement disposés dans l'espace), etc. Ces outils sont destinés à prévoir ou à expliquer interactivement certaines caractéristiques qu'auront les corps synthétisés, avant de réaliser en vraie grandeur des expériences coûteuses et délicates :

- construire une molécule soit directement à partir des données cristallographiques, soit en regroupant différents fragments ;
- modifier la structure en ajoutant, supprimant ou changeant des atomes, des liaisons, des angles ;
- faire tourner toute la structure ou une partie de celle-ci autour d'une ou plusieurs liaisons ;
- calculer la structure et les propriétés de la molécule en question, en fonction des atomes, énergies moléculaires, potentiels d'ionisation, affinités électroniques, distributions de charges, moments dipolaires, spectres électroniques, polarisabilités, etc. ;
- mémoriser et pouvoir retrouver toutes les données relatives à une structure donnée ;
- visualiser la structure soit sous la forme de bâtonnets, soit sous celle de boules ;
- générer la structure cristalline pour une molécule donnée, en fonction de ses caractéristiques, etc.

D'excellentes concordances ont été obtenues entre des modèles moléculaires ainsi calculés et les expériences sur les molécules réelles.

## Unités moléculaires et phases condensées

Un matériau moléculaire est constitué d'unités qui peuvent être synthétisées et étudiées isolément. Contrairement à ce qui se passe dans un cristal, dont les atomes sont reliés par des liaisons covalentes (silicium, germanium) ou ionovalentes, et les électrons collectivisés dans des « bandes électroniques », sont indiscernables dans la masse des matériaux, dans les semi-conducteurs moléculaires, des phénomènes se passent au niveau de la molécule individuelle. *Les semi-conducteurs moléculaires permettent la cohabitation de l'individualisme et du collectivisme, l'un et l'autre conduisant au même résultat macroscopique*, fait remarquer Jacques Simon, qui dirige le Laboratoire de

chimie inorganique et électrochimie des matériaux moléculaires à l'ESPCI.

On peut donc parler d'unité moléculaire, caractérisable isolément et dont les propriétés individuelles se répercutent directement sur celles du matériau moléculaire, en particulier :

- sa composition chimique (organique ou inorganique) ;
- sa forme ;
- ses propriétés d'oxydo-réduction ;
- ses niveaux vibrationnels ;
- ses propriétés optiques (polarité, polarisabilité, linéarité, non-linéarité, etc.) ;
- ses propriétés électriques (conductivité, résistance) ;
- ses propriétés magnétiques...

L'unité moléculaire ainsi définie constitue la brique de base pour divers types de phases condensées où cette unité garde tout ou partie de ses propriétés individuelles (fig. 1). Les forces effectives au sein de l'unité moléculaire et assurant sa cohésion sont d'un ordre de grandeur plus important que les interactions entre unités moléculaires (forces de Van der Waals).

## Quand les molécules deviennent conductrices

C'est pourquoi la conductivité des matériaux moléculaires est un phénomène tout différent de celle des métaux. Tout d'abord, les matériaux moléculaires ont généralement une conductivité très faible, et l'idée de les utiliser comme conducteurs ou semi-conducteurs en électronique peut sembler paradoxale. En effet, comme l'explique Francis Garnier [2], alors que dans les métaux, les électrons de conduction sont mis en commun et peuvent se déplacer librement à l'intérieur du matériau, les électrons des molécules interviennent dans des liaisons covalentes. Dans le polyacétylène (CH)<sub>x</sub> (résultant de la polymérisation de l'acétylène de formule C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>), par exemple, chaque atome de carbone se lie à trois atomes voisins, deux de carbone et un d'hydrogène. Il reste donc un électron qui intervient dans une liaison supplémentaire, très lâche, la liaison pi (fig. 2). Les électrons intervenant dans une liaison pi ont une probabilité de présence dans un certain espace, appelé « orbitale ». Lorsque les orbitales pi des molécules considérées se recoupent, formant une « superorbitale », des charges peuvent circuler librement et assurer ainsi la conductivité.

Dans le cas où cette superorbitale est saturée d'électrons, aucun phénomène de conduction ne peut avoir lieu. C'est le cas pour le polyacétylène. A l'état dopé, au contraire, un défaut ou un excès de charge est créé, et des électrons peuvent alors se déplacer. Ces matériaux peuvent passer réversiblement de l'état dopé à l'état non



## UNITE MOLECULAIRE



nature chimique  
forme  
chiralité  
propriétés rédox  
HOMO-LUMO  
dipôles, multipôles  
polarisabilité  
vibrations  
magnétisme

Illustration M. Tostin

Fig. 1. — Une unité moléculaire peut être caractérisée individuellement par ses propriétés physico-chimiques : nature chimique, forme, potentiels d'oxydo-réduction, orbite supérieure occupée (HOMO), orbite inférieure inoccupée (LUMO), caractère dipolaire ou multipolaire, polarisabilité, chiralité, etc. ; ainsi que par ses caractéristiques dynamiques. (D'après J. Simon.)

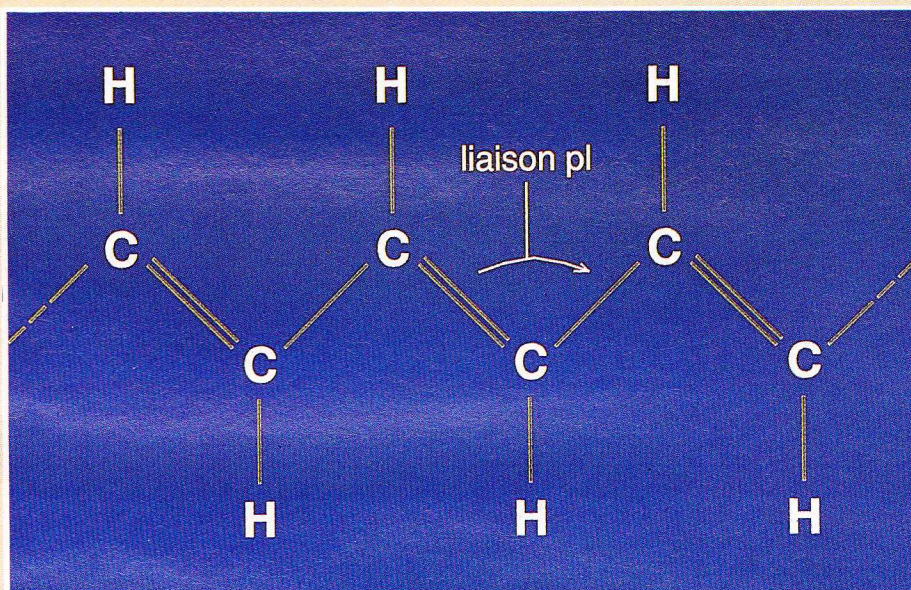


Illustration M. Tostin

Fig. 2. — Molécule de polyacétylène  $(CH)_x$ . Chacun des atomes de carbone est lié à trois atomes voisins, la quatrième liaison, plus lâche, est une liaison pi (flèche courbe). Dans les polymères conducteurs intrinsèques, les orbitales pi se recouvrent, permettant aux charges de circuler et d'assurer la conductivité. (D'après F. Garnier.)

dopé, donc de l'état conducteur à l'état semi-conducteur, ce qui peut avoir des applications intéressantes en électronique, comme nous le verrons plus loin.

Le premier polymère conducteur intrinsèque (non dopé) fut découvert il y a une dizaine d'années. Bien qu'il présente une conductivité intrinsèque dix milliards de fois plus faible que celle du cuivre, il peut, à l'état dopé, devenir presque aussi conducteur qu'un métal ( $10^3 \Omega^{-1} \text{cm}^{-1}$ ). Certains polymères se sont même avérés supraconducteurs à « haute » température (cf. *Micro-*

*Systèmes* n° 49, p. 92) ; mais l'engouement pour la supraconductivité de ces matériaux s'est un peu éteint lorsqu'on a découvert, ces dernières années, que cette propriété s'appliquait à des matériaux inorganiques plus simples.

La mise en œuvre de ces matériaux reste assez délicate et difficilement contrôlable : en bout de chaîne apparaissent des défauts, des impuretés sont inévitablement incluses lors de la synthèse chimique (traces d'oxygène ou d'eau), des atomes de carbone peuvent être absents... Enfin, a souligné F.

Garnier, « l'un des obstacles majeurs au développement industriel de ces matériaux était dû à l'impossibilité de les faire fondre et à leur insolubilité, qui n'autorisaient aucun procédé de mise en œuvre ».

Aujourd'hui, avec les nouvelles méthodes de synthèse dans des conditions de haute pureté, et le contrôle rigoureux de la polymérisation, la conductivité de ces matériaux a été considérablement améliorée : H. Naarmann, de la société Basf, a fait passer cette valeur pour le polyacétylène de quelque  $10^3$  à  $1,5 \times 10^5 \Omega^{-1} \text{cm}^{-1}$ , ce qui le rend plus conducteur que des métaux comme le fer ou le platine.

## Lego moléculaire

Si les polymères se mettent d'eux-mêmes sous la forme filaire, les molécules organiques sont généralement susceptibles de s'organiser dans une grande variété de phases condensées (fig. 3). Les phases les plus communes sont les monocristaux ou les films minces polycristallins. Mais ce ne sont pas les seules : les cristaux liquides, bien connus pour leur utilisation dans les écrans de visualisation, sont constitués de matériaux moléculaires ; ils peuvent également se présenter sous d'autres aspects, par exemple les phases lyotropes (cylindres, lamelles) (fig. 4).

Suivant l'organisation de ces molécules, elles peuvent présenter des propriétés intéressantes pour l'électronique ou l'optoélectronique. Dans le premier cas, des transferts de charge devront se produire : on s'intéresse alors à la conductivité du matériau, comme nous l'avons vu précédemment.

Quant à l'optoélectronique, elle concerne la transmission de photons à travers le matériau. Dans ce cas, seules les propriétés de polarisabilité individuelle de la molécule et la symétrie des arrangements moléculaires détermineront les effets observés.

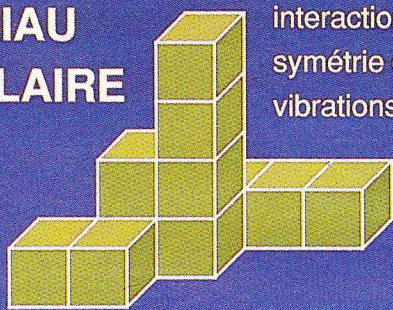
L'électronique étant définie comme « l'ensemble des techniques qui utilisent les variations de grandeurs électriques pour capter, transmettre ou exploiter une information », il est assez aisé de déterminer les fonctions que doivent pouvoir assumer les matériaux moléculaires pour être utilisables en électronique : ce sont tous les phénomènes où des charges électriques (jonctions, transistor, etc.) sont mises en jeu, mais également où des champs électromagnétiques interviennent (optoélectronique, optique non-linéaire, etc.).

## Des mémoires très rapides et à grande capacité

Les plus simples des dispositifs électroniques sont les mémoires. Pour réaliser une



## MATERIAU MOLECULAIRE



ordre  
interactions intermoléculaires  
symétrie d'empilement  
vibrations du réseau

Illustration M. Tostin

Fig. 3. — Les unités moléculaires (fig. 1) sont organisées au sein d'une phase condensée : solide cristallin, polycristallin, amorphe, cristal liquide, etc. (D'après J. Simon.)

mémoire, il faut disposer d'un matériau pouvant se trouver dans deux états différents et passer réversiblement de l'un à l'autre. De tels systèmes ont été réalisés à base de couches minces de phtalocyanine de plomb qui, sous l'influence d'un champ électrique, peuvent passer réversiblement d'un état semi-conducteur à un état conducteur.

Des matériaux moléculaires, dits photoactifs, voient leur structure moléculaire changer de manière réversible sous l'action de la lumière, et peuvent donc être utilisés comme mémoires optiques. Deux procédés

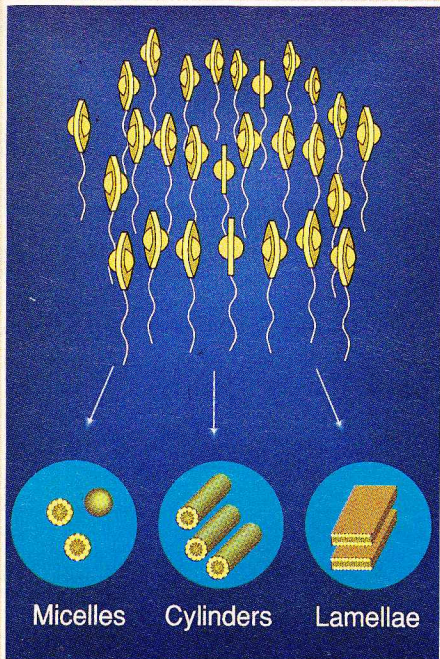


Illustration M. Tostin

Fig. 4. — Phases lyotropes. (D'après J. Simon.)

d'enregistrement sont actuellement à l'étude. Le premier, appelé PHB (Photochemical Hole Burning), consiste à illuminer localement, à l'aide d'un rayon laser de fréquence donnée, des ions ou des molécules dispersés dans une matrice polymérique, en l'illuminant par un rayon laser de fréquence donnée. En fonction de la longueur d'onde du rayonnement, certaines raies du spectre d'absorption du matériau sont supprimées, ce qui permet un enregistrement pseudo-tridimensionnel de l'information (jusqu'à 1 000 bits sur un seul microsite) : à chaque raie correspond un bit, égal à 0 ou 1, selon qu'elle est présente ou absente du spectre. Ce procédé, permettant d'atteindre une densité de stockage de 100 gigabits par  $\text{cm}^2$ , est actuellement étudié par des industriels (IBM et Mitsubishi, notamment) en vue de fabriquer des disques d'une capacité cent fois supérieure à celle des CD-ROM.

Le second procédé est fondé sur la propriété qu'ont certains matériaux, dits photochromes, de changer de couleur lorsqu'ils sont éclairés par une source lumineuse de fréquence donnée. Cette modification résulte de la polymérisation ou de l'isomérisation de certaines molécules. Un substrat constitué de  $n$  couches de matériaux aux sensibilités différentes peut ainsi enregistrer  $n$  informations en chacun de ses points. Avec dix couches, la capacité atteindrait environ 10 Gbits par  $\text{cm}^2$ .

Ces deux procédés sont étudiés particulièrement par les Japonais qui tentent de les industrialiser dans le cadre d'un projet national de recherche et développement devant aboutir en 1993.

Un autre type de mémoire optique utilise les propriétés non-linéaires de certains matériaux (voir plus loin), qui peuvent être

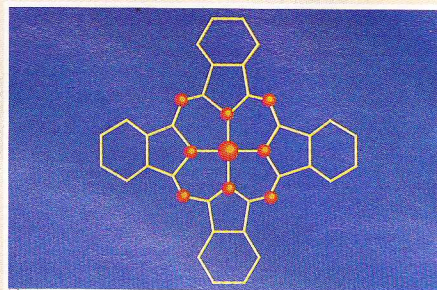


Illustration M. Tostin

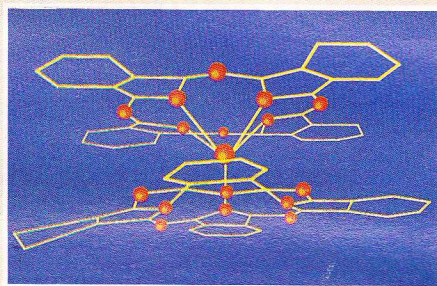


Illustration M. Tostin

Fig. 5. — Molécule de diphtalocyanine de lutécium (PcLu) vue en plan (a) et de profil (b). L'atome de lutécium est visible entre deux groupements phtalocyanine. (D'après J. Simon.)

utilisés comme des dispositifs bistables avec des lasers à haute énergie et fonctionner comme des transistors optiques (cf. « Des photons dans l'ordinateur », *Micro-Systèmes* n° 37, p. 102, décembre 1983).

Il existe aussi des matériaux qui changent de couleur sous l'application d'un courant électrique. Ces propriétés, dites électrochromes, sont connues depuis déjà une quinzaine d'années pour la diphtalocyanine de lutécium. Cette molécule, étudiée au laboratoire de chimie moléculaire de l'ESPCI en collaboration avec le CNET, présente trois états de couleurs différentes : vert à l'état neutre, le matériau devient bleu à l'état réduit et orange à l'état oxydé.

Des polymères conducteurs, également électrochromes, peuvent changer de couleur en passant de l'état dopé à l'état dédopé. Cette application, étudiée par l'équipe de Francis Garnier au laboratoire de photochimie solaire (Thiais), a déjà atteint le stade du prototype chez Toshiba. Elle consiste à utiliser des films minces de polythiophène, qui passent réversiblement du rouge à l'état dédopé au bleu à l'état dopé.

En revanche, lorsque les réactions sont irréversibles, elles peuvent être exploitées dans les photorésists et les électrorésists qui servent pour les masquages nécessaires à la fabrication des circuits intégrés.

Pour pouvoir mettre à profit ces différentes transformations moléculaires dans des mémoires d'ordinateurs, il faut que le « basculement » d'un état à l'autre se fasse très rapidement. C'est notamment le cas des molécules électrochromes, puisque le passage d'une couleur à l'autre se fait en quelques dizaines de millisecondes. Il faut



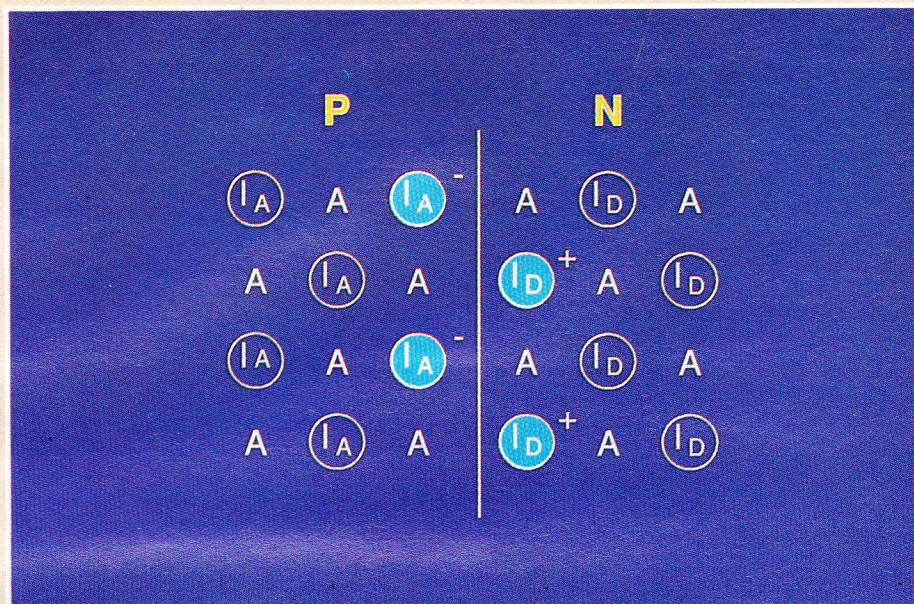


Fig. 6. — Représentation d'une jonction p-n dans le cas d'un matériau moléculaire. Un modèle a été établi par J. Simon et coll. avec les hypothèses suivantes :  
 — la force motrice du transfert de charge entre l'impureté donneuse ( $I_D$ ) dissoute dans la partie dopée n et l'impureté acceptrice ( $I_A$ ) dans la partie p provient de la différence de potentiel d'oxydo-réduction ;  
 — la force antagoniste provient de la répulsion ion-ion (négative-négative dans la partie p, positive-positive dans la partie n) entre impuretés déjà ionisées.

également que ces dispositifs aient une bonne stabilité dans le temps et supportent un grand nombre de cycles ; pour le polythiophène, ce nombre excède le million.

Une autre application de l'électrochromisme dans le domaine de l'informatique est l'affichage sur écran plat (cf. *Micro-systèmes* n° 47, p. 100, novembre 1984). Certains composés de phtalocyanine possèdent des propriétés de cristal liquide et constituent ainsi le premier exemple de cristal liquide électrochrome.

## Des jonctions d'un autre type

Nous avons vu que, pour être utilisables en électronique, les matériaux moléculaires devaient avoir une conductivité suffisante, soit  $10^{-6}$  à  $10^{-1} \Omega^{-1} \text{cm}^{-1}$  pour un semi-conducteur, et pouvoir être dopés par des donneurs ou des accepteurs d'électrons.

Le dopage des matériaux moléculaires a déjà été évoqué pour la réalisation de mémoires. Ainsi, le polyacétylène, obtenu par polymérisation chimique de l'acétylène, présente une conductivité intrinsèque (non dopé) de l'ordre de  $10^{-9}$  à  $10^{-7} \Omega^{-1} \text{cm}^{-1}$  ; c'est donc un semi-conducteur. Lorsqu'il est dopé, il devient presque aussi conducteur qu'un métal, puisque sa conductivité est augmentée jusqu'à  $10^3 \Omega^{-1} \text{cm}^{-1}$ . De ce fait, certains polymères, comme le polythiophène, préparé à Thiais depuis 1981, sont des matériaux bien plus intéressants pour l'électronique que le silicium et les autres semi-conducteurs minéraux.

Jacques Simon et son équipe du laboratoire de chimie moléculaire de l'ESPCI ont mis en évidence un certain nombre de semi-conducteurs moléculaires, notamment les phtalocyanines radicalaires de lithium et de lutécium,  $\text{PcLi}$  et  $\text{Pc}_2\text{Lu}$  (fig. 5), dont les conductivités sont respectivement de  $6 \times 10^{-5}$  et  $2 \times 10^{-3} \Omega^{-1} \text{cm}^{-1}$ . (Rappelons que la conductivité intrinsèque du silicium est de l'ordre de  $10^{-4} \Omega^{-1} \text{cm}^{-1}$ .)

Il a été démontré que les différents dispositifs liés à l'électronique peuvent être réalisés : jonctions, transistors bipolaires et à effet de champ.

Comme nous l'avons vu, dans les matériaux moléculaires, les interactions entre les unités élémentaires sont faibles et l'utilisation de niveaux électroniques « collectifs », comme ceux considérés dans la théorie classique, est généralement inadaptée. Si certains chercheurs ont cru mettre en évidence des jonctions p-n à l'aide de matériaux moléculaires, J. Simon et ses collaborateurs montrent qu'il n'en est rien. « *Seuls des contacts de type Schottky, matériaux dopé/métal, ont été décrits en particulier avec comme constituant actif des métallo-phtalocyanines. Il a pu être démontré que l'oxygène joue un rôle primordial dans l'établissement de la jonction* », précise J. Simon (fig. 6).

Le premier dispositif électronique utilisant comme composant actif un semi-conducteur moléculaire, un transistor à effet de champ, vient d'être réalisé. C'est le résultat de la coopération d'équipes de physiciens et chimistes regroupés au sein du GRIMM, et plus particulièrement de Jac-

### Encadré 1

## Le Groupe de recherche interdisciplinaire sur les matériaux moléculaires (GRIMM)

De multiples collaborations au niveau national et même international ont été nouées pour mener à bien la synthèse et l'étude des matériaux moléculaires. Une large part d'entre elles se sont faites au sein du GRIMM.

Ce groupe rassemble des laboratoires industriels et universitaires qui travaillent dans le domaine des matériaux moléculaires pour l'électronique et l'opto-électronique :

### Laboratoires universitaires et CNRS

- Ecole supérieure de physique et chimie industrielles (ESPCI), Paris (Jacques Simon).
- Université de Paris-Sud, Orsay.
- Université Paris VI — Jussieu, Paris.
- Collège de France, Paris (Jean-Marie Lehn).
- Ecole normale supérieure, Paris.
- Université des sciences et techniques du Languedoc (USTL), Montpellier.
- Université de Rennes.
- ENSEEG, Grenoble.
- Institut Charles Sadron (Centre de recherches moléculaires), CNRS-ULP, Strasbourg (Jean-Jacques André).
- Université Claude Bernard, Lyon (Monique Maitrot).
- Ecole centrale, Lyon.
- CRPP, Bordeaux.
- USTM, Grenoble.
- USTL, Villeneuve-d'Ascq.
- Université de Tübingen, Allemagne.
- Université libre de Bruxelles, Belgique.
- Université de Standford, Etats-Unis.
- Université de Houston, Etats-Unis.

### Laboratoires industriels

- Centre national d'études des télécommunications (CNET), Bagnex (Joseph Zyss).
- CNET-Lannion B (C. Clarisse).
- SNPE, Paris.
- Thomson, Corbeville.
- Rhône-Poulenc, Lyon.
- Tacussel, Villeurbanne.
- LETI, Grenoble.
- Quartz et Silice, Pithiviers.
- Elf, Solaize.
- IGI, Manchester, Grande-Bretagne.



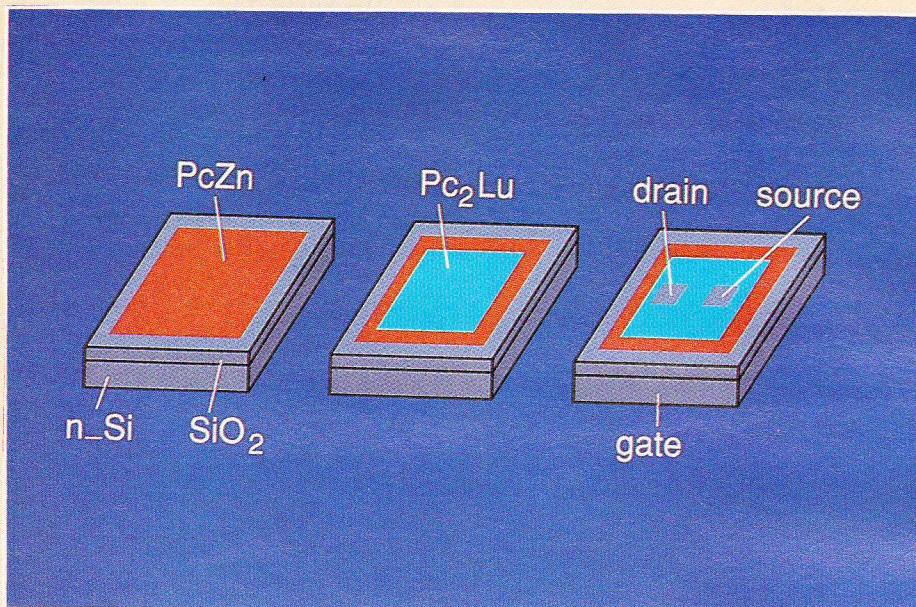


Illustration M. Tosin

Fig. 7. - Transistor à effet de champ constitué d'une couche mince de phtalocyanine de zinc (PcZn) et de diphtalocyanine de lutécium (Pc<sub>2</sub>Lu), déposées sur silice et silicium de type n. Les électrodes (drain et source) sont en or. (D'après J. Simon.)

Fig. 8. - Principe de fonctionnement d'un transistor à effet de champ. (D'après J. Simon.)

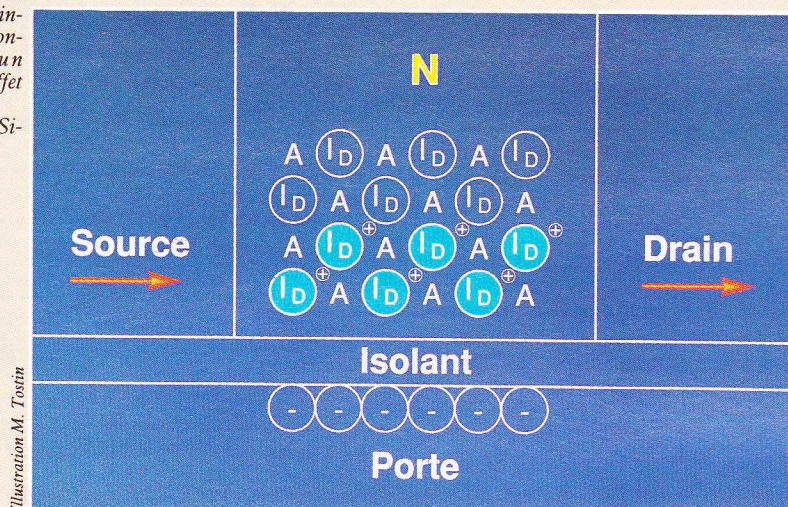


Illustration M. Tosin

ques Simon (ESPCI), Jacques André (institut Charles Sadron, Strasbourg), Monique Maitrot (université Claude Bernard, Lyon) et C. Clarisse (CNET, Lannion).

Une plaque de silicium oxydée sur une épaisseur de 800 à 1 000 Å fournit la surface isolante nécessaire sur laquelle sont déposées deux électrodes d'or, la source et le drain. Un courant source-drain s'établit dans la couche de semi-conducteur moléculaire (diphthalocyanine de lutécium) déposée sur ces deux électrodes (fig. 7) ; il est modulé par une tension appliquée entre le silicium et la source, la tension de grille (V<sub>g</sub>). Cette tension engendre des charges à l'interface avec la silice (SiO<sub>2</sub>), et des charges de signe opposé s'accumulent à l'intérieur du semi-conducteur moléculaire (fig. 8). Ces charges dues à la tension de grille peuvent faire varier le courant source-drain, et un transistor est ainsi réalisé : une tension permet de moduler un flot d'électrons (fig. 9).

F. Garnier fait état de transistors élaborés à partir de polythiophène et de polypyrrole, respectivement au Massachusetts Institute of Technology, en 1985, et chez Mitsubishi, en 1986. Par ailleurs, des jonctions électroniques contenant des polymères conducteurs ont été réalisées, en 1986, au laboratoire CNRS de Thiais, par le greffage d'un film mince de polythiophène, semi-conducteur de type p, sur de l'arséniure de gallium de type n. Les caractéristiques électriques de cette jonction la destinent plus particulièrement à la réalisation de diodes et de cellules photovoltaïques.

## Des couches d'épaisseur monomoléculaire

Les propriétés des matériaux moléculaires peuvent être sensiblement modifiées suivant la forme sous laquelle ils se présentent. Ainsi, sous la forme de film mince, la

### Encadré 2

## La méthode de Langmuir-Blodgett

La méthode de choix pour fabriquer des séquences ordonnées de molécules différentes est celle de Langmuir-Blodgett (L-B). Elle consiste à fabriquer une couche monomoléculaire complète et compacte à la surface de l'eau (film de L-B). Cette opération est possible en utilisant des molécules amphiphiles, c'est-à-dire possédant à la fois une partie hydrophile (tête) et une partie hydrophobe (chaîne hydrocarbonée, généralement).

La partie hydrophile de chaque molécule se place naturellement au contact de l'eau, tandis que l'autre prend la direction opposée. Les molécules sont ainsi rangées de manière tout à fait régulière à la surface de l'eau. Elles sont ensuite comprimées par une barrière mobile et, ne pouvant ni plonger dans l'eau à cause de leur chaîne hydrophobe ni la quitter à cause de leur tête hydrophile, elles forment un film compact à la surface.

Ce film est ensuite transféré sur un support solide qui, après avoir été immergé, est lentement remonté à travers la surface ; les molécules se déposent alors sur celui-ci. Pour déposer une seconde couche, d'orientation opposée, le support est replongé dans l'eau. Le ménisque est alors inversé et le substrat se recouvre d'une seconde monocouche, têtes hydrophiles vers l'extérieur. A la remontée suivante, une troisième couche se dépose, et ainsi de suite.

En plus de la simplification du travail de synthèse chimique, cette méthode offre un grand nombre de variantes. Il est ainsi possible de réaliser différents types de couches alternées et d'obtenir des assemblages moléculaires non centrosymétriques (pas de centre de symétrie).



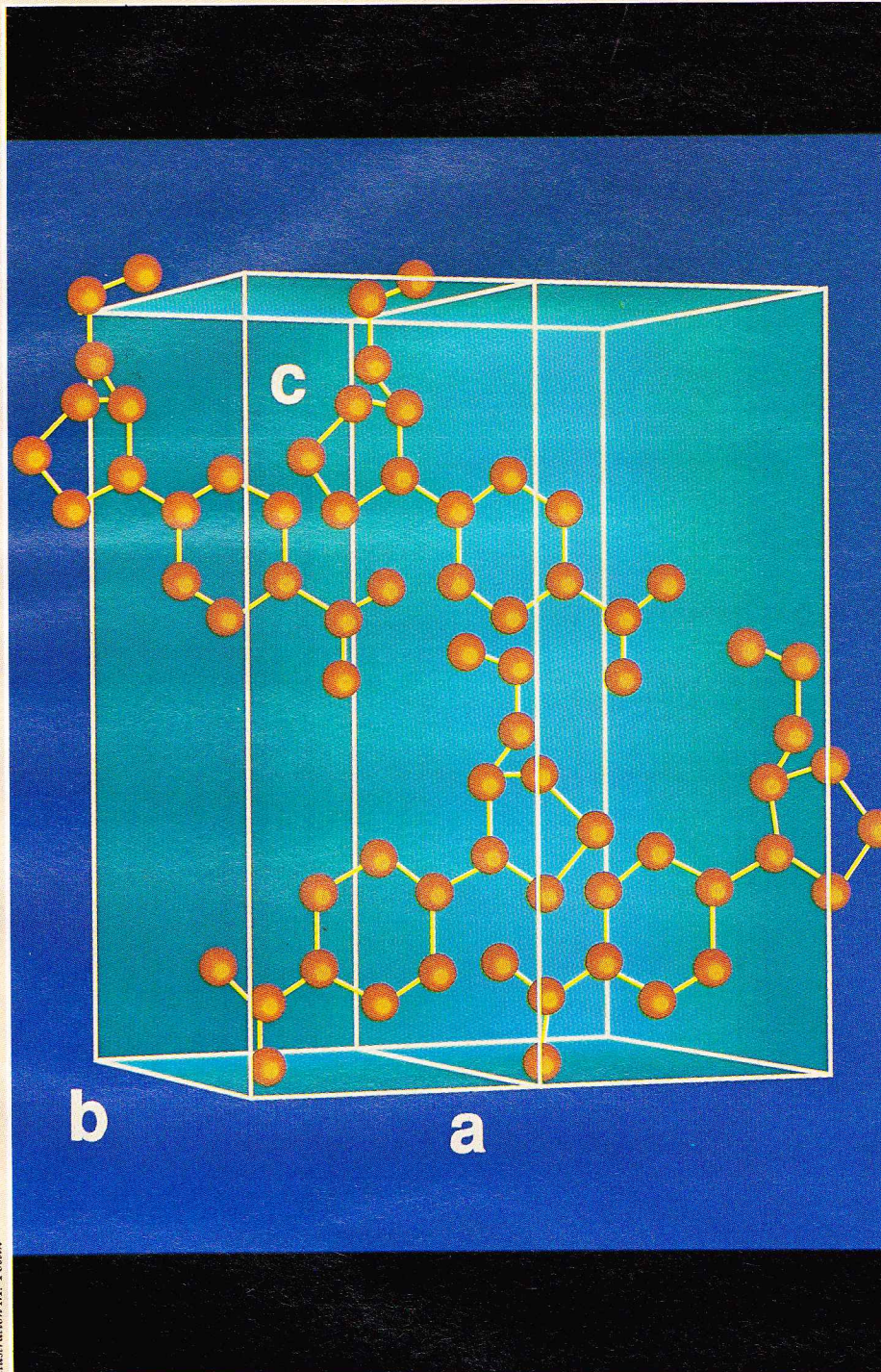


Illustration M. Tostin

Fig. 9. — Caractéristiques du transistor à effet de champ représenté à la figure 7. (D'après J. Simon.)

plupart des conducteurs organiques perdent leurs propriétés de conduction. Pour certains matériaux, au contraire, elle est nettement améliorée : la conductivité de la diphtalocyanine de lutécium est multipliée par un facteur 100 000, alors que celle de PcLi est significativement réduite par rapport à la phase monocristalline.

Sous forme de film mince, la diphtalocyanine de lutécium présente donc une

conductivité intrinsèque supérieure à celle des semi-conducteurs classiques non dopés. C'est précisément cette faculté d'être mise en œuvre sous forme de films minces homogènes, de 500 à 1 000 Å d'épaisseur, qui donne à ce matériau un avantage considérable sur le silicium.

Il est vrai que ce dernier peut aussi, sous sa forme amorphe hydrogénée, être utilisé en couche mince (cf. dossier « Les semi-

conducteurs amorphes », *Micro-Systèmes* n° 63, p. 80, avril 1986). Mais l'hydrogénation du silicium est une opération complexe, et les rendements des dispositifs à partir de silicium amorphe sont très médiocres. De plus, cette fabrication nécessite des températures élevées, au contraire du dépôt moléculaire, par sublimation sous vide. Avec la technologie des couches minces, monomoléculaires, en revanche, on peut admettre quelques pourcents d'impuretés, au lieu des  $10^{-7}$  ou  $10^{-8}$  nécessaires avec un cristal.

## L'ingénierie supramoléculaire

Mais comment préparer de telles couches ? Comment contrôler leur élaboration à l'échelle moléculaire ? Différents laboratoires en France (ESPCI, CEA Saclay, par exemple) ont acquis un savoir-faire en la matière. Pour cela, ils utilisent les propriétés des molécules individuelles, certaines de ces molécules sont amphiphiles, c'est-à-dire qu'elles présentent une extrémité hydrophile et une extrémité hydrophobe. Répandues à la surface de l'eau, elles s'orientent toutes dans le même sens.

Ainsi, à l'opposé des couches minces déposées simplement sur un substrat quelconque, l'utilisation des matériaux moléculaires permet de faire des couches minces organisées, pouvant donner lieu à de nouvelles structures. Les spécialistes d'électronique moléculaire, comme André Barraud, se fondent essentiellement sur les travaux du biologiste allemand Hans Kuhn, qui, dans les années soixante, a synthétisé une molécule amphiphile et a démontré la possibilité de réaliser des couches monomoléculaires. Cette méthode porte le nom de deux physiciens américains, Irving Langmuir et Katherine Blodgett (encadré 2).

Les couches de Langmuir-Blodgett, d'une épaisseur de l'ordre du nanomètre, ont des propriétés particulières par rapport à la chimie habituelle. Ce sont des films compacts, qui n'ont qu'une molécule d'épaisseur, sans trou ; ils se présentent comme des solides bidimensionnels, à partir desquels il est possible de construire des assemblages hautement organisés. A. Barraud parle de « Lego moléculaire » pour ces éléments permettant de fabriquer des édifices moléculaires à la demande.

On a ainsi pu mettre au point des polymères qui, en film de Langmuir-Blodgett, possèdent à la fois une grande sensibilité et un haut contraste ; ceux-ci conviennent pour des résists utilisées en microlithographie de circuits intégrés, où ils assurent une résolution supérieure à tout ce qui existait, en particulier pour le masquage électronique.

Des méthodes ont été développées pour faire des couches de Langmuir-Blodgett doubles, alternées ou non, en vue d'obtenir



| Echelle de temps  | Origine  | Efficacité | Problème   |
|-------------------|--|------------|--|
| ms $10^{-3}$      | Cristaux liquides<br>- orientation de polymères<br>- thermique                     | Elevée     | Lents<br>(mais parallélisme)   |
| $\mu$ s $10^{-6}$ | Semiconducteurs III - V<br>- processus résonnants et dynamiques                    | Elevée     | - assez rapides<br>- non accordables<br>- dissipation de chaleur<br>- technologie « lourde » (épitaxie, etc.)  |
| ns $10^{-9}$      |  |            |  |
| ps $10^{-12}$     | Organiques<br>- processus non résonnants et paramétriques (excitations virtuelles) | Moyenne    | Avantages<br>- rapides<br>- accordables<br>- pas d'absorption<br>- technologie « légère »<br>- bonne résistance mécanique, chimique ou rayonnement<br>- facilité de mise en œuvre (couches minces, fibre, etc.)<br>- qualité optique |
| fs $10^{-15}$     |  |            |  |

Fig. 10. - Origines des non-linéarités optiques. (D'après J. Zyss.)

certaines fonctions. Ainsi, la conduction électrique est obtenue en plaçant, par une réaction d'oxydo-réduction appropriée, une fraction de charge sur des molécules acceptrices d'électrons hautement ordonnées et fortement couplées entre elles dans chaque couche. On peut réaliser, par exemple, à l'aide de composés semi-amphiphiles, une structure feuilletée de quelques nanomètres d'épaisseur, où alternent les plans conducteurs ultraminces et les couches isolantes.

Les structures ainsi obtenues ont une forte conductivité dans le plan ( $0,1$  à  $1 \Omega^{-1} \text{cm}^{-1}$ ), associée à une grande résistivité entre couches successives. Il est en outre possible d'intercaler entre ces films conducteurs des empilements moléculaires actifs sensibles au champ électrique. Ces éléments de circuit devront ensuite être câblés au moyen de fils conducteurs d'une molécule d'épaisseur. La méthode de Langmuir-Blodgett, combinée à l'utilisation de mélanges « auto-organisés » (à partir de molécules présentant une affinité chimique réciproque), a permis notamment la construction d'un « fil électrique moléculaire » capable de transporter un électron sur plus de  $2 \text{ nm}$  d'une molécule donneuse à une molécule acceptrice.

Comme toutes ces opérations se déroulent à température ambiante, il est possible

d'empiler un grand nombre de couches, sans endommager les couches inférieures, et réaliser, par cette méthode d'ingénierie supramoléculaire, des circuits réellement tridimensionnels. De plus, en électronique moléculaire, on travaille avec des tensions de l'ordre de  $50 \text{ mV}$ , ce qui supprime pratiquement les problèmes de dissipation de chaleur. A. Barraud propose leur application à des séries d'automates cellulaires superposés, qui pourraient s'appliquer au traitement d'images.

## La non-linéarité optique

Les propriétés optiques des matériaux moléculaires - grande polarisabilité et aptitude à subir de fortes irradiations laser sans dommages - ont conduit à leur étude dès le milieu des années soixante-dix. Depuis 1964, des polymères ont été utilisés pour réaliser le cœur des fibres optiques, mais l'atténuation, supérieure à  $2 \text{ dB/m}$ , empêchait tout développement de ces composants dans les applications de communications. En 1978, des valeurs de l'ordre de  $100 \text{ dB/km}$  ont permis d'utiliser des fibres en polyméthacrylate de méthyle (PMMA) ou en polystyrène.

Aujourd'hui, l'utilisation des matériaux moléculaires est également envisagée pour les composants actifs, notamment dans des circuits optoélectroniques ou tout optiques. Nous avons déjà évoqué les transistors optiques. D'une manière générale, la plupart des fonctions actives (amplification, conversions de fréquences, multiplexage, modulation, etc.) mettent en jeu des non-linéarités, c'est-à-dire que la loi de variation de la réponse du dispositif à une sollicitation quelconque n'est pas représentée par une droite, mais par une courbe contenant, outre le terme linéaire et du premier ordre (linéaire), des termes d'ordre deux (quadratique), trois (cubique), et ainsi de suite.

Au CNET, depuis une quinzaine d'années, une équipe actuellement dirigée par Joseph Zyss cherche à comprendre, à manipuler et à utiliser les propriétés non-linéaires de certaines molécules et de certains cristaux moléculaires organiques. J. Zyss et I. Ledoux [3] classent ces non-linéarités en trois catégories :

- microscopiques, lorsque la réponse même du matériau constituant le dispositif possède des caractéristiques de réponse non-linéaire (on parle alors de matériau non-linéaire) ;
- liées à l'architecture du dispositif ; c'est le cas des non-linéarités créées par les jonctions en électronique, bien que le matériau soit linéaire ;
- liées à l'architecture du système de traitement du signal, considéré comme une « boîte noire » c'est le cas des systèmes à boucle de rétroaction.

Les matériaux moléculaires sont intéressants car ils présentent souvent des non-linéarités du premier type (fig. 10). Alors qu'en électronique, il faut créer ces non-linéarités en jouant sur le dopage de semiconducteurs, afin d'obtenir une diode capable, par cette polarisation, de s'opposer au passage du courant électrique. Dans un sens, ces non-linéarités existent à l'état naturel dans certaines molécules.

## Favoriser l'asymétrie

Elles sont liées à leur structure non symétrique, constituée d'un groupement électronique polarisable et des groupes donneurs (D) ou accepteurs (A) d'électrons qui lui sont associées (fig. 11).

Divers axes de recherches sont abordés. D'une part, des monocristaux sont générés grâce à l'adjonction aux molécules de groupements facilitant leur cristallisation. D'autre part, on étudie la synthèse et la caractérisation de molécules susceptibles de conduire à des matériaux non centrosymétriques. En effet, certaines molécules ont de bonnes propriétés individuelles de polarisabilité, mais lorsqu'elles s'assemblent, elles prennent diverses directions et l'asymétrie disparaît avec le nombre.

En disposant convenablement dans l'espace ces molécules pour que le matériau



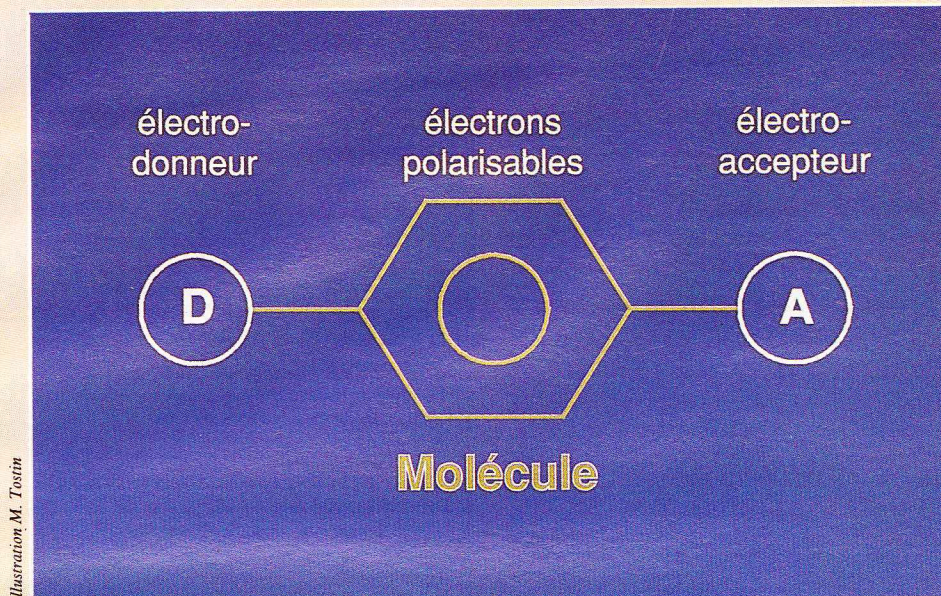


Illustration M. Tosini

Fig. 11. — Molécule polarisable. Les non-linéarités quadratiques (terme du 2<sup>e</sup> ordre) dépendent de la structure de la molécule, en particulier de la nature du groupement électronique polarisable et des groupes donneur (D) ou accepteur (A) d'électrons qui lui sont associées.

reste non-linéaire dans son ensemble, il est possible d'obtenir de très bons rendements de conversion : l'équipe de Joseph Zyss, au CNET (Bagneux), a atteint la valeur de 50 % avec un nouveau matériau cristallin, le POM (3-méthyl 4-nitropyridine N-oxyde), dont le procédé de fabrication est décrit dans l'encadré 3. La fabrication industrielle de cristaux de POM sera assurée par la société Quartz et Silice, à la suite

d'un récent transfert de technologie du CNET.

Bien qu'il ne soit pas le plus performant (il est égalé, sinon surpassé, par d'autres molécules non centrosymétriques, tels le MAP, le NPP et le NPAN, dont la fabrication est cependant moins bien maîtrisée), le POM fournit déjà une réponse non-linéaire cent fois supérieure à celle du meilleur cristal inorganique, le niobate de lithium

(fig. 12). Ses applications sont notamment le doublement de fréquence, permettant de convertir un rayonnement infrarouge en visible ou d'obtenir une lumière cohérente verte à partir d'un laser à semi-conducteur émettant dans le rouge.

## De nouvelles architectures

Aujourd'hui, même si l'électronique moléculaire en est encore à « l'âge de pierre », les spécialistes, chimistes et physiciens, ont prouvé sa faisabilité et découvert de nouveaux horizons. Cette nouvelle science s'appuie sur des valeurs sûres : les molécules organiques sont souvent chimiquement et thermiquement stables, d'emploi facile, peu coûteuses.

Cependant, l'électronique moléculaire ne sera pas directement concurrente du silicium, prévoit A. Barraud. Elle comblera plutôt les créneaux patents laissés par l'électronique et l'informatique classique, et sera complémentaire de celle-ci.

Les principes d'organisation des architectures moléculaires s'inspireront sans doute plus des systèmes neuronaux (cf. *Micro-Systèmes* n° 73, p. 84, mars 1987, et n° 79, p. 84, octobre 1987) que des ordinateurs classiques actuels. La méthode de Langmuir-Blodgett, qui permet de réaliser des assemblages, en gardant le contrôle au niveau moléculaire, préfigure de telles approches.

Le transport et le stockage d'informations ne seront plus limités à la logique bi-

### Encadré 3

## La fabrication de cristaux moléculaires

La croissance des cristaux moléculaires, en particulier du POM (3-méthyl 4-nitropyridine N-Oxyde), produits au CNET (Bagneux), se fait dans des cuves : le matériau en poudre est dissous dans un solvant organique, en solution sursaturée. A mesure que la température de la cuve est abaissée, les cristaux croissent à partir de germes placés à l'extrémité de pales tournantes, afin d'assurer la régularité de la croissance. Pour obtenir des cristaux de l'ordre du centimètre-cube à partir d'un germe d'un millimètre-cube, il faut compter environ un mois : huit jours pour la stabilisation de la solution avant de placer les germes, plus quinze à vingt jours de croissance, suivant la taille des cristaux.

Le choix du solvant est très important ; suivant sa nature, il est possible d'obtenir diverses formes de cristaux : aiguilles, cubes, etc. Si l'on veut freiner la solubilité du composé et créer spontanément des cristaux, on prendra plutôt un gel.

Une autre technique de croissance consiste à fondre et compacter le matériau moléculaire dans une ampoule fermée sous vide. Le matériau, cristallisé brutalement, est alors polycristallin. Il est ensuite fondu et recristallisé lentement, pour devenir monocristallin. Mais l'opération doit se faire suffisamment rapi-

dement parce que, à l'état liquide, le matériau risque de se décomposer.

L'ampoule qui le contient est munie d'un capillaire, dont la partie terminale est plongée dans un bain froid. La croissance dans le capillaire se fait de façon désordonnée, jusqu'à l'évaselement ; à ce moment-là, un seul des petits cristaux parvient à se développer et formera un monocristal.

Cette méthode dure également une trentaine de jours. Elle évite un certain nombre de problèmes par rapport à la croissance en solution, mais la qualité des cristaux est un peu moins bonne et ceux-ci peuvent être endommagés lorsque l'ampoule est brisée à la fin de la croissance.

Enfin, une troisième méthode de fabrication consiste à faire croître le cristal sous vide dynamique à l'intérieur d'une ampoule. La matière gazeuse émise à une extrémité de l'ampoule se solidifie directement à l'autre extrémité, sans passer par l'état liquide.

Dans tous les cas, des problèmes que l'on ne sait pas maîtriser peuvent se présenter : certains matériaux cristallisent en lamelles, d'autres se brisent dès qu'ils sont taillés, etc. La méthode de cristallisation doit être réadaptée à chaque nouveau matériau moléculaire.



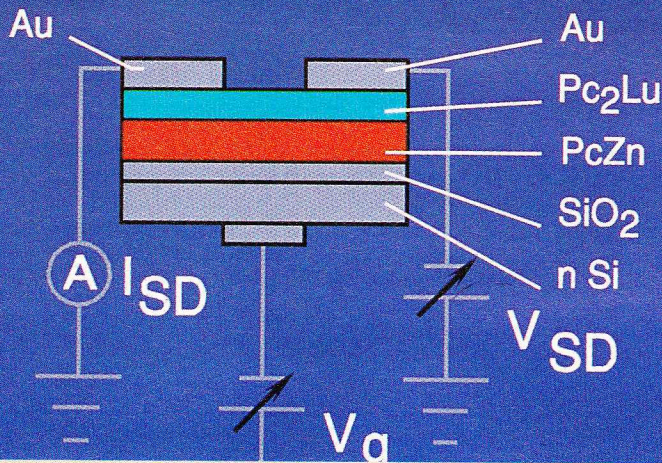
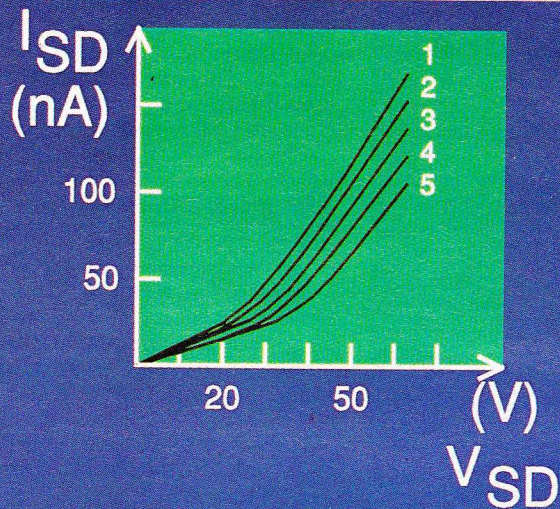
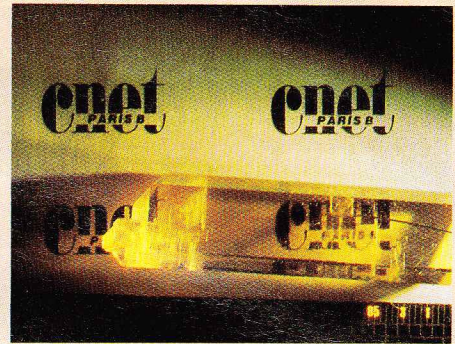


Fig. 12. — Représentation de la maille cristalline du NPP, cristal moléculaire organique conçu et breveté au CNET en 1984 en collaboration avec l'ESPCI. La forte délocalisation électronique des chaînes moléculaires conjuguées et la possibilité de les substituer de façon très dissymétrique expliquent l'avantage des matériaux organiques par rapport aux solides minéraux. L'efficacité non linéaire du NPP dépasse d'un ordre de grandeur celle du niobate de lithium (LiNb). Ce matériau a permis la réalisation, en collaboration avec le Laboratoire d'optique appliquée de l'ENSTA (Palaiseau), d'une source paramétrique cohérente continûment accordable, émettant des impulsions ultra-brèves. (D'après doc. CNET.)

naire ni à des circuits bidimensionnels. Avec des matériaux comme la diphtalocyanine de lutécium, qui peut présenter sept états d'oxydation différents, avec les diverses espèces d'ions, de molécules, etc., la porte est ouverte vers les logiques multivalentes. De plus, le grand nombre d'informations qui peuvent être stockées, traitées et transmises par ces systèmes supramoléculaires permet d'envisager la réalisation d'architectures « intelligentes », susceptibles d'échanger de l'information avec l'environnement par l'intermédiaire de récepteurs sélectifs de certains atomes ou ions, par reconnaissance de forme à l'échelle moléculaire. Les « cryptates », découverts et étudiés par Jean-Marie Lehn, sont des candidats à cette fonction de capteurs sélectifs.

Bien sûr, il reste encore bien des problèmes à résoudre. L'un d'eux concerne l'adressage de ces systèmes au niveau de la molécule. Une solution peut être apportée par le procédé PHB (également utilisable pour le stockage d'informations). La microscopie à effet tunnel, bien que très récente, peut s'avérer une solution d'avenir, compte tenu de sa haute résolution spatiale à l'échelle atomique.

La recherche en est actuellement au stade de la mise au point de molécules. Il faudra probablement encore une dizaine d'années pour réaliser des systèmes actifs fondés sur ces principes entièrement nouveaux. Des problèmes imprévus pourront se poser entre-temps. Mais l'enjeu — une intelligence artificielle réellement « intelli-



Cristal de POM fabriqué au CNET, obtenu par abaissement de température en solution (transfert de technologie du CNET à la société Quartz et Silice). (Photo CNET.)

gente », des interfaces homme-machine vraiment conviviales — dépasse de loin celui de l'électronique actuelle et justifie largement des efforts soutenus et de longue haleine.

Claire Rémy

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] « From Electroactive polymers to the molecular electronic device computer », par F.L. Carter, Naval Research Lab., Rapport 6171, p. 120.
- [2] « Les polymères conducteurs », par F. Garnier, La Recherche n° 193, p. 1306, novembre 1987.
- [3] « Molécules organiques et traitement du signal optique », par J. Zyss et I. Ledoux, L'écho des recherches n° 127, p. 19, 1987.

### Autres références

- « Molecular electronics, a new technology », par R.W. Munn, Materials Science vol. X n° 3, p. 389, 1984.
- « Molecular semiconductors », par J. Simon et J.-J. André, Springer Verlag, Berlin, 1985.
- « Molecular material based junctions : formation of a Schottky contact with metallolophthalocyanine thin films doped by the co-sublimation method », par M. Maitrot, G. Guillaud, B. Boudjema, J.-J. André, J. Simon, J. Appl. Phys. 60, p. 2396, 1986.
- « Molecular materials II. Towards electronics finalities », par J. Simon, F. Furnilhac, J.-J. André, Nouveau Journal de Chimie 11, p. 383, 1987.
- « Molecular materials III. Towards optoelectronics finalities », à paraître.
- « Les premiers semi-conducteurs moléculaires : les dérivés radicalaires de phthalocyanine », par R. Even, Thèse de doctorat d'Etat, 9 juin 1987.
- « L'ingénierie moléculaire au service de l'optique moderne », par D. Chemla, J.-L. Oudar, J. Zyss, L'écho des Recherches n° 103, p. 3, 1981.
- « New nonlinear organic crystals for ultrafast infra-red optical processing », par J. Zyss, à paraître dans « Nonlinear optical and electroactive polymers », edit. Paras Prasad, Plenum 1987 (Proceedings de l'ACS National Meeting 1987).
- « La technique de Langmuir-Blodgett : un outil pour l'ingénierie supramoléculaire en film mince », par A. Barraud, Journal de Chimie Physique, 84, n° 9, 1987.



# L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE LIBERE L'IMAGE DE SYNTHÈSE

Les techniques de l'informatique symbolique simplifient l'animation des images électroniques en conférant une relative autonomie aux personnages et aux objets qui sont mis en scène.

**A** un moment donné du film, il se passe quelque chose de très surprenant : un oiseau s'approche de la caméra et la regarde un instant droit dans les « yeux » – comme si cette caméra était elle-même un oiseau – et puis s'envole... » Michael Wahrman, réalisateur de *Breaking the ice*, une coproduction Symbolics/Whitney-Demos présentée en juillet dernier à Los Angeles lors du Siggraph 87, a en effet de quoi être surpris, puisque la caméra se trouve être l'œil virtuel de l'ordinateur, et le film, une séquence d'image de synthèse. Comment un personnage d'un film d'animation a-t-il pu échapper au contrôle de son créateur ?

La réponse tient en deux mots : intelligence artificielle. *Breaking the ice* met en scène deux groupes d'animaux évoluant à l'intérieur d'une grande sphère : un banc de poissons et une nuée d'oiseaux, séparés les uns des autres par une couche de glace. L'animation de cette multitude de personnages aux



Illustration Delius



déplacements erratiques confinerait au cauchemar en animation classique. Dans le film de Wahrman, le problème est résolu de la manière suivante : les mouvements de chacune des créatures sont contrôlés par un programme simulant un processus de prise de décision : chaque oiseau, tout en suivant le mouvement général de son groupe, est ainsi capable d'éviter ses congénères en improvisant son vol en fonction des obstacles qu'il rencontre. Cette relative autonomie des personnages, qui explique la scène surprenante du début, est le résultat de ce que Wahrman appelle une « animation comportementale ». Cette dernière repose sur des programmes développés en Lisp par Craig Reynolds sur une station Symbolics 3600.

## Des marionnettes en liberté

Grâce aux techniques de l'informatique symbolique, un objet ou un personnage de film d'animation n'est plus seulement une collection de pixels dont il faut, au prix de fastidieux efforts, gérer point par point les déplacements. C'est désormais une entité, possédant des caractéristiques physiques et comportementales propres, et faisant montre — à défaut de conscience — d'une relative autonomie. Dotée d'une certaine masse, elle réagira automatiquement à la force de pesanteur. Faite dans une matière inflammable, elle se mettra spontanément à brûler au contact du feu. Magnétisée, elle sera attirée par un aimant sans que l'animateur ait à intervenir.

Ces personnages autonomes, il n'est plus besoin de les guider comme des marionnettes, il suffit de leur donner un script ! Quant au lieu de l'action, nul besoin de le dessiner, il suffit de le décrire en langage naturel : « Il y a au fond de la scène une montagne ; au premier plan à gauche, un peuplier ; à droite, un lac ; il est cinq heures de l'après-midi et il pleut. » De la même manière, on pourra décrire les mouvements de la caméra « virtuelle » : « Le plan

commence en gros plan sur l'arbre, puis panoramique vers le lac. Lorsque ce dernier est plein cadre, travelling avant vers les montagnes. »

Le créateur devient seul maître à bord. Depuis son clavier, il n'a qu'à décrire ses personnages et le lieu de l'action, puis imaginer une histoire et sa scénographie, pour que derrière la paroi de verre de l'écran cathodique un monde de synthèse se mette à vivre.

## Mickey revu par Smalltalk

Science-fiction que tout cela ? Non, simple perspective offerte à court terme par la synthèse d'image par ordinateur. Si aucun système existant n'offre encore toutes les fonctions décrites ci-dessus, de nombreux travaux à travers le monde, de la France au Japon en passant par l'Amérique du Nord, ont permis ces derniers mois de progresser rapidement sur la voie de l'image intelligente.

Pour injecter dans l'image les petites doses de connaissances nécessaires à son émancipation, la plupart des équipes ont recours à une programmation orientée objets de type Smalltalk : chaque entité de l'image est encapsulée dans un objet logiciel décrivant sa structure et éventuellement son comportement dans divers types de situations. Ces objets interagissent entre eux — ainsi qu'avec l'animateur — par envoi de « messages ». La structure hiérarchisée et le mécanisme d'héritage de la programmation orientée objets, couramment utilisée en génie logiciel pour le prototypage de programmes et la réalisation d'interfaces graphiques, se révèlent ici des outils extrêmement puissants et flexibles.

Au Rensselaer Polytechnic Institute (RPI) de la ville de Troy (New York), dont le Center for Interactive Computer Graphics est un des hauts lieux de la recherche en synthèse d'image aux Etats-Unis, une utilisation extensive des langages orientés objets a permis le développement de Clockworks, un système complet et interactif d'animation, écrit en langage C sous Unix. Il est possi-

ble avec Clockworks de créer des structures géométriques complexes, puis de bâtir un script d'animation et enfin procéder à une simulation visuelle du processus en confiant en aval les données graphiques à un système de « peinture », c'est-à-dire de mise en couleurs et en lumière (par facette ou par ray-tracing). Le dispositif est notamment utilisé pour des simulations de robots.

De nombreux étudiants, parmi lesquels Cray Lorig et Anthony A. Apodaca, ce dernier ayant depuis peu rejoint la fameuse société Pixar, ont participé au développement de Clockworks dans le cadre de thèses de Master of Engineering ou de PhD.

## Le lièvre, la tortue et les idéogrammes

Des travaux similaires ont été entrepris au MIT (Massachusetts Institute of Technology) par Craig Reynolds — déjà cité —, qui a conçu ASAS (Actor/Scriptor Animation System) avec une extension orientée objets du langage Lisp. Un système très performant, mais qui requiert une bonne expérience de Lisp.

Au Japon, une équipe de la société NEC menée par Yosuke Takashima s'est, elle, penchée sur le problème de la génération automatique de séquences d'animation à partir de textes en langage naturel (« story-driven animation »). « Notre but est de permettre à des non-informaticiens de maîtriser des systèmes complexes de synthèse d'image », indique Takashima. Le système de NEC possède un module d'analyse réalisé en Prolog, capable d'extraire des textes en langage courant (en japonais toutefois !) un certain nombre d'indications propres à piloter le scénario. Ce dernier est alors mis en scène grâce à un autre programme Prolog qui détermine la position des personnages les uns par rapport aux autres. Enfin, l'histoire est mise en images par un troisième module, écrit en Flavors (extension objets de Lisp), qui élabore les actions des personnages en fonction du scénario.

Ces trois modules sont assistés par une base de connaissances contenant de multiples informations sur le déroulement d'une action et sur la gestuelle. Un exemple de film créé par le système (*Le lièvre et la tortue*, d'une durée de trois minutes) a été présenté en avril dernier à Toronto, lors de la conférence Human Factors in Computing Systems.

Faciliter le travail de l'animateur : c'est aussi l'objectif de David Zelter, du Computer Graphics and Animation Group du MIT, qui s'est spécialisé dans la « cinématique inversée », en fonction d'un but, d'un état initial et des lois de la dynamique (gravité, inertie...), il s'agit de composer la bonne séquence de mouvements à faire effectuer au personnage. Si aujourd'hui les images de synthèse ont atteint une impressionnante qualité picturale — telle parfois qu'il est difficile de les distinguer d'images réelles (voir notamment *Red's dream* de John Lasseter), il faut bien reconnaître que la qualité de la dynamique, notamment en ce qui concerne les mouvements humains, laisse bien souvent à désirer. Les travaux de David Zelter en sont d'autant plus importants. Autre spécialiste du mouvement : Michael Girard, de l'Ohio State University, dont le système Poda permet de faire courir et même galoper des bêtes étranges. Leur course s'adapte automatiquement au relief et aux obstacles rencontrés.

## Programmation automatique

Simplification du travail encore avec Expert Mira, développé à l'université de Montréal par Nadia et Daniel Thalmann, qui doit permettre à terme à son utilisateur de créer des images de façon interactive et aussi d'y déplacer la caméra « virtuelle », grâce à quelques commandes en langage naturel.

Tous les systèmes décrits ci-dessus procèdent globalement de la même manière : à partir d'un langage de haut niveau, parfois proche du langage naturel, le logiciel produit automatiquement des séquences d'instructions dans un langage



# INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

intermédiaire — à la syntaxe très précise et donc d'un usage restreint à quelques spécialistes — qui est alors lui-même directement interprété par la machine en vue de la création des éléments de l'animation correspondante. Ils peuvent donc être rangés dans la classe des générateurs automatiques de programmes.

Des « images intelligentes », pour quoi faire ? Eh bien, par exemple, pour simuler des processus complexes en robotique ou en productique. Etre en mesure de mettre au point à l'écran, de façon interactive, une chaîne de montage ou une machine-outil, voilà qui peut faire gagner beaucoup de temps... et éviter des surprises.

L'image « auto-informée » pourrait également servir à la reconstitution d'accidents : il suffirait d'en préciser les circonstances au système pour que ce dernier recrée la scène, assisté en cela par une base de connaissances spécialisée dans un domaine donné : transports, industrie... Utilisateurs potentiels : la télévision, pour la fabrication de reportages sur des événements que les caméras n'ont pu filmer, ou la justice, pour la reconstitution d'actes criminels.

Les militaires emploient déjà l'image intelligente pour la simulation d'attaques aériennes ou de combats de blindés. Les chimistes, eux, l'ont mise au service de la conception de médicaments. Ainsi Jacques-Emile Dubois, de l'Institut de topologie et de dynamique des systèmes (Paris VII), a complété la représentation graphique des molécules qu'il étudie, d'une couche symbolique grâce à laquelle ces structures chimiques peuvent interagir l'une sur l'autre. L'écran devient laboratoire...

Walt Disney et Apple l'utilisent pour faire découvrir à de jeunes écoliers de Los Angeles la vie et le comportement des animaux sauvages. Animés en temps réel grâce à de puissants calculateurs Evans & Sutherland, ces animaux de synthèse peuvent réagir aux diverses situations dans lesquelles les placent les enfants. Ce projet, baptisé Vivarium, est dirigé par Alan Kay, l'inventeur des langages orientés objets. Les pre-

mières images obtenues — l'évolution d'un requin, le vol d'une chouette — sont saisissantes de réalisme.

## Nouvelles images, nouvelles machines

Bien évidemment, les premiers bénéficiaires des techniques d'intelligence artificielle sont les créateurs d'images de synthèse haut de gamme. L'informatique symbolique leur mâche considérablement le travail prenant en charge une partie de l'animation, comme nous l'avons vu plus haut avec *Breaking the ice*. Autre exemple : *Rigid Body dynamics*, un film de James Hahn, également présenté au dernier Siggraph. En programmant en Lisp les lois de la dynamique, ce chercheur de l'Ohio State University a pu mettre en scène des acrobaties automobiles particulièrement spectaculaires. Et lors des collisions, les tôles se froissent sans que l'animateur ait à intervenir.

L'image de synthèse découvre Lisp, Prolog et les langages orientés objets. Elle découvre du même coup de nouveaux ordinateurs : les machines Lisp, comme les stations Symbolics, et les calculateurs massivement parallèles, comme la Connection Machine de Thinking Machines, principalement utilisés pour le calcul de la géométrie et de la dynamique de l'image. En aval, la peinture des scènes est confiée — classiquement — à des processeurs spécialisés tel que le Pixar Image Computer ou encore à des supercalculateurs Cray ou Convex.

Symbolics, un des principaux constructeurs de machines Lisp, commercialise depuis peu Scope, un système complet regroupant un environnement de traitement symbolique basé sur la station 3675 et le Pixar Image Computer. Prix : 300 000 dollars !

Quant à la Connection Machine, déjà utilisée au MIT par David Zelter, elle servira à la réalisation du prochain film de Whitney/Demos Productions.

L'irruption de l'informatique symbolique dans l'image élec-

tronique ouvre des perspectives fabuleuses. En insufflant de plus en plus de connaissances dans l'image, nous allons pouvoir sur nos écrans donner forme à de nouveaux mondes, régis par leurs propres lois, animés par leur propre logique. Des mondes où les personnages acquerront leur autonomie, apprendront de leurs expériences passées, prendront des initiatives. Il ne leur manquera plus que la parole, mais déjà naissent dans les laboratoires des techniques d'intelligence artificielle qui la leur donnera. Des mondes qui seront autant de champs d'expérience pour les psychologues, les urbanistes, les militaires, les rêveurs et les aventuriers. L'image de synthèse aura alors véritablement atteint son but, qui est de donner consistance à nos rêves.

Les besogneux de l'image électronique, trop occupés par

la mise au point de leur dernier sous-programme Fortran, ne manqueront pas de sourire à la lecture de cette profession de foi. Nous leur donnons rendez-vous dans quinze ans.

Edouard Launet

## Bibliographie

- *The Visual Computer, une revue mensuelle éditée par Springer International, accordant une place importante aux techniques symboliques appliquées à la synthèse d'images.*
- « Computer animation with scripts and actors », par Craig W. Reynolds, *Computer Graphics Volume 16, Number 3, juillet 1982.*
- « L'image de synthèse rencontre l'intelligence artificielle », *Informatique n° 894, février 1986.*
- « Les promesses de l'image intelligente », *Sciences et Techniques n° 33, janvier 1987.*
- « Graphics software is on the move », *Electronics, mai 1987.*

## SERVICE LECTEURS: DOUBLEZ VOS ACTIONS!

MICRO-SYSTEMES est un vrai capital d'informations. Vous savez qu'il vaut bien plus que son pesant de papier.

Ce capital, vous avez appris depuis longtemps à le consolider en un véritable patrimoine : ce journal — c'est vous qui le dites —, vous le conservez précieusement dans vos bibliothèques professionnelles ou personnelles.

### Profitez de nous encore plus !

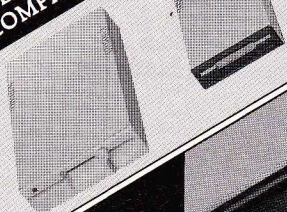
En vous référant à la fiche lecteur cartonnée, il vous suffit de cercler les numéros de code de l'article ou de la publicité que vous aurez remarqués, et de nous adresser votre demande de complément d'information. Ainsi, d'un simple geste, vous doublez vos actions.

*En fait, une bibliothèque de MICRO-SYSTEMES peut en cacher plusieurs autres. Quand on peut en profiter, allons-y carrément !*



**ONE OF THE LARGEST MANUFACTURERS  
FOR COMPUTER PERIPHERALS & ACCESSORIES**

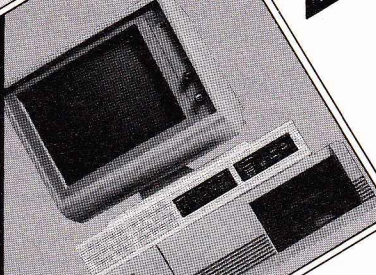
**COMMODORE  
AMIGA  
FLOPPY DRIVE  
AMIGA COMPATIBLE**



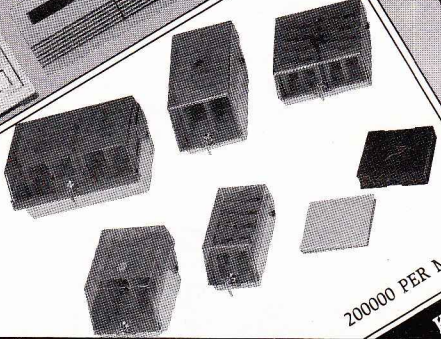
**MODEM**  
Only modem manufacturer  
for 28 models at 9600  
1200 4800 2400 1200/75 600  
200/75 300 bps covering different  
telephone systems of CCITT and Bell. For the  
most popular computer like IBM PC/XT/AT Apple  
Atari Commodore, E.B.C. etc.

20000 PER MONTH

**UPS**  
Uninterruptible Power System  
3000VA, 500VA, 1KVA, 2KVA  
UPS 500 - Standard type UPS  
UPS M500 - Mini Type UPS with power center  
UPS A500 - Fully computerized Micro UPS  
(A smart software to auto back up  
data)  
Output Receptacles:  
A. NEMA 5-15R B. British type  
C. German type D. Australia type

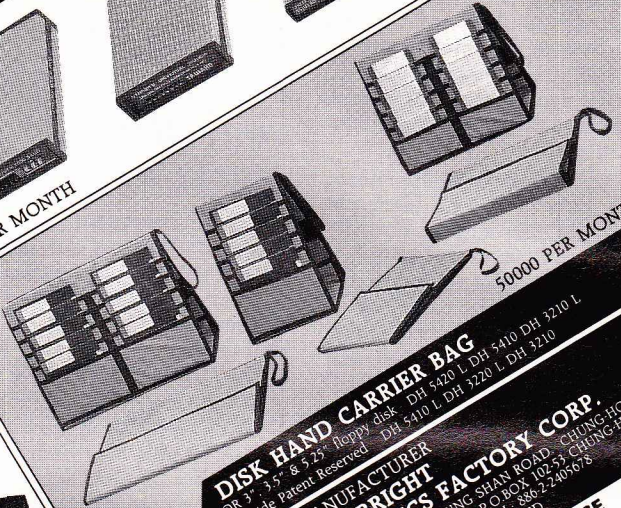


5000 PER MONTH  
**DISK STORAGE BOX**  
For 3" 3.5" & 5.25" floppy disk



20000 PER MONTH

**DISK HAND CARRIER BAG**  
FOR 3" 3.5" & 5.25" floppy disk  
Worldwide Patent Reserved  
DH 5410 L DH 5410 DH 5210 L  
DH 5420 L DH 5220 L DH 5210



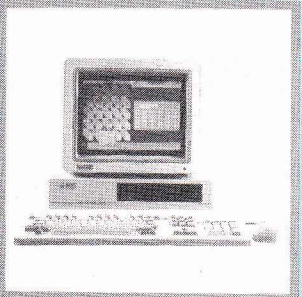
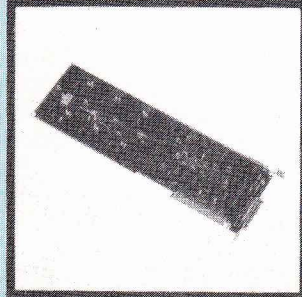
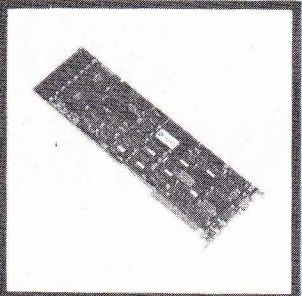
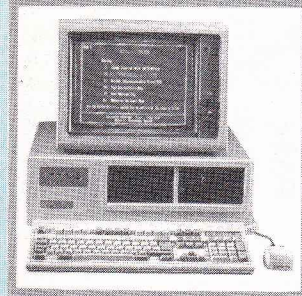
50000 PER MONTH

**KONYO INTERNATIONAL**  
LUDWIG-ERHARD STR. 01 D-6728  
GERMERSHEIM U. GERMANY  
FAX: 07274 7480  
ATTN: MAY LIN  
TEL: 07274 8386

**MANUFACTURER  
EVER BRIGHT  
ELECTRONICS FACTORY CORP.**  
NO. 1, LANE 366 SEC. 2, CHUNG SHAN ROAD, CHUNG-HO,  
TAIPEI HSIEN, TAIWAN, R.O.C. P.O. BOX 102-55, CHUNG-HO,  
TAIPEI HSIEN, TAIWAN, R.O.C. TEL: 886-2-2405678  
FAX: 886-2-2407888 TELEX: 31235 TAIHARD

**HANNOVER MESSE  
CeBIT '88**  
16. - 23. MÄRZ 1988  
Hall 007, Stand No: C 14

SERVICE-LECTEURS N° 286



**Asian Sources Computer**

**SYSTEMES INFORMATIQUES**  
64, avenue de la Marne  
92600 ASNIÈRES  
Tél. : 47.91.38.03  
Tél. : 47.93.76.05 Télex : 649541

- AT COMPATIBLE 286-386
- PC/XT COMPATIBLE **PRIX PROMO**
- IMPRIMANTES LASER
- MONITEURS EGA **PRIX PROMO**
- CARTES D'EXTENSION
- TRAITEMENT DE TEXTE
- MONITEURS COULEUR **PRIX PROMO**
- SYSTEMES PAO - SCANNER
- CARTES TELETTEXTE - TELEX/TELECOPIE

**VENTES - LOCATION  
CRÉDIT-BAIL**

BON DE COMMANDE       DOCUMENTATION

Nom : ..... Fonction : ..... Tél. : .....

Société : ..... Adresse : .....

Télex : ..... Code Postal : ..... Matériel : .....

IBM, PC/XT/AT sont des marques déposées IBM corp.

MS 03/88





L'anglais vous est familier

Achetez les produits originaux en version Américaine

Plus de 300 softs

# FRANCO Electronic

89.79.13.67

37, rue de la Mittelhardt F-68000 COLMAR

## L'Amérique à portée de main !

### Langages

|                    |      |
|--------------------|------|
| dBX dBase to C     | 3490 |
| Microsoft C 5.0    | 2850 |
| Microsoft MAsm 5.0 | 1030 |
| Quick Basic 4.0    | 723  |
| Quick C 1.0        | 866  |
| Turbo Basic 1.0    | 687  |
| Turbo C 1.0        | 687  |
| Turbo Pascal 4.0   | 778  |
| Turbo Prolog. 1.1  | 687  |

### Traitements de Texte

|                      |      |
|----------------------|------|
| Think Tank 1.5       | 1188 |
| Volkswriter deluxe + | 842  |
| VP Print 1.0         | 1407 |
| Word 4.0             | 2465 |

### Gestion de Fichiers

|                      |      |
|----------------------|------|
| Clipper Nantucket 87 | 4020 |
| dBase III Plus 1.1   | 4780 |

|                     |      |
|---------------------|------|
| DB XL 1.0           | 1188 |
| Foxbase Plus 2.0    | 2454 |
| Paradox 2.0         | 4625 |
| Genifer             | 2346 |
| Quicksilver 1.0C    | 3544 |
| TAS-Plus Rel. Datab | 986  |
| VP Info 1.0         | 667  |

### Tableurs/Intégrés

|                      |      |
|----------------------|------|
| Boing Calc           | 2005 |
| Excel 1.0, Microsoft | 3490 |
| Javelin 1.10         | 1198 |
| Quattro 1.00         | 1222 |
| SQZ pour Lotus 123   | 495  |
| VP Planner Plus      | 1320 |

### Graphiques/PAO/DAO

|                      |     |
|----------------------|-----|
| Autosketch, Autodesk | 760 |
| Generic Cadd 3.0     | 667 |

|                       |             |
|-----------------------|-------------|
| Design Cadd 2D        | 2500        |
| <b>Design Cadd 3D</b> | <b>4490</b> |
| Page Maker 1.09       | 5027        |
| VP Graphics 1.0       | 644         |

### Utilitaires

|                              |            |
|------------------------------|------------|
| Carousel Soft Logic          | 504        |
| <b>Copy II PC 4.01</b>       | <b>256</b> |
| DeskView 2.01                | 990        |
| Disk Optimizer 2.0           | 565        |
| <b>Norton Util. Adv. Ed.</b> | <b>820</b> |
| <b>PC Tools Deluxe</b>       | <b>550</b> |
| Polyboost                    | 729        |
| Windows 2.02, MS             | 883        |
| Xtree 2.00                   | 442        |

**Prix HT !**  
**Frais de transport (40 F) en sus**

MS 03/88

Tél. : \_\_\_\_\_  
Prénom : \_\_\_\_\_

Bon de Commande

Nom : \_\_\_\_\_

Adresse : \_\_\_\_\_

Désignation

Quantité

Prix (+ 18,6% TVA)



SERVICE-LECTEURS N° 288

**MINI SERVICE**

FORMULAIRES en CONTINU

**SUR STOCK**

UNE GAMME D'IMPRIMÉS DISPONIBLE IMMÉDIATEMENT

pour votre ordinateur  
**SERVICE - RAPIDE**  
d'imprimés informatiques  
**SUR STOCK**

**PLUS DE 100 MODÈLES...  
EN 1 - 2 et 3 Ex  
disponibles de suite**

- BON DE LIVRAISON - BORDEREAU DE REMISE
- BULLETIN DE PAIE - COMMANDE
- CONFIRMATION DE COMMANDE - DEVIS
- DÉPLIANTS - DOSSIER CLIENT
- PASSE-PARTOUT - ÉTATS COMPTABLES
- ÉTIQUETTES ADHÉSIVES - FACTURES
- FACTURE-TRAITE - FEUILLES TYPE ORDONNANCE
- FICHES PLANNING - FICHE RENSEIGNEMENT
- FICHES TÉLÉPHONE - LETTRE SECRÈTE
- QUITTANCE DE LOYER - GRILLE PROGRAMMATION
- RELEVÉ DE COMPTE - RELEVÉ-TRAITE
- TÊTE DE LETTRE - TRAITE BICOLORE NF

**vente  
par correspondance**

MS 03/88 **CATALOGUE GRATUIT**

Nom : \_\_\_\_\_  
Adresse : \_\_\_\_\_

**MINI-SERVICE - B.P. 35  
06250 MOUGINS**

**MINI SERVICE**  
**TÉL. : 92.92.25.37**

SERVICE-LECTEURS N° 289



# JAPON: VISION, I.

**Jadis inspirés de recherches américaines, les travaux japonais sur la vision des robots s'émanent peu à peu. Cependant, des contrats se développent entre chercheurs américains et japonais, par le biais des grandes universités. L'enjeu ? L'accroissement de la productivité, la qualité zéro défaut, sans oublier des wagons de dollars.**

**L**es pays développés commencent seulement à se livrer une guerre de haute technologie dont l'enjeu reste le commerce mondial, sur une planète rétrécie par l'essor des transports et des communications. Alors que l'on parle encore de pays industrialisés, par opposition aux pays en voie de développement, on opposera bientôt les pays « hitech » aux pays industrialisés, qui risquent de devenir les nouveaux pauvres du vingt et unième siècle. Les nouvelles techniques de production à bas prix, sans main-d'œuvre, sans charges salariales, et sans syndicat des robots préparent une révolution non violente qui changera les mentalités, certes, mais surtout la nature de l'économie. Parmi les armes technologiques de cette nouvelle forme d'affrontement, les concepts clés de la vision informatisée jouent le rôle de mini-bombes atomiques.

## **Equiper systématiquement l'industrie**

Dans les chaînes de montage, les robots manient, assemblent, et inspectent. Si les deux premières notions sont correctement maîtrisées, non sans difficultés parfois, la notion d'inspection apporte une puissance nouvelle à la fonction robotique. Beaucoup de recherches actuelles, au Japon, ont pour but de démontrer la faisabilité des tâches, afin de convaincre l'industrie de s'équiper systé-

matiquement. Les universités détachent des équipes au sein des entreprises, lesquelles reprennent parfois à leur propre compte les principes qui leur ont été exposés. Ainsi les liens université-industrie brisent-ils la principale difficulté de coopération entre les chercheurs européens : la notion d'identité, qui défavorise la circulation de l'information. Alors qu'en de nombreux centres de recherches publics, la nécessité d'être le premier à publier conditionne le renouvellement des budgets, les conditions de travail, et la notoriété personnelle, au Japon, au contraire, cette notion de personne, d'identité, d'ego narcissique par adaptation au milieu, n'existe pas ou très peu. Il en résulte une rapidité et une efficacité globale, qui n'égratignent même pas les amours-propres puisque ceux-ci n'existent pas.

Pour être adapté à des applications industrielles, un système de vision par ordinateur se doit de correspondre à des critères impératifs, au nombre de cinq :

- être relativement bon marché ;
- travailler en temps réel ;
- fournir des images simples ;
- avoir un faible taux d'erreur ;
- être souple et pouvoir s'adapter aux changements, lorsque les spécifications d'un produit changent.

Ces critères sont cités dans l'étude réalisée par IEEE Computer Society, édités dès 1980, et repris systématiquement dans les études ultérieures (*Tutorial on Robotics*, IEEE Computer Society Press, 1986).

Si le premier critère semble

évident afin d'équiper les nouveaux samourais aussi exhaustivement que possible, le second, en revanche, ne va pas sans provoquer des difficultés. Il s'agit de fournir à l'ordinateur une image qu'il puisse utiliser aisément, sans passer un temps inapproprié à analyser l'image afin d'en extraire les informations essentielles. L'image doit être fortement contrastée, pour éviter le « bruit » (ombres, contours flous) qui nuit à la reconnaissance de forme, et à l'interprétation. Pour ce faire, l'objet à traiter est illuminé sur un fond de couleur unie. Par ailleurs, les objets sont perçus en deux dimensions, alors que la réalité est plus complexe : selon les cas, les dimensions varient de trois à quatre, car les exigences du temps réel imposent parfois l'analyse de formes en mouvement, alors que la reconnaissance de forme utilise un balayage. Il existe donc un conflit logique, un chevauchement, de deux échelles de temps. Une forme est encore en cours d'analyse, alors qu'elle a déjà bougé.

Le travail en temps réel exige des processeurs spécialisés, car les mini-ordinateurs eux-mêmes sont impuissants à réaliser les opérations d'extraction, de comparaison, et de décision, suffisamment rapidement. La technique la plus couramment utilisée par les processeurs d'images consiste à ignorer les zones non pertinentes. Le postulat irritant, insolent, mais qui marche lorsqu'on sait selon quelle méthode opérer, pourrait s'exprimer ainsi : « Ignorez la difficulté, elle se résoudra d'elle-même. » L'ignorance n'est cependant pas une

vertu cardinale. L'astuce consiste plutôt à déterminer quels sont les critères suffisants pour fiabiliser une interprétation d'image, lorsque les difficultés s'opposent au temps réel, sauf à les ignorer.

Le faible taux d'erreur exige des méthodes paramétrées en vue d'analyser les types d'erreur, de les classer par famille, et de comparer entre elles les décisions prises, avec des méthodes probabilistes. Les dictionnaires d'erreurs, capables d'enregistrer les erreurs en même temps que leur contexte, permettent d'améliorer les algorithmes eux-mêmes, et de les permuter si, pour des cas précis, déjà classés, une méthode particulière a prouvé des résultats supérieurs. Au dictionnaire des problèmes conflictuels, correspond donc celui des méthodes, qui sélectionne les algorithmes les plus adaptés.

## **Quand les ordinateurs se serrent la main**

Les programmes de vision, et surtout leurs algorithmes d'extraction, se doivent d'être réadaptés rapidement à des problèmes nouveaux. La préparation d'une chaîne de montage pour de petites séries ne peut être rentable que si le degré de paramétrage et la souplesse des programmes autorisent des réglages rapides. L'approche retenue pour résoudre ces difficultés consiste à créer des liens entre la description des pièces nouvelles lors de leur conception, avec la base de données



# A. ET ROBOTIQUE

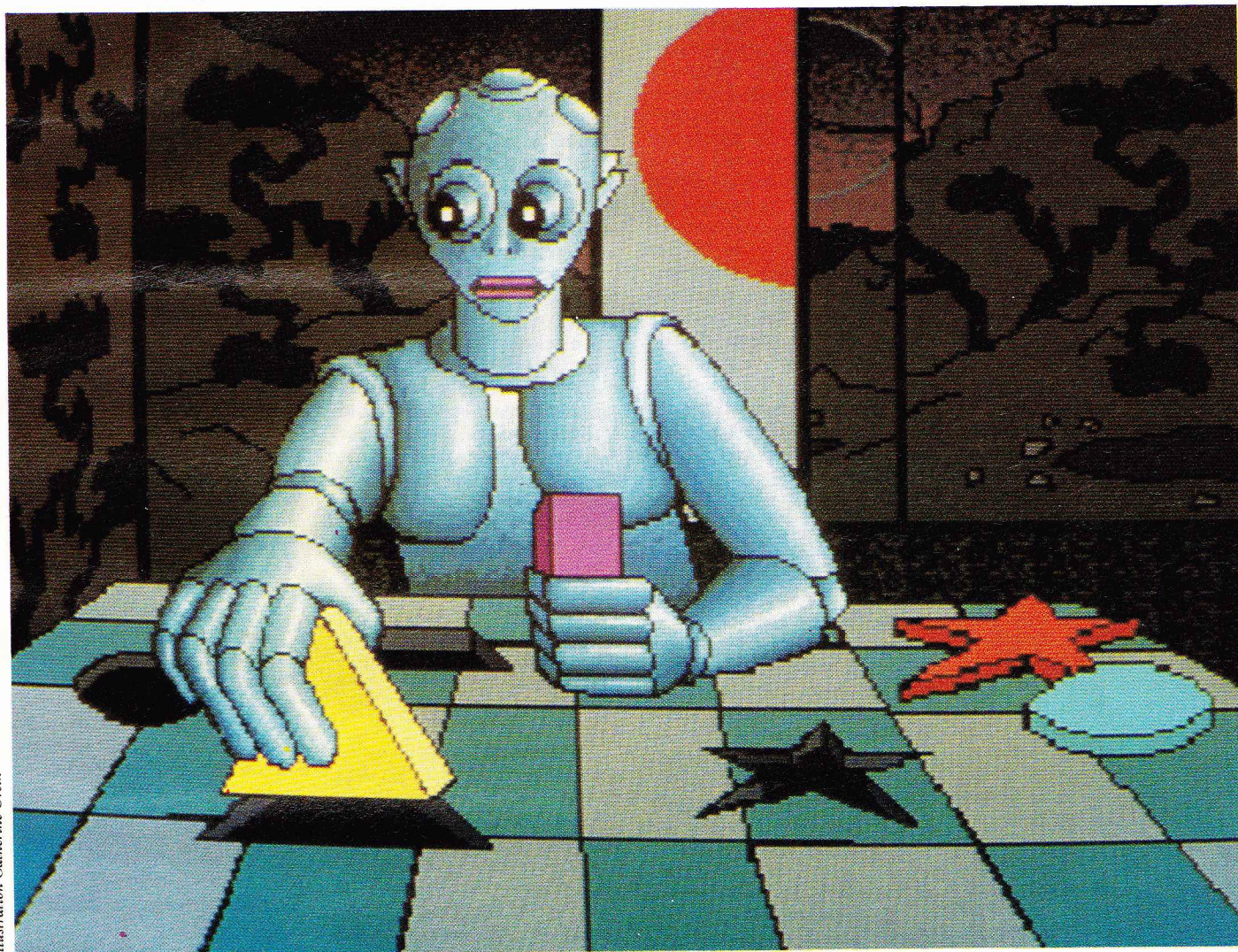


Illustration Catherine Ursin

utilisée par les algorithmes de vision. La communication se fait alors directement, dans un langage compréhensible par les programmes de reconnaissance de forme. Cela suppose bien sûr une intégration et une harmonisation des modes de codage, dans un ensemble plus vaste. Là encore, le progrès

vient du recouvrement de deux problématiques jadis séparées : la conception d'une pièce en CAO/DAO, et la reconnaissance des formes en intelligence artificielle. Pour résumer, l'ordinateur emprunte les

informations concernant la pièce à monter à la base de données de CAO/DAO, et il les « bricole » tranquillement afin de réaliser ses propres modèles.

Les outils étant interactifs d'un bout à l'autre, l'efficacité, la rapidité, et la flexibilité du système dans son ensemble s'en trouvent accrues.

En raison de leur prix très abordable, les caméras vidéo sont utilisées systématiquement. Les images, ou portions d'images, sont stockées dans des buffers séparés, afin d'être testées en parallèle, à grande

vitesse. L'ensemble de l'image doit être analysé durant le temps de balayage de la caméra. Chaque fois qu'un nouveau pixel entre dans le buffer, il est immédiatement dirigé vers le buffer concerné, et positionné pour permettre une analyse rapide. Pendant ce temps, les autres processeurs de l'architecture parallèle travaillent, et retournent leurs informations au processeur central. La multiplication des processeurs VLSI rend presque triviaux des problèmes qui jadis limitaient les performances. Cependant,

pour donner au CPU une information pertinente, les algorithmes d'extraction d'image se doivent de résoudre des difficultés précises, liées aux exigences du temps réel : précision et rapidité ne font pas toujours bon ménage.

Les signaux qui parviennent à la caméra sont analogiques. Le codage, en revanche, se fera de manière digitale. Il s'agit par conséquent de fixer un seuil de discrimination, qui rendra l'analyse pertinente. Afin d'accélérer les traitements, la transformation du signal analogique



en signal binaire prédigéré est réalisée dès que possible. Mais l'inconvénient réside dans une perte de finesse de l'information. Le signal n'est en effet pas seulement traduit, il est également interprété. Si les seuils de discrimination sont fixés arbitrairement, c'est-à-dire une fois pour toutes, certaines circonstances pourront amener une information significative à échapper à l'analyse. Il y aura confusion entre le signal et le « bruit ». Pour éviter ces inconvénients, les chercheurs ont mis au point des méthodes de « seuil mobile », ou « seuil flottant », développées à l'origine chez Hitachi par M. Ejiri, T. Uno, et M. Mese. Le seuil est fixé en fonction de la moyenne du signal dans les portions entourant une variation importante, par exemple une différence d'intensité lumineuse selon les zones balayées. La définition des erreurs, défauts, ou anomalies, est bien sûr relative aux zones analysées, et le système se doit de discriminer « avec intelligence », en utilisant des méthodes simples et rapides.

La qualité « défauts-zéro » impose ses contraintes aux processus d'extraction des caractéristiques des parties de pièces testées. La réduction des circuits électroniques rend primordial la perception des micro impuretés, des déformations locales, et des diverses anomalies susceptibles d'endommager un circuit. La chasse aux petits défauts est donc ouverte, et il a fallu là encore simplifier les méthodes afin d'accélérer la vitesse des traitements. Il est intéressant de noter que les méthodes de simplification ont permis d'assouplir considérablement la maniabilité des outils logiciels, parce que la plus grande paramétrabilité a imposé une « méta-structuration » de la problématique.

Ainsi, une forme est considérée comme correcte si elle présente une structure régulière. Elle se doit par conséquent d'être composée d'éléments simples, tels que segments, courbes, angles droits, carrés, rectangles, etc. Les pièces défectueuses se caractériseront par le fait qu'il leur manquera un ou plusieurs éléments, en raison de ruptures ou de défor-

mations. En l'absence de certains critères, une pièce sera donc jugée défectueuse.

Afin d'extraire les micro-défauts, deux méthodes sont utilisées. La première consiste à agrandir, puis à rapetisser la portion incriminée. Cette méthode, à travers les algorithmes qui la composent, fait disparaître les petites déformations convexes, sans pour autant altérer l'image. Ensuite, l'image issue du processus d'expansion/contraction est comparée avec l'original, et les petites différences convexes sont extraites. La seconde méthode réalise exactement le contraire : elle extrait les portions concaves en les rapetissant, puis en les agrandissant, avant de comparer l'image restaurée, avec l'original. Pour minimiser les problèmes d'image latente lors du mouvement des éléments de prise de vue qui balayent une carte électronique, morceau par morceau, on utilise un stroboscope, synchronisé avec le balayage de la caméra.

## Prismes et lasers

Dans les laboratoires Fujitsu, Nakashima et son équipe ont développé une méthode d'extraction de caractéristiques qui utilise une technique de diffraction par laser. Dans un article baptisé *Automatic Mask Pattern Inspection*, M. Nakashima, K. Fujihara et T. Inagaki définissent ainsi les principes de leur méthode. Le masque photographique destiné à l'impression d'un circuit est parcouru par un rayon en provenance d'un laser hélium-néon. La lumière est ensuite reçue par un photodétecteur divisé en quatre sections, chacune correspondant à une orientation différente : 0°, 45°, 90° et 135°. Quand le rayon atteint le bord d'une structure, il est diffracté à angle droit par rapport à ce bord. Le photodétecteur capte cette lumière diffractée, et les caractéristiques du bord de la structure sont ainsi capturées. Les mesures obtenues permettent de comparer la largeur des éléments avec ceux du modèle de base. Des défauts de moins de dix microns peuvent ainsi être détectés, à une vitesse qui atteignait, dès 1970, 130 mm<sup>2</sup> à la seconde.

## Intégrer les composants

Chez Hitachi, S. Kashioka et son équipe ont développé un système permettant l'insertion des composants sur les circuits imprimés. La machine est capable de prendre le transistor, de le positionner, et de l'introduire. L'ordinateur contrôle, en temps partagé, un ensemble de cinquante machines simultanément. Pour simplifier les processus, le logiciel cherche une caractéristique première, parmi un ensemble de critères préétablis. Une fois trouvée la localisation qui « semble » convenir le mieux, le système recherche l'endroit qui correspondrait le mieux au critère n° 2. A partir de ces deux points, leur distance et leur direction angulaire sont calculées. Si les valeurs trouvées correspondent suffisamment avec les valeurs préétablies, la pièce est jugée correctement positionnée. A partir de là, le système calcule les coordonnées des « pattes » qui doivent être introduites ou soudées. Pour les cas délicats, le système optique est couplé avec un microscope. Le système sait reconnaître tous les composants nécessaires au montage d'une carte. Il sait aussi changer de base de données pour passer à un autre type de fabrication.

Une autre méthode de vision artificielle, citée par T. Ito dans *Classification by colour effect method*, utilise des filtres rouge, vert, bleu pour analyser les défauts des masques photographiques utilisés dans la création de cartes électroniques. De faibles variations de couleurs sont perçues par l'analyse des images obtenues à partir des trois filtres séparés, ou par leur combinaison. Certains problèmes de discrimination sont ainsi résolus, qui échappaient à l'analyse monochrome.

## Pratiques avant tout

Au-delà des techniques que nous venons de présenter, et qui ont été développées très tôt, pour être systématiquement reprises et améliorées, l'ensemble des recherches effectuées au Ja-

pon y trouve une application immédiate. Le maître mot de la recherche reste « efficacité industrielle ». La multiplication du nombre des robots ces dernières années place le Japon très loin en tête, puisqu'il possède à lui seul trois fois plus de robots industriels que l'ensemble des autres pays (100 000 fin 85, contre 35 000 au reste du monde). Jean-Jacques Servan-Schreiber consacre une grande part du *Défi mondial 86* (Livre de poche 6246) à la présentation et à l'analyse de ce phénomène. La conséquence en est l'utilisation d'usines japonaises par des marques telles que Texas ou IBM, et un transfert de technologies vers les pays du Sud-Est asiatique. Atari et ses usines de Hong-Kong sont un exemple significatif de la baisse des prix qui accompagne ce phénomène. Les budgets importants votés par le MITI, équivalent du ministère de l'Industrie chez nous, sont dirigés systématiquement vers ce lien université-industrie, l'une étant l'antichambre de l'autre. Le phénomène ne fera que s'amplifier dans les prochaines années, car les Japonais passent, en outre, des contrats systématiques avec les universités américaines. *Quand les chercheurs de l'université de l'Arizona ont eu besoin récemment de trouver de l'argent auprès des entreprises pour investir dans une nouvelle technologie d'imagerie médicale — la radiographie informatisée —, ils ont mis longtemps à trouver quelques participations américaines qui se sont avérées trop faibles. La société Toshiba leur a alors proposé cinq millions de dollars en échange du brevet, et l'accord s'est fait (Défi Mondial 86).*

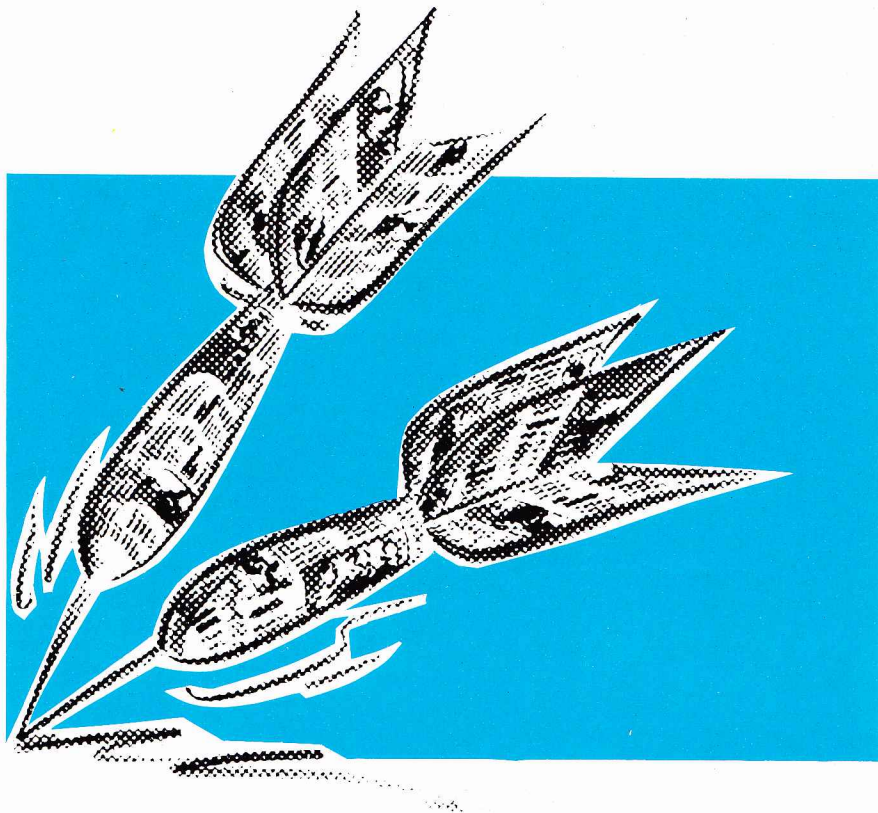
Hitachi, NEC, Canon, Toyota, Sony, NTT, Mitsui, possèdent des accords de ce type avec des universités américaines telles que le MIT, Stanford, et Princeton. Sachant que leur faiblesse réside dans la recherche fondamentale, puisque tout chez eux concourt à l'efficacité industrielle immédiate, les Japonais ont su ainsi s'adapter à leurs propres faiblesses, pour les contourner.

Inutile de lever le doigt pour connaître le sens du vent.

Jacques de Schryver



**QU'EST-CE QUI  
EST TRÈS PROFESSIONNEL  
ET QUI NE RATE  
JAMAIS SA CIBLE ?**



**LA PRESSE,  
JE SUIS CURIUEUX, J'ACHÈTE.**

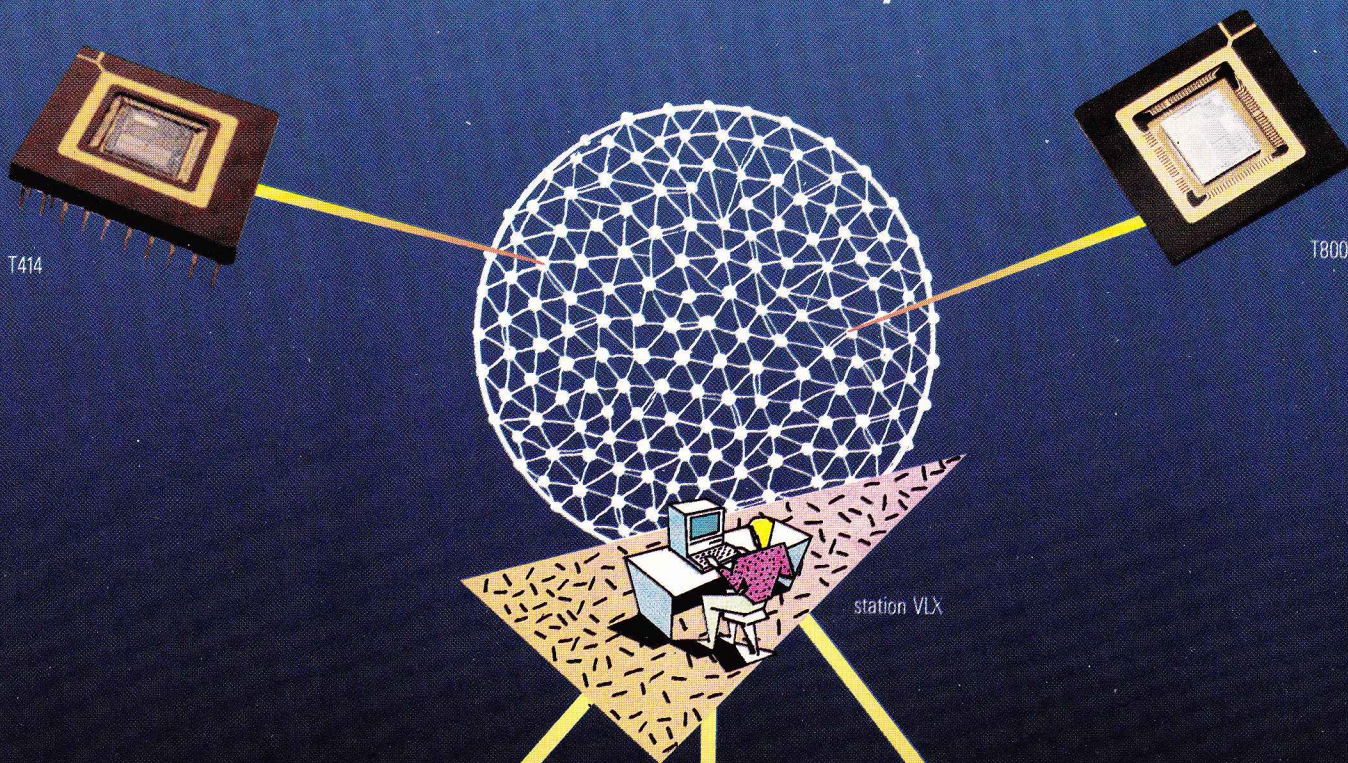




**OFFRE DE LANCEMENT**  
 Système complet\*\* Spécial apprentissage  
 59620 F HT

# VOLVOX D'ARCHIPEL :

## LES MICROS-SUPERORDINATEURS 130 Mips, 19.5 Mflops\*



**S**ynthèses d'images,  
 systèmes dédiés et  
 temps réel.

**T**raitement de l'image  
 et de la parole,  
 systèmes sécuritaires.

**C**A.O.  
 calcul scientifique,  
 systèmes de gestion  
 de bases de données.



**FORMATION**  
 PROCHAINES SESSIONS :



E. Bergman

15-17 mars 88  
 19-21 avril 88



Les micros-superordinateurs VOLVOX sont accessibles sous MSDOS™ ou UNIX™ et sont compatibles avec TDS d'inmos. Ils sont constitués d'une machine hôte compatible PC™ et d'une machine multi-processeurs de taille quelconque et configurable selon des topologies variées. Un VOLVOX peut ainsi offrir des performances très élevées (centaines de Mflops, milliers de Mips) à faible coût. Chaque élément du multi-processeurs est composé d'un Transputer (T414/T800) d'inmos, d'une mémoire locale (256 Ko à 8 Mo de RAM) et d'un système d'intercommunication haut débit.

\* ou 4x13 Mega Whetstone : performances limitées par le nombre de slots d'un boîtier PC classique. Des boîtiers d'extension sont disponibles.

VOLVOX est une marque déposée par ARCHIPEL S.A. inmos, TDS, occam, Transputer are trade marks of the inmos group of companies.

\*\*Volvox — 1 (10 Mips), syst. de dev. pour TRANSPUTER, 1VLX 10 Mhz, Vidéo couleur 800 x 600, 63 MO (22 m sec), 3 jours de formation

**ARCHIPEL**  
 architectures parallèles  
 9, av. du Rhône, 74000 Annecy tél. 50 52 87 32

ARCHIPEL, c'est une équipe d'ingénieurs, possédant un savoir-faire unique dans les architectures parallèles. ARCHIPEL propose :

- outils de développement **occam** / assembleur, outils de co-traitement, debugger et gestion d'écran. — des cartes additionnelles basées **Transputer** (bus PC, VME™).
- des cours de formation en programmation parallèle : **occam** / assembleur, réseau de **Transputers**, développement d'applications.
- un support technique pour la conception d'applications et des cartes spécifiques. — des stations de travail VLX, compatibles 80286 et 80386 parmi les plus performants.

**NOUVEAU** : Micro-superordinateur Volvox intégré dans l'environnement APOLLO COMPUTER







La mère, l'enfant et la mer  
© 1988 *Jean-Yves Corre / Micro-systèmes*  
*Cet encart ne peut être vendu séparément.*