2

TIFY

COMPRENDRE L'INFORMATIQUE

les images
les sons
les jeux



L'EMISSION DE TF1

COPRODUCTION TF1, AGENCE DE L'INFORMATIQUE ET MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE CNDP

M-1583-2-29 F | 195 FB – 8,50 FS – 195 FL

Toute l'informatique SPECIAL

ALP

TIFY

Une série de 4 fascicules destinés à accompagner les 12 émissions hebdomadaires de TF1 « Tify... s'il te plaît, raconte-moi une puce », soit 1 fascicule pour 3 émissions. En vente chez votre marchand de journaux, parallèlement à la diffusion des émissions.

n° 1 : Histoire de puces – Les mémoires – Les programmes / **n° 2** : Les images – Les sons – Les jeux / **n° 3** : La bureautique – Les fichiers – Les réseaux / **n° 4** : Les robots – Les systèmes experts – La prospective.

Sommaire du n° 2

Les images 81

Garder la tête froide... pour devenir créateur – Les luchrones

Des « machines à dessiner » 83

VAO/Synthèse – La reconnaissance des formes par algorithmes/J.-C. Simon

Drôles d'images ! 84

Un nombre fini de pixels – Le balayage

Décimal ou binaire ? 86

Ecriture des nombres – Passage du binaire au décimal

Occupation de la mémoire 87

Le codage 88

Pour faciliter les choses ! – Les songes d'une nuit d'écran/L. Delesalle

La reconstitution des images... et leur amélioration 90

Page-écriture et page-dessin 92

La palette de couleurs 92

Les langages graphiques 93

Le langage Logo

Un peu de Basic... 95

La palette – Eh bien, dessinons maintenant ! – Les caractères graphiques – Artistes, à vos pinceaux !

Un peu de Logo... 103

Quelles images ? 105

Catia sait construire un avion... – Psyché : l'animation assistée par ordinateur – L'animation en trois dimensions – Les objets fractals

Les sons 111

Notre ancêtre le poisson 112

Sons... ultra-sons et infra-sons – Sinusoïde

Une note 114

Partiels et harmoniques – Hauteur – Timbre – Intensité

Transmission et enregistrement analogiques 115

Transmission – La voix périssable/J. Perriault – Enregistrement

L'ordinateur et les sons 118

Une série d'échantillons... codés en binaire... sur lesquels l'ordinateur travaille – Des systèmes sonores digitaux

La création électronique des sons 120

Des sons entièrement artificiels – Les synthétiseurs analogiques – Le synthétiseur numérique

Ordinateur ou pas ordinateur ? 123

Les artistes savent s'adapter – L'assistance à la composition – Rythmes ! – Synchronisation – La composition automatisée – L'ordinateur en studio d'enregistrement – La synthèse de la parole – La reconnaissance de la parole – Des lendemains qui chantent... – Les antennes de Jericho/P. Schaeffer – Les machines parlantes

Un peu de Basic... 130

Envoyez la musique 131

Music composer – La clé des chants – Synthetia – Melodia – Et bien d'autres

Quels sons ? 133

Parole d'ordinateur – Les recherches sur la communication homme-machine au CRIN – Diva ? – Le Fairlight ou « les secrets d'un générique »

Les jeux 141

L'amour du jeu 142

Des savants pas sérieux... – Les jouets des enfants Baoulé/C. Lombard – Quand un mini rencontre un autre mini – Au-delà de l'écran – Demandez le programme... – Les samouraï s'amusent...

Comment ça marche ? 147

Une partie gratuite ? – « informatique »

Les types de jeux 148

Grandes familles de programmes – Jeux spatiaux – Jeux d'action – Jeux d'adresse – Jeux de destruction – Jeux de labyrinthe – Jeux de pilotage – Jeux d'aventure – Jeux de sport – Jeux de rôle – War games – Jeux de stratégie – Jeux de simulation économique – Jeux pour jeunes enfants – Vocation : pirate – Jeux d'arcades – Consoles familiales – Jeux pour micro-ordinateurs – Simulation économique – Jeux d'aventures

Reportage à la Sogitec 158

Micros : les derniers-nés 159

Tify a programmé pour vous : Grignote et Voltige 160

Commande de la série complète
Du n° 1 au n° 4 inclus : 105 FF – 700 FB/FL – 30,5 FS.

Commande de la reliure
La reliure TIFY, qui vous permettra de conserver vos 4 numéros, sera disponible chez votre marchand de journaux dès la parution du n° 3. Elle contiendra un sommaire général et un index/lexique.
Vous pouvez également la commander dès maintenant au prix de 45 FF – 295 FB/FL – 15 FS.

Commande de numéros
Vous pouvez vous procurer l'un quelconque des numéros au prix de 29 FF en ajoutant 6,50 F de frais de port pour le 1er exemplaire et 2 F pour le suivant.
Toutes ces commandes doivent être accompagnées de leur règlement par chèque bancaire, chèque postal ou mandat, libellé à l'ordre de ALP-TIFY, à l'adresse suivante :
TIFY / SERVICE ABONNEMENTS
99, rue d'Amsterdam
75385 PARIS CEDEX 08

L'EDITEUR
ALP et Cie
26, rue des Carmes, 75005 PARIS.
Fondateur : Armand Beressi.
Directrice du marketing : Frédérique Janssen, adjoint : Georges Bensoussan.
Directrice de l'édition : Dominique Aubert, adjointe : Martine Chantenay.
Directrice de la production : Monique Muller, assistée d'Hélène Caumont et de Jacky Requet.
Vente aux dépositaires : Edi 7.
Distribution N.M.P.P.

LES ÉMISSIONS DE TF1
Conception et réalisation : Francis Warin.
Coproducteurs : TF1, l'Agence de l'Informatique et le Ministère de l'Éducation Nationale (CNDP).
Producteur exécutif : TFØ1. Direction générale : Jean-Claude Vernier. Administration : Yannick Casanova.
Communication et marketing : Sabine Couder Hiegel Conseil.

LA PUBLICATION
Directrice de la publication : Dominique Aubert.
Conseiller scientifique et pédagogique : Jacques Perriault.
Pour l'Agence de l'Informatique : Xavier Dalloz.
Auteurs du numéro 2 : Marie-Paule Bonicoli, Jean-Marie Caron, Micheline Domancich, Michel Geiss, Sabine Grandadam, Gérard Lévy, Régine Mazion, Philippe Morgaut, Marianne Raveau, Pascal Rosier, Jean-Baptiste Touchard.
Feuilleton « Intox et Zoé » : Images, maquillage et costumes : Serge Diakonoff – Intox : Bernard Haller – Zoé : Annie Fratellini.
Maquette, dessins et couverture : LCA (Eric Turlot, Luc Royer, Jacques Morel).
Photographe : Luc Quaglia, assisté de Mathieu Prier.
Secrétariat de rédaction : Catherine Picard et Catherine Schram.
Photocomposition : Kappa.
Photogravure : Prism'offset.

© 1984 ALP et Cie / TFØ1.

Dépôt légal : décembre 1984.
I.S.B.N. : 2-7365-006-7.

Crédits photos. Toutes les photos sont des photos ALP, sauf pour les pages suivantes : Atari : 146 en ht à g, 149 à g, 150 en ht à g, en bs à dt, à g, 151 en ht à g, 152 en ht, en bs, 153 en ht à dt, en bs, 155 en ht, en bs, 157 au ctr, à dt – BNI : 88 à g, 91 en bs – François Caron : 159 en ht et en bs à dt – CBS : 148 au ctr, en bs, 149 en ht à dt, en bs, 150 en ht à dt, 151 à dt, 153 à g, 159 au ctr, en bs à g – Jean-Loup Charmet : 122, 142, 143 en ht à g, à dt, 144 à g, à dt, 146 à dt, en bs à g, 154 en bs – Logimus : 132 à dt. – Polygram : 113, 115, 119 en bs – Quadrix : 145, 147 en ht, 148 en ht, 151 en bs à dt, 156 en bs à g, à dt, 157 à g – Rush : 88 en bs, 91 à dt – Jean-François Sauvage : 83 – SOGITEC : 89, 91 en ht – Schlumberger : 124 – Studer : 117 – Vifi-Nathan : 131, 132 à g, 159 en ht à g.

Les mots en gras dans le texte seront repris dans l'index/lexique livré avec la reliure.

Imprimé en Italie par IAG-Bergame.

Les images

Il y a dans la vie des instants privilégiés que l'on voudrait pouvoir garder en soi pour toujours... Retrouver à volonté ce que l'on a vu alors, formes, couleurs, lumière... Ré-entendre les sons, les musiques, les voix... Transporter à travers le temps, intactes, les impressions reçues... Ainsi, Lamartine, un soir d'été, en bateau sur le lac du Bourget, contemple-t-il le visage de la femme aimée et écoute-t-il « la » voix chère entre toutes ; tendu, avide, il cherche à graver en lui les images et les sons. Peine perdue, il le sait : « Sans pouvoir rien fixer, nous sommes emportés sans retour »... Il était né trop tôt !

Parfois aussi, on cherche à transporter ses perceptions à travers l'espace... Sur un avion de ligne, au beau milieu de l'Atlantique et à 37 000 pieds d'altitude, une passagère en fin de grossesse ressent les premières douleurs. Pas de médecin à bord. Les hôtesses procèdent à l'accouchement en plein vol en liaison-radio avec un gynécologue. Elles l'informent de l'avancement du travail. Il leur décrit les repères anatomiques et les gestes à faire... Tout s'est bien passé, merci, la mère et son bébé « duty-free » se portent bien ; mais il y a eu un peu d'angoisse sur le vol 631 ! Essayez donc, vous, de décrire par téléphone une photo de magazine, par exemple... Vous pourriez y passer votre vie entière, votre interlocuteur ne verra jamais ce que vous voyez. Telles sont les limites du langage parlé.

Monsieur Plumeau, employé modèle, s'endort régulièrement sur son clavier... Il se transforme alors en un abominable robot, Intox 639, qui décide, avec l'aide de son complice, l'ordinateur numéro 1, de mettre l'univers à ses pieds ! Mais il y a une faille...



Intox se pose aujourd'hui une question très sérieuse : « Comment répartir entre tous le talent qui est si mal partagé ? »



La réponse ne se fait pas attendre : « Il faut numériser, digitaliser, modéliser... Erreur !... Rectification : mosaïquer. »



Mais, une fois encore, Zoé le rappelle à l'ordre : « Il est vraiment dangereux Intox... J'y tiens à mon portrait, moi ! Je n'ai pas envie de ressembler à tout le monde. J'ai le droit à mon image, non ! »

Garder la tête froide...



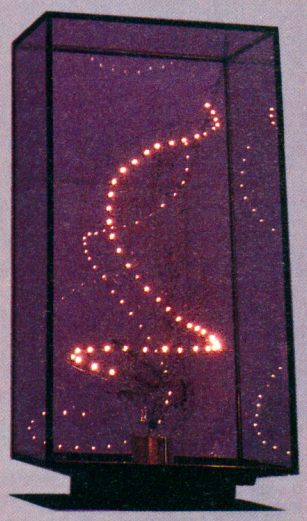
Très tôt dans l'Histoire, les dessins ont fait leur apparition. Les premières bandes dessinées furent les peintures dont nos ancêtres ornèrent les murs de leurs cavernes, pour immortaliser leurs chasses héroïques. Par la suite, les techniques se sont progressivement améliorées, et on a fini par arriver à la photo, au cinéma, aux hologrammes, qui permettent de fabriquer des fantômes en trois dimensions. Le problème du transfert dans le temps était résolu. La radio, le téléphone, la télévision, les satellites de communication annulent l'espace. Le regard se transmet, se lègue. L'émotion musicale aussi. Aujourd'hui, avec l'enregistrement digital lisible par laser, on peut ressusciter la Callas dans toutes ses intonations, et même la toux des spectateurs à l'entracte.
Bien sûr, pour en arriver là, il a fallu renoncer au plaisir de la sensation, garder la tête froide, et analyser. Il a fallu s'arracher au charme du spectacle, à l'enchantement de la musique pour identifier un accord en ré mineur, une série de doubles croches. Plus tard, y discerner des vibrations de fréquences bien précises. Cesser d'admirer le paysage pour y repérer ligne d'horizon, verticales et proportions. Ne plus s'émerveiller de la lumière. Penser seulement qu'elle teinte plus ou moins le nitrate d'argent...
Mais ce sacrifice a été royalement récompensé. Il a permis de reproduire, transporter et multiplier, comme miraculeusement, nos impressions. Et par là d'humaniser le Temps et l'Espace des hommes.
Car le grand secret, c'était cela : les sensations et perceptions n'étaient que des informations élémentaires reçues par nos sens. Ces informations étaient définissables qualitativement (des vibrations imprimées à l'air ou à la lumière) et surtout quantitativement (des longueurs d'ondes et des fréquences).
En somme, elles étaient faites, ces impressions apparemment si diverses, d'une « matière première » unique : des ondes. La seule chose qui changeait, c'était la mesure.
Toutes les couleurs sont de la lumière réfléchie, mais chaque couleur a sa fréquence propre. Ou plutôt, elle *est* une fréquence. Les notes aussi ne sont que vibrations. Tous les instruments de l'orchestre, et la voix humaine aussi, peuvent être restitués par une membrane de haut-parleur.

... pour devenir créateur

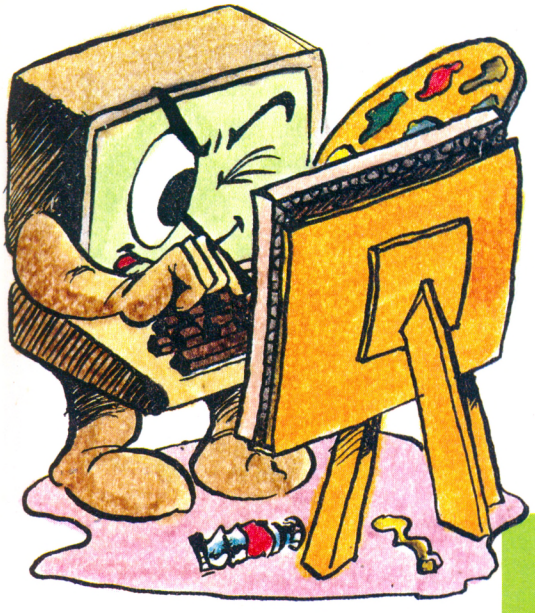
Parallèlement, on mettait au point l'informatique qui, au début, servit surtout aux choses « sérieuses », c'est-à-dire à venir à bout de calculs rébarbatifs, trop complexes ou trop longs, et à classer des données.
Mais, très vite, on s'est rendu compte que toutes les techniques de communication consistaient en fait à mémoriser, reproduire à volonté, transporter et traiter des informations ; ces informations étant, en fait, une foule de quantités mesurables. Des chiffres. Des millions de petites données chiffrées. Rien d'autre que la nourriture habituelle des ordinateurs de toutes tailles et de toutes générations. Alors, dès que l'on a pu miniaturiser suffisamment les ordinateurs (souvenez-vous... les puces !) et surtout dès que l'on a pu accroître leur vitesse de travail (une accélération vertigineuse...), il est devenu évident que les images et les sons allaient être leur affaire, et même que, dans ce domaine-là aussi, ils allaient ouvrir des possibilités nouvelles, des possibilités extraordinaires.
Car l'ordinateur peut faire varier les définitions chiffrées de tout ce qui est visuel ou sonore, dans tous les sens et en continu ; on peut ainsi échapper aux limites de notre environnement sensoriel naturel.
On peut envisager de produire des images, des sons, des couleurs, des mouvements, qui n'existent actuellement que dans l'imagination des créateurs.
Créer, c'est bien de cela qu'il s'agit. Et pour l'être humain, c'est une véritable récréation. Mais, pour mériter cette récréation, il a fallu que les informaticiens travaillent énormément. Nous allons survoler le chemin qu'ils ont suivi dans leurs recherches. Rapidement, et juste pour comprendre comment tout cela marche maintenant que la plupart des problèmes ont été résolus.

Les luchrones

Alain Le Boucher est le faiseur de rêves de la technologie moderne. Il a décidé de nous montrer que les matières « froides » de la technique, tels que les composants électroniques par exemple, peuvent être belles et mouvantes.
Ses sculptures ne sont pas de bois : elles vivent, incarnations de lumière sur des formes artistiquement agencées. Le Boucher a baptisé ses sculptures « luchrones », de *lux* (lumière) et *chronos* (temps). Une recherche sur les espaces temporels que peut générer l'apparition/disparition de la lumière. Dans une structure géométrique de verre et de métal s'éparpillent alternativement une myriade de lumières caressant une forme constituée d'enchevêtrements de fils ténus. Le socle-miroir du luchrone prolonge la féerie de ces jeux de lumière, qui plongent dans l'abîme du reflet infini.
Car il s'agit bien de « jouer » sur la lumière, matérialisée par le relais de micro-ampoules électriques disséminées sur l'architecture transparente du luchrone.
Pour créer ces parcours lumineux, Le Boucher développe des programmes sur un micro-ordinateur ; ils seront ensuite enregistrés dans la mémoire d'un microprocesseur fixé sur le luchrone : il n'est pas question que le spectateur ait besoin d'utiliser le moindre bouton de commande. Le luchrone vit par lui-même.



Des « machines à dessiner »



Les premières performances des ordinateurs en matière d'images, ce fut aux États-Unis, en 1962. Au *Massachusetts Institute of Technology* plus précisément, où le professeur Sutherland donnait ses instructions à l'ordinateur au moyen d'un crayon spécial ; au fur et à mesure, un tracé apparaissait sur un écran. C'était prometteur. En 1970, bien sûr, les ordinateurs étaient encore des monstres occupant des salles spéciales, mais on pouvait les relier à des **terminaux graphiques** sur lesquels apparaissaient les dessins. En même temps, on mettait au point des **palettes électroniques**, qui allaient permettre de jolis coloriages. Depuis, on n'arrête plus le progrès dans ce domaine qu'on appelle l'**infographie**. On fait réaliser aux ordinateurs des performances graphiques et picturales de plus en plus intéressantes. Et même les petits ordinateurs domestiques bénéficient des « retombées » de ce mouvement. Les plus récents disposent même de possibilités assez étonnantes.

VAO/Synthèse

Un ordinateur peut produire deux sortes d'images :
– des représentations d'images réelles dont il a analysé les composantes – on parle alors de **VAO** (vision assistée par ordinateur) ;
– des **images de synthèse**, c'est-à-dire de pure création, sans modèle de départ.
Mais la technique qui intervient est, dans les deux cas, à peu près la même.

Pourvu qu'on leur donne les instructions appropriées, les machines informatiques sont capables d'effectuer n'importe quelle transformation sur une représentation codée. En particulier, on peut penser qu'elles sont capables *d'interpréter des représentations provenant de capteurs physiques*, tels qu'une caméra de télévision, un microphone ; donc des représentations d'image, de parole, des caractères écrits. Peu à peu les ordinateurs deviennent capables eux aussi d'interpréter des « signes ». En ce sens ils introduisent un changement révolutionnaire dans la manipulation, la transformation et l'interprétation des représentations ; ils deviennent des partenaires des hommes.

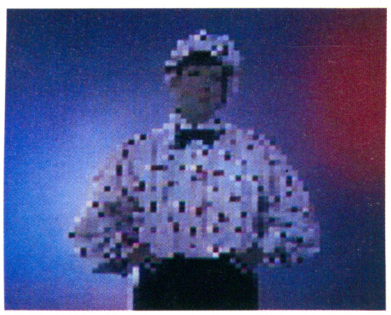
in *La reconnaissance des formes par algorithmes*, par Jean-Claude Simon (Masson/eri, 1984)

Drôles d'images !

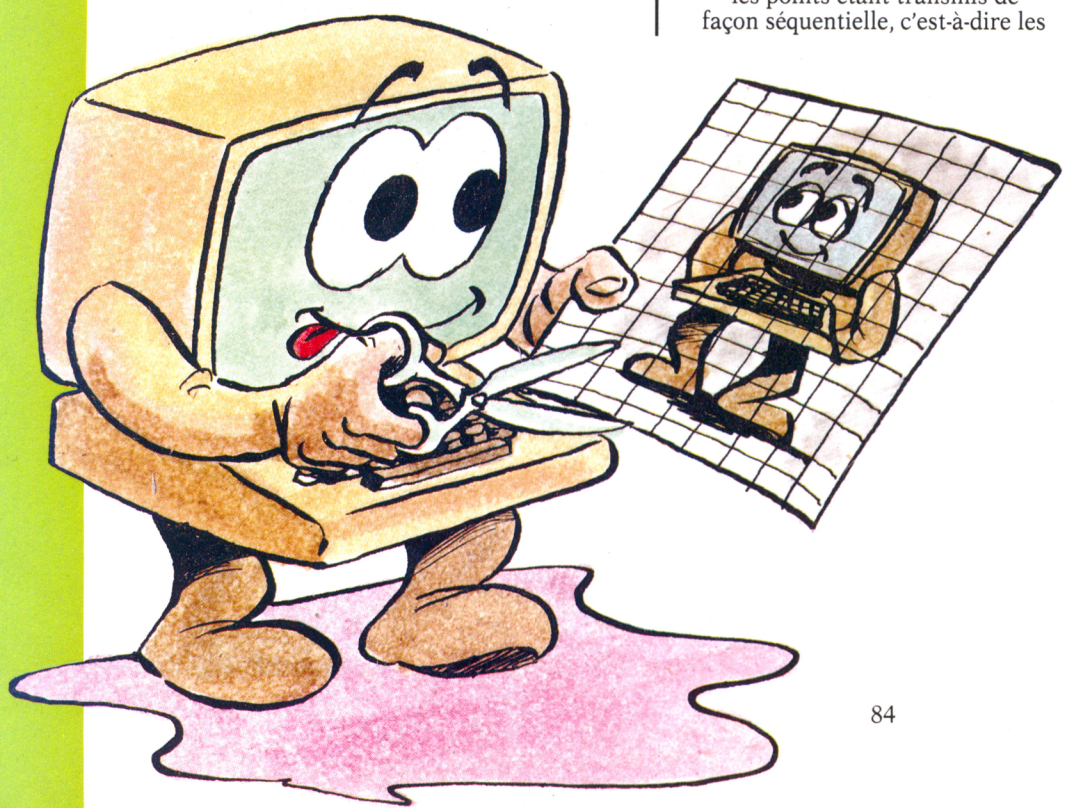
On sait depuis très longtemps qu'une image est constituée d'une infinité de points lumineux, dont on ne pourra jamais reproduire qu'une partie. Tant pis, l'œil fera le reste ! Les tapisseries ou les tissus imprimés, par exemple, ne nous proposent-ils pas des images reconstituées à partir d'un certain nombre de fils entrecroisés avec, forcément, des « trous » entre les croisements – microscopiques si le tissu est d'une trame très serrée (comme la toile de Jouy), mais aussi nombreux que les points colorés. Eh bien, comme ces trous disent tous la même chose, c'est-à-dire rien, et que ce n'est pas cette information nulle qui nous intéresse, l'œil ne les voit même pas. Notre imagination les élimine automatiquement.
De même, au siècle dernier, certains peintres, comme les impressionnistes, et surtout les pointillistes, composèrent leurs tableaux sans les dessiner – en juxtaposant des touches de couleur ou même de simples points. Ainsi, si vous regardez de près un tableau du pointilliste Seurat, ne verrez-vous qu'un collage de confettis de couleur ; mais à quelques pas, l'image vous apparaîtra clairement. Seurat, d'ailleurs, appliquait à son art des règles très rigoureuses qu'il voulait scientifiques. Certains tableaux faits de timbres-poste de toutes les couleurs ou de divers collages reposent exactement sur le même principe ; et c'est comme cela aussi que fonctionne la photographie : une couche de microscopiques particules d'iodure d'argent est fixée sur un support (pellicule) ; et ce sont ces grains de poussière, accolés les uns aux autres, qui reconstituent l'image en se colorant plus ou moins selon la quantité de lumière reçue. D'ailleurs, notre vision elle-même ne se fait pas autrement : des cellules très rapprochées, mais indépendantes, tapissent le fond de notre œil.
C'est enfin le principe de base du bélinographe, conçu au début de ce siècle par l'ingénieur Belin.

Un nombre fini de pixels

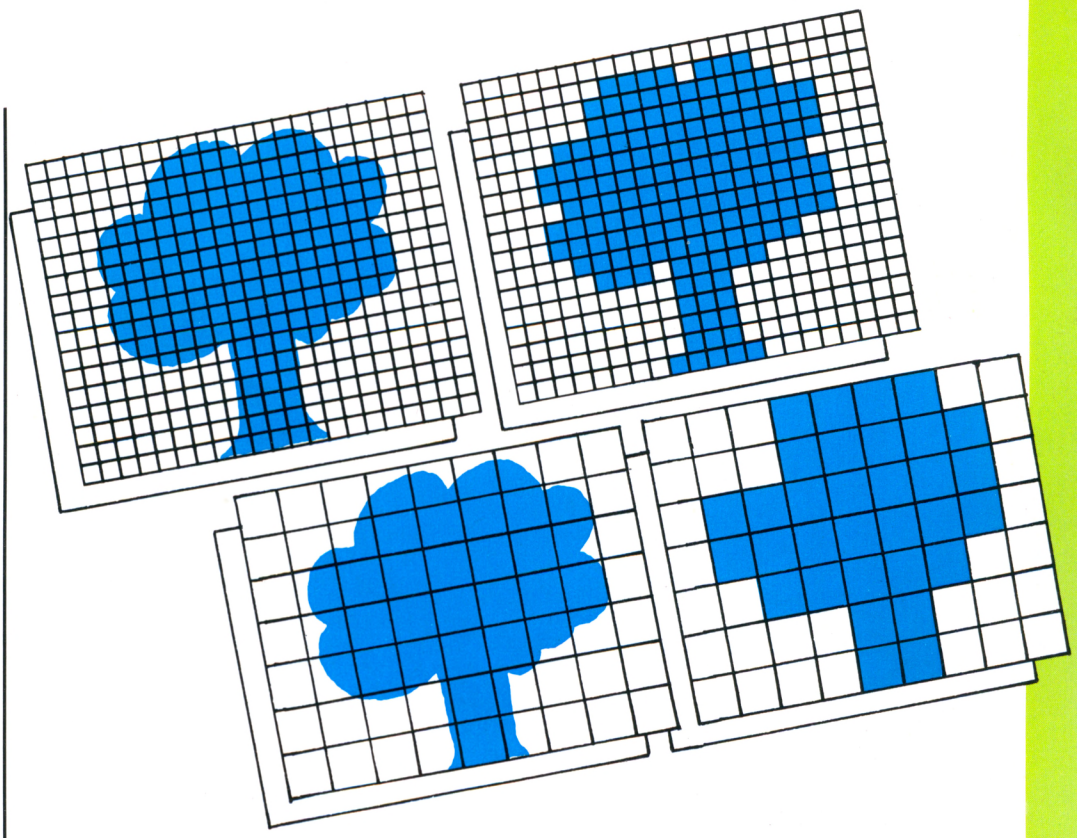
Tout objet ponctuel éclairé émet un signal lumineux qui peut, grâce à une cellule photo-électrique, être transformé en un courant électrique dont l'intensité dépend directement de la luminosité du point. Ce courant peut ensuite être transporté par une ligne téléphonique jusqu'à son lieu de destination, où il alimentera une lampe qui, elle-même, impressionnera une surface sensible (pellicule photo). L'image du point sera d'autant plus foncée que le courant transmis sera fort et, donc, que le point initial sera lumineux.
Pour acheminer, par ce procédé, une image entière, Belin eut l'idée de la transmettre point par point – les points étant transmis de façon séquentielle, c'est-à-dire les uns à la suite des autres (et non tous en même temps) ; ce qui impliquait que le nombre de points transmis ne pouvait être infini (ce qui aurait entraîné un temps de transmission lui-même infini). Pour surmonter cette difficulté, l'ingénieur décida de ne prendre en considération qu'une partie des



points : l'image à transmettre fut découpée en bandes (lignes) horizontales, toutes de même épaisseur, chaque ligne fut elle-même découpée en carrés, et ce furent ces carrés successifs qui, **balayés** par un faisceau lumineux, devinrent les unités élémentaires (« les points ») à transmettre.
Plus l'image initiale est décomposée en carrés petits, plus, à l'arrivée, l'image est ressemblante ; par contre, le temps de transmission en est d'autant plus important. En divisant, par exemple par deux, le côté des carrés, on améliore nettement l'image reçue, mais on multiplie par quatre le temps de transmission (puisque le nombre



des carrés est lui-même multiplié par quatre).
L'idée du bélinographe est à l'origine du principe de la télévision, et c'est elle aussi qui a inspiré la conception d'images par ordinateur. La démarche se fait, là encore, en deux temps :
Pour simplifier encore les choses, Belin avait décidé que l'intensité de la lampe qui servirait à reconstituer l'image à la réception, au lieu de faire varier de façon continue, n'aurait que deux valeurs : lampe éteinte *ou* lampe allumée – c'était d'ailleurs tout ce que lui permettait la cellule photo-électrique de départ. Si plus de la moitié d'un carré de l'image originale était noire, tout le carré de l'image finale serait noire ; sinon il serait blanc.
– décomposer l'image en un certain nombre de petits carrés qui seront lus, successivement, à une vitesse telle que l'œil ne verra pas le mouvement de balayage ;
– pour chaque carré, analyser son éclairement selon un système binaire.
Mais pour l'ordinateur, comme il ne sait travailler que sur des chiffres, il va falloir insérer dans le système une étape supplémentaire : la transformation du signal électrique en un signal binaire.
Autre contrainte : la mémoire de l'ordinateur étant d'une capacité bien précise, et limitée, la représentation et même la conception de l'image seront inscrites dans des limites précises. Par exemple, la trame de l'image (le nombre de petits carrés), de même que le dégradé ou le nombre des couleurs seront fonction de la capacité-mémoire de l'appareil.
On va donc d'abord découper l'image en un nombre plus ou moins grand, mais forcément limité, de petits carrés, que l'on appelle, en jargon informatique, des



pixels (de l'anglais : *PICTure ELement*, élément d'image).
Ensuite, on va définir le contenu de chaque case, c'est-à-dire chaque pixel, par des chiffres qui indiqueront :
– sa *position* dans l'image ;
– sa *couleur* (à partir d'une gamme de couleurs dont chacune est désignée par un chiffre).
Et c'est ce contenu chiffré que transmettra l'ordinateur. Simple, non ? Encore fallait-il y penser.
Bien sûr, l'image sera d'autant plus précise qu'elle contiendra un nombre important de pixels et que le nombre des couleurs disponibles sera, lui aussi, important. Le minimum de couleurs, c'est deux : noir et blanc. Le maximum dépend de la puissance de l'ordinateur.
C'est parce qu'elle repose sur des chiffres que l'image d'ordinateur est dite **numérique** ou **digitale**, tandis que l'image qui reproduit point par point l'objet filmé, au cinéma, par exemple, est dite **analogique**. L'opération qui consiste à découper l'image en pixels s'appelle d'ailleurs **numérisation** ou **digitalisation** (ou encore **discrétisation** : on passe, en effet, d'un nombre infini de points formant une image continue, qui correspondraient aux nombres décimaux, à un nombre fini de points et séparés, qui correspondraient aux entiers, ou valeurs discrètes). Avec l'ordinateur, il n'est d'ailleurs pas nécessaire d'avoir un objet de départ pour fournir une image ; on peut partir directement de chiffres imaginaires (cotes, couleurs, etc.).

Le balayage

Le principe de reproduction d'une image électronique, qu'il s'agisse d'une télévision ou d'un terminal graphique destiné à un ordinateur, repose sur un procédé commun, appelé **balayage**. Afin de représenter les points successifs constituant une image – les pixels – un pinceau d'électrons, contrôlé par un système électromagnétique, parcourt la surface de l'écran, tel un phare balayant la côte.
Ligne après ligne, de haut en bas, le faisceau survole chaque point de l'écran ; la présence ou l'absence d'électrons sur un point le fera s'allumer ou le laissera éteint.
Les demi-teintes, dans le cas de consoles graphiques monochromes, s'obtiennent en alternant les zones éclairées et obscures.
Ainsi pour un **terminal de visualisation** (écran) traditionnel, le spot lumineux parcourt 512 fois la largeur de l'écran, selon 512 lignes superposées, et ceci 25 fois par seconde.
Suivant la précision souhaitée, le nombre des lignes peut atteindre 800, 1024 ou 2048, permettant alors de restituer des images de plus en plus fines, de plus en plus précises.
Ce principe est identique dans le cas d'un écran couleur, à la différence près qu'alors, trois faisceaux parcourent la surface de visualisation ; chaque spot prend en charge une couleur particulière – le rouge, le vert et le bleu –, couleurs à partir desquelles il est possible de restituer la totalité des nuances souhaitables.

Décimal ou binaire ?

Nous, qui ne sommes pas des ordinateurs, quand, dans la vie de tous les jours, nous faisons des calculs, qu'ils soient simples ou compliqués, nous nous plaçons dans le système qui nous a été enseigné à l'école : le système décimal. Chaque nombre y est composé de chiffres qui peuvent prendre toutes les valeurs de 0 à 9 (10 valeurs), et on y trouve, par exemple : cent onze = 111



centaine dizaine unité

mais aussi : 273816, 31, 9999 ou 0, par exemple.
Nous savons cependant qu'il existe d'autres façons de calculer – vieux souvenirs qui remontent...
L'horreur des problèmes du cours d'anglais où il fallait passer des *inches, feet* et *miles* aux centimètres et aux kilomètres... Le casse-tête, la première fois qu'on est allé en Angleterre, du calcul des sommes à payer... Et oui, les Anglais n'utilisent que depuis peu le système décimal !
L'ordinateur, quant à lui, nous le savons déjà, utilise le système binaire : chacun des chiffres qui composent un nombre ne peut y prendre que 2 valeurs : 0 ou 1.
Par exemple : 01 ou 10010111.
A nous, donc, si nous voulons dialoguer avec l'ordinateur, de faire l'effort de comprendre ce qui distingue son système du nôtre !

Écriture des nombres

	Chiffres	Nombres à 2 chiffres	Nombres à 3 chiffres	etc.
Système décimal	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	00 10 20 . . . . . 90 01 11 21 . . . . . 91 02 12 22 . . . . . 92 . . . . 09 19 29 99	000 010 . . . . . 100 110 . . . . . 200 . . . . . 990 001 011 . . . . . 101 111 . . . . . 201 . . . . . 991 002 012 . . . . 009 019 . . . . . 109 119 . . . . . 209 999	
	10 possibilités	$(10 \times 10) = 100 = 10^2$ possibilités*	$(10 \times 10 \times 10) = 1\,000 = 10^3$ possibilités*	
Système binaire	0 1	00 10 01 11	000 010 100 110 001 011 101 111	
	2 possibilités	$(2 \times 2) = 4 = 2^2$ possibilités*	$(2 \times 2 \times 2) = 8 = 2^3$ possibilités*	

* Pour exprimer :	on note :	on dit :
(10×10)	10^2	10 puissance 2
$(10 \times 10 \times 10)$	10^3	10 puissance 3
$(10 \times 10 \times 10 \ldots\ldots$ n fois)	10^n	10 puissance n

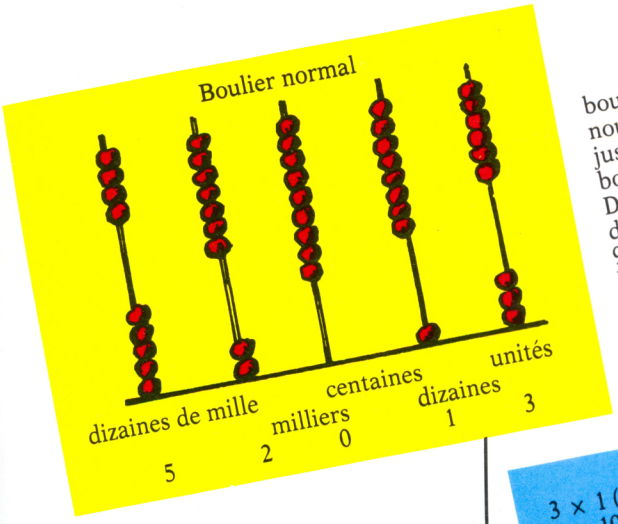
De même, pour exprimer :	on note :	on dit :
(2×2)	2^2	2 puissance 2
$(2 \times 2 \times 2)$	2^3	2 puissance 3
$(2 \times 2 \times 2 \ldots\ldots$ n fois)	2^n	2 puissance n

Un nombre allant de 1 à 3 chiffres peut donc, en décimal, prendre $(10 \times 10 \times 10) = 1\,000 = 10^3$ valeurs différentes, alors qu'en binaire il ne pourra en prendre que $(2 \times 2 \times 2) = 8 = 2^3$. Ce qui veut dire qu'un même nombre de valeurs possibles requiert, pour être exprimé en binaire, un nombre considérablement plus grand de chiffres que pour être exprimé en décimal... Mais l'ordinateur calcule vite ! Plus vite que ces vieux Chinois qui nous sidèrent avec leurs bouliers (ils ne connaissent que l'addition !).

Rappelons-nous au passage qu'un octet (8 chiffres binaires) peut prendre $2^8 = 256$ valeurs différentes (trois chiffres décimaux auraient suffi).

Passage du binaire au décimal

Tout le monde sait ce qu'est un boulier : un certain nombre de tringles sur lesquelles sont enfilées des boules. Imaginons donc deux bouliers : un normal (9 boules par tige) et un imaginaire (1 boule par tige). Boulier normal :
sur la tige des unités, 9 boules.
On compte de 1 à 9 en tirant à soi, successivement les 9 boules puis, pour 10, on remonte toutes les boules des unités et on tire une

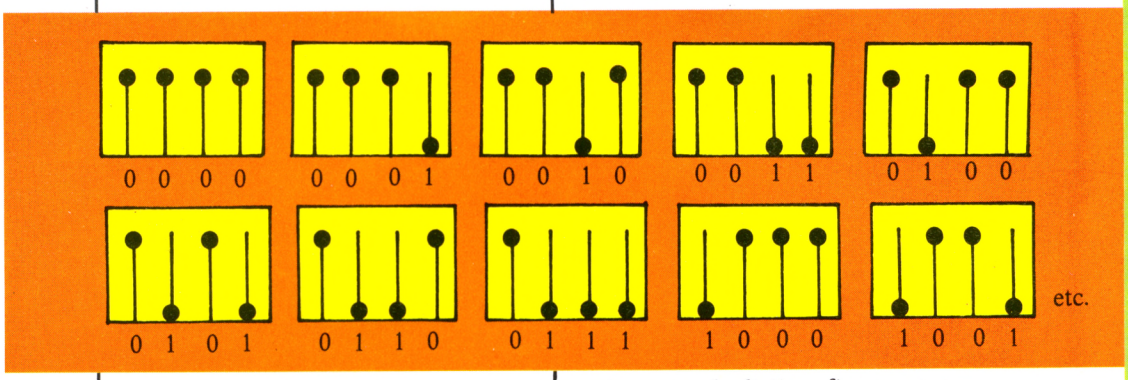


boule des dizaines ; on compte de nouveau sur la tringle des unités, jusqu'à 9, puis on tire une deuxième boule des dizaines, etc.
De même, 9 dizaines + 1 dizaine donne 1 centaine : on remonte les 9 boules des dizaines et on tire une boule de la tringle des centaines, etc. A la vue du boulier, donc, on sait toujours où on en est.
Dans notre exemple, le chiffre obtenu en fin de manipulation est 52 013, soit :

3×1 (unité) $= 3 \times 10^{0*} =$ 3
1×10 (dizaine) $= 1 \times 10^{1} =$ 10
$0 \times 10 \times 10$ (centaine) $= 0 \times 10^{2} =$ 0
$2 \times 10 \times 10 \times 10$ (milliers) $= 2 \times 10^{3}$ 2 000
$5 \times 10 \times 10 \times 10 \times 10$ (dizaines de mille) $= 5 \times 10^{4}$ 50 000
52 013

*Par convention : $10^{0} = 1$ et $2^{0} = 1$.

De même, sur notre boulier imaginaire, les opérations s'enchaîneraient comme suit :



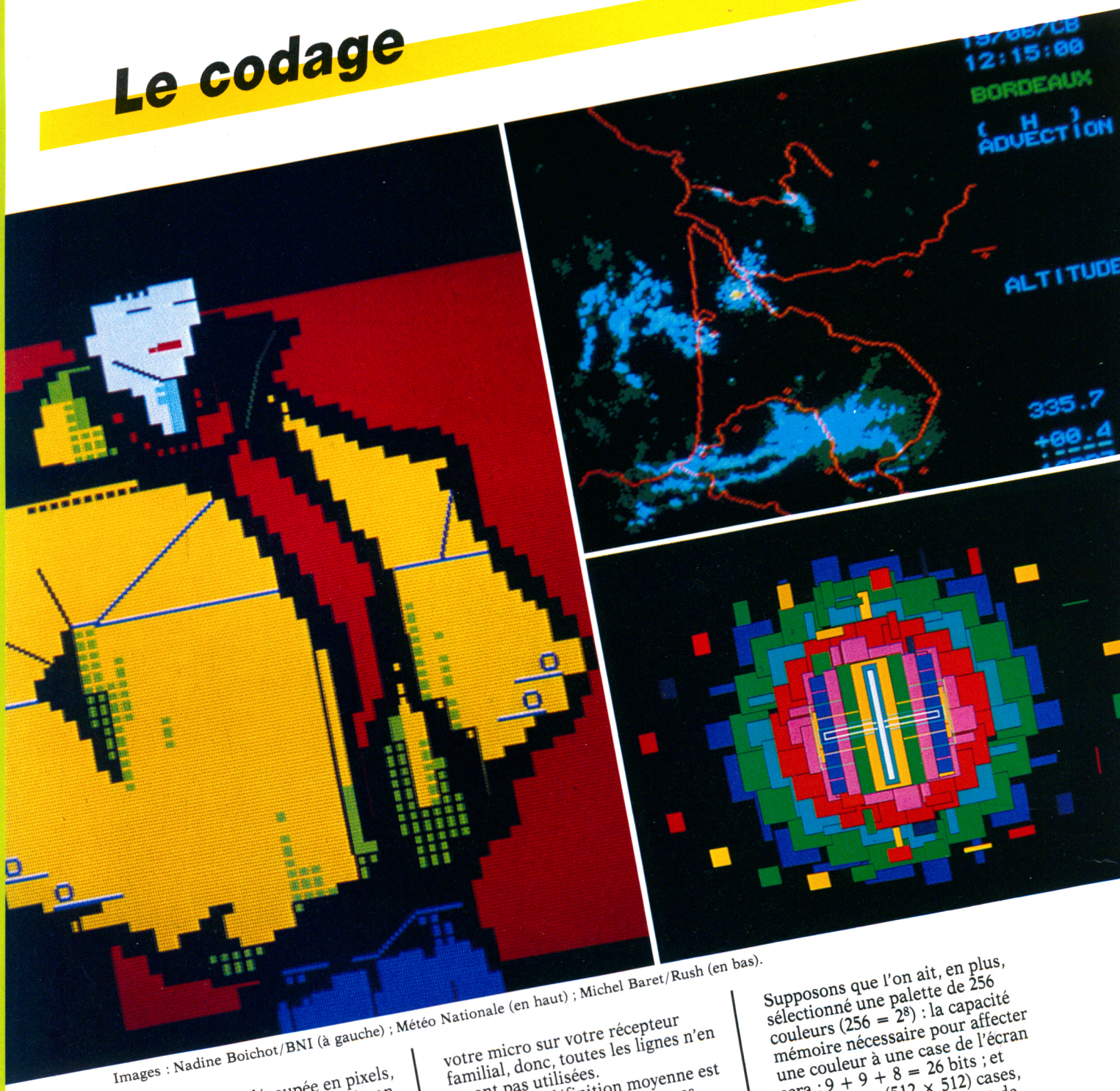
La tringle de droite vaut 0 (au départ), puis 1 (boule tirée vers soi), ensuite le 2 est remplacé par une boule tirée sur la deuxième tringle ; 2, en binaire, c'est 0010. De même, ce qui représenterait la valeur 2 de la deuxième tringle, c'est une boule tirée sur la troisième. Le chiffre obtenu sur la dixième figure est 1001, soit :

$1 \times 2^{0} = 1$
$0 \times 2^{1} = 0$
$0 \times 2^{2} = 0$
$1 \times 2^{3} = 8$
9
(en système décimal)

Occupation de la mémoire

Revenons à notre boulier imaginaire. Celui dont chaque tringle ne comporte qu'une boule. Chaque tringle offre deux états possibles : boule en position de départ / boule tirée. Eh bien, on peut comparer la mémoire d'un ordinateur à un énorme boulier. Sa capacité serait alors le nombre de tringles qu'elle possède, c'est-à-dire le nombre de bits qu'elle peut stocker. Un bit étant un chiffre binaire (qui présente donc deux états possibles 0/1).
Prenons, par exemple, le cas d'une variable pouvant prendre toutes les valeurs de 0 à 512 :
$512 = 2 \times 2 \times 2 \ldots$ (9 fois) $= 2^{9}$ et sera donc exprimé, en binaire, par un nombre à 9 chiffres. Eh bien, pour que l'ordinateur puisse prendre en compte cette variable, il faut qu'il mobilise dans sa mémoire une place équivalente à 9 bits (les différents états de la variable s'inscriront sur 9 des tringles du boulier). Voilà qui commence à nous faire prendre conscience de l'importance de la capacité d'une mémoire d'ordinateur !

Le codage



Images : Nadine Boichot/BNI (à gauche) ; Météo Nationale (en haut) ; Michel Baret/Rush (en bas).

Une fois l'image découpée en pixels, on affecte à chaque point de l'écran qui recevra l'un d'entre eux une case-mémoire de l'ordinateur. Voyons ce que cela suppose comme capacité de mémoire.

Un appareil de télévision transmet normalement une image en 625 lignes. Mais les moniteurs utilisés par les informaticiens en comportent moins (sinon la mémoire nécessaire serait considérable). Si vous branchez votre micro sur votre récepteur familial, donc, toutes les lignes n'en seront pas utilisées.

Un écran de définition moyenne est divisé en 512 lignes de 512 cases chacune et, donc, en (512 × 512) pixels. Et la position de chaque pixel est indiquée à l'ordinateur par deux chiffres (pouvant aller chacun de 0 à 511) : son numéro de colonne, puis son numéro de ligne ; ce qui mobilise dans la mémoire de ce dernier, puisque $512 = 2^9$, 9 bits pour indiquer la colonne et 9 bits pour indiquer la ligne, soit, pour combiner les deux : 9 + 9 = 18 bits.

Supposons que l'on ait, en plus, sélectionné une palette de 256 couleurs ($256 = 2^8$) : la capacité mémoire nécessaire pour affecter une couleur à une case de l'écran sera : 9 + 9 + 8 = 26 bits ; et comme il y a (512 × 512) cases, l'affectation à chaque point de l'écran de sa propre couleur ne mobilisera pas moins de :
512 × 512 × 26 = 6.815.844 bits, soit 832 K-octets (rappelez-vous : 1 K-octet = 2^{10} bits = 1 024 bits).
A titre indicatif, le MO5, qui est un ordinateur familial relativement puissant, ne dispose que de 48 K-octets. Et encore en garde-t-il 16 pour ses besoins personnels, ce qui ne laisse à l'opérateur que



Images de synthèse réalisées par la SOGITEC pour : TF1, le parc de La Villette et Omega.

32 K-octets. Alors, comment réussir à dessiner quand même ?

Eh bien, le problème a été résolu d'autant plus facilement qu'il s'est déjà posé dans d'autres domaines ; pour la transmission d'images par satellites, par exemple. Certaines images, d'une très grande précision, représentent 36 millions (6 000 × 6 000) de pixels ; chaque pixel étant, de plus, coloré de nuances très fines. Comme les pixels sont transmis séquentiellement et qu'il faut, pour que toute la palette des couleurs soit explorée ; comme, en plus, pour donner l'impression de mouvement à la télévision il faut enchaîner 25 images par seconde, on imagine aisément que le canal de transmission (un faisceau d'ondes hertziennes) ait déclaré forfait !

Pour faciliter les choses !

On a donc dû réduire cette information qui, d'ailleurs, était déjà partielle. Plusieurs techniques sont possibles pour opérer cette réduction :

- on peut ne conserver qu'une partie des informations. L'œil humain ne perçoit qu'une partie des couleurs de la palette. Au lieu des 256 couleurs, on peut n'en garder que 64, ou même 32, sans que la différence soit sensible. Si on réduit le nombre de couleurs de 256 (2^8) à 32 (2^5), on économise $(8 - 5) = 3$ bits pour chaque pixel. Ce qui n'est pas mal !
- on peut aussi limiter le nombre de pixels, et passer de 36 000 000 à 64 000 (320 × 200) : on obtiendra une image moins bien définie, moins précise, mais encore lisible (si on limite ce nombre dans des proportions raisonnables).
- on peut enfin chercher une façon plus rapide de transmettre les informations ainsi limitées, une façon simplifiée de les transcrire. C'est un problème de codage. Les Égyptiens avaient eu le même problème avec leurs hiéroglyphes compliqués, et on peut copier leur solution. Quand ils devaient graver trois fois de suite le même dessin de petit oiseau, ils ne le gravaient qu'une fois, et le faisaient suivre de trois bâtons. De même, si, pour une série de cases contiguës, on a plusieurs fois le même chiffre (ce qui arrive souvent, quand toute une surface est de la même couleur, par exemple), au lieu de faire noter par l'ordinateur :
10, 10, 13, 13, 13, 12, 20, 20,
on va lui apprendre à le coder comme ça :
(2,10), (4,13), (1,12), (2,20).
Au bout du compte, comme, souvent, les cellules voisines ont le même contenu (c'est d'autant plus

Les songes d'une nuit d'écran

Vous prenez un objet quelconque, un objet que vous aimez : la Vénus de Milo, votre petit(e) ami(e), un collier de perles ou le paysage d'une île déserte par exemple, et vous le traduisez en chiffres. Autrement dit, vous codez numériquement tous ses paramètres : ses dimensions, sa couleur, la matière dont il est constitué et la lumière ambiante qui se réfléchit sur sa surface. Vous obtenez alors un amas de données numériques que vous entrez dans la mémoire d'un ordinateur relié à un écran haute définition. Cet ensemble de chiffres constitue désormais un état permanent de votre objet. Une fois en possession de cette base de données, vous n'aurez plus à craindre de le perdre ou de le casser.

Avec ce petit tas de chiffres, vous pouvez faire des images. Ces images sont appelées « synthétiques » parce qu'elles correspondent à la synthèse des nombres enfermés dans la mémoire de l'ordinateur. Il n'existe pas une image synthétique correspondant à cette base numérique, mais une infinité de possibles, grâce aux programmes intégrés à la machine qui contrôlent, manipulent et jouent avec tous ces chiffres. Vous pouvez ainsi voir se déplacer votre objet dans l'espace, tourner autour de lui, pénétrer à l'intérieur, modifier sa surface, sa couleur et même sa forme à volonté. On parle d'*images synthétiques*, mais on pourrait tout aussi bien parler d'*anti-images*, car il ne s'agit là que de mirages électroniques. Tant qu'une image numérique n'a pas été transférée sur un support durable, magnétique ou photochimique, elle ne demeure qu'un code, un livre fermé, scellé par le programme informatique. Les images synthétiques constituent une forme de dialogue, puisqu'il devient littéralement possible de déchiffrer ou de leur répondre de leur propre vocabulaire numérique. C'est ce qui explique les multiples transformations qu'on peut leur apporter sans avoir à repasser par le code « visuel », en s'adressant uniquement à leurs propriétés numériques.

On peut transformer ou visualiser un objet sous forme de chiffres, mais on peut également le créer de toutes pièces, à partir de formules mathématiques complexes ou d'équations qui vont alors donner lieu à des représentations ou à des volumes tridimensionnels inimaginables dans la réalité. A partir d'un ensemble de données numériques, on peut reproduire des structures pseudo-« naturelles » qui n'ont jamais existé : montagnes, forêts, prairies, cheveux ou texture d'une peau humaine... Autrement dit, les chercheurs sont en train de travailler sur des formules capables de reconstituer des phénomènes qui imitent la nature et pourtant n'existent nulle part.

par Laure Delesalle, in *Guide des technologies de l'informatisation* (Autrement, 1984)

vrai que le nombre de pixels est élevé), cela va représenter une économie de transcription, donc de mémoire, considérable. Et dans ce cas, on ne touche pas à la qualité de l'image.

- dans la foulée, on peut aller encore plus loin. Quand deux cases qui se suivent cessent d'avoir des caractéristiques identiques (après un aplat rouge, on arrive sur un fond blanc), on va définir la première case de la nouvelle série par ses *différences* par rapport à celle qui la précède... et affecter, bien sûr, cette donnée du nombre de cases concernées, selon la méthode que nous venons de voir. Ce **codage différentiel** permet de ne retenir, dans les informations concernant chaque pixel, que ce qui est nouveau.

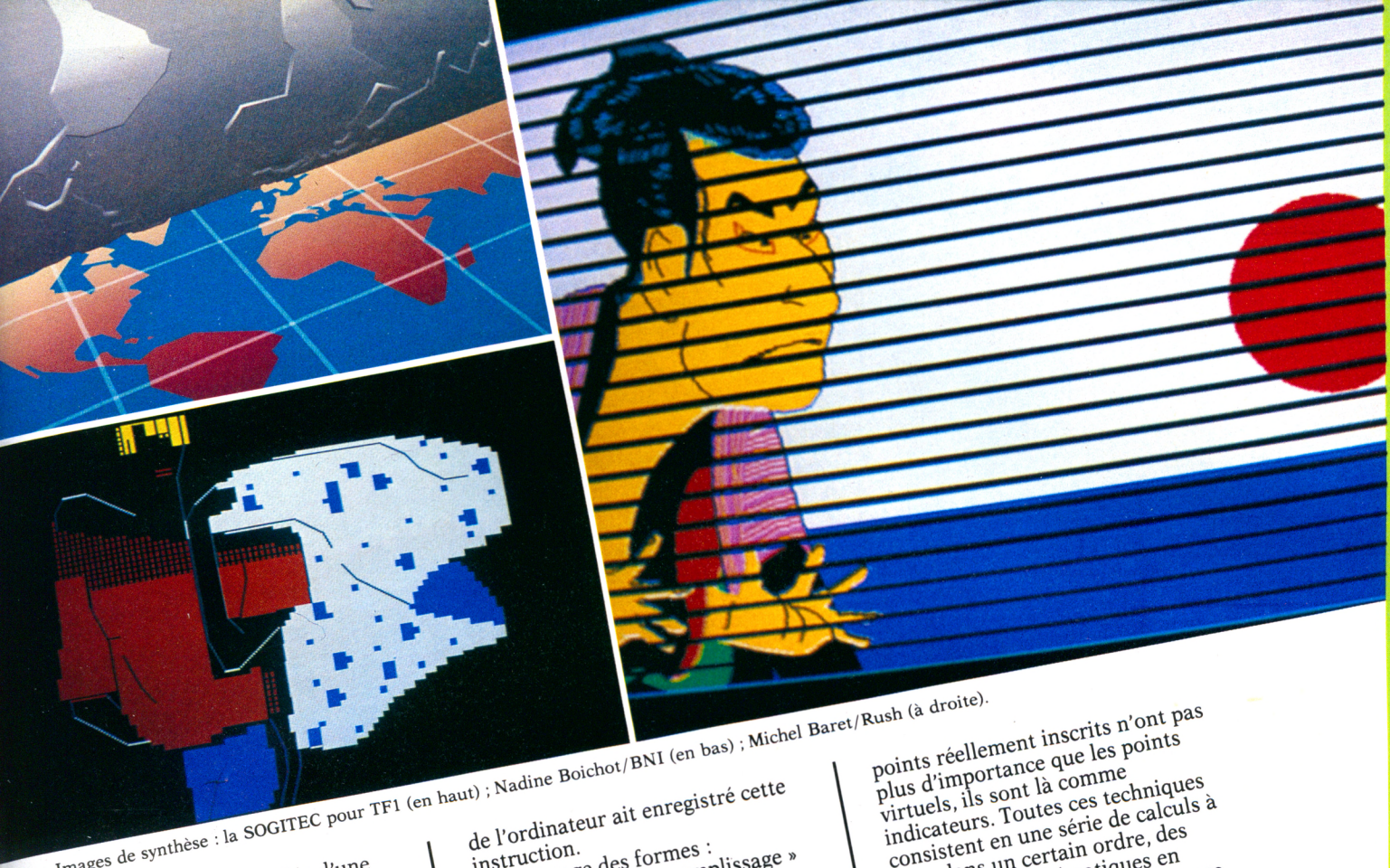
Notons au passage que quand une image occupe tout l'écran (cas des images de télévision), la position de chaque pixel n'a pas besoin d'être précisée si l'on a donné pour instruction de balayer tous les points de l'écran dans un ordre donné. Il se placera de lui-même en fonction de son rang dans la série. Notons également que si on n'utilise qu'une partie de l'écran, les pixels dont on ne se sert pas ne mobilisent pas la capacité-mémoire.

- d'autres techniques de codages consistent à décomposer l'image globale en une série de caractéristiques physiques fondamentales, et à ne garder que les plus importantes pour les restituer. Mais leur description entraînerait des développements techniques un peu longs.

La reconstitution des images...

Maintenant que nous savons comment l'ordinateur peut digérer des images complexes ; comment il les code et à quelles astuces on a eu recours pour qu'il puisse en retenir tout ce qui est utile, il nous reste à savoir comment il fait pour les représenter à l'écran. C'est d'autant plus important que, nous l'avons dit, il est capable de composer des images sans modèle de départ, rien qu'avec des chiffres. Il ne s'agit pas, alors, de reconstitution (VAO), mais de création (images de synthèse). En fait, c'est tout simple.

L'ordinateur utilise les caractéristiques d'une invention déjà « ancienne » : la télévision. Il a stocké les informations concernant chaque pixel sous forme d'électricité, et il lui reste à transformer cette électricité en lumière, soit les électrons en photons, et ça, c'est exactement ce que fait un poste de télévision. Pour chaque pixel, le *canon* situé à l'arrière du téléviseur ou du moniteur projettera vers l'écran des électrons, qui le frapperont en un point précis. L'écran est doublé d'une matière photo-électrique qui interprètera cet impact et le transformera en lumière (photons), et en un certain dosage des trois couleurs fondamentales pour rendre la couleur demandée. Cette image peut d'ailleurs être améliorée, et ceci est très important aussi. Pourquoi ? D'abord parce que, sans corrections, l'image obtenue serait une mauvaise copie



Images de synthèse : la SOGITEC pour TF1 (en haut) ; Nadine Boichot/BNI (en bas) ; Michel Baret/Rush (à droite).

de l'original, car dépouillée d'une partie de ses informations. Ensuite, parce que le grand problème de l'informatique, et surtout de la micro-informatique, est de gérer de la façon la plus judicieuse la mémoire disponible. Or, si on trouve des « trucs et ficelles » qui permettent de « toiletter » l'image au moment où elle apparaît sur l'écran, d'améliorer ses performances graphiques, sa précision, sa fidélité, à partir d'une quantité d'informations réduites, on pourra économiser d'autant plus de mémoire au stade du codage, de la mémorisation et du traitement éventuel.

... et leur amélioration

On a recours pour ça à plusieurs méthodes :

● Le doublement du nombre des pixels : après réception des informations, on place, entre deux pixels voisins effectivement codés, transmis et reçus, un troisième pixel dont la couleur sera intermédiaire entre celles des deux premiers. Cette méthode permet de doubler le nombre de pixels de l'image résultante et de réduire les contrastes trop durs. Cela suppose simplement que la mémoire morte de l'ordinateur ait enregistré cette instruction.

● Le lissage des formes : parallèlement à ce « remplissage » qui affecte les surfaces et les couleurs, on va chercher à redéfinir les formes et contours d'images. Ce problème a été posé à des mathématiciens éminents qui ont, bien sûr, trouvé la solution. En fait, ce n'est pas sans rappeler les devinettes graphiques qu'on trouve parfois dans les journaux pour enfants : des points sont dispersés dans un cadre ; en les joignant les uns aux autres par des traits, on obtient une image anguleuse qui ressemble à Zorro, par exemple. Mais si on voulait que ce soit vraiment lui, il faudrait remplacer les droites qui relient les points entre eux par des courbes, et enchaîner ces courbes harmonieusement.
Le problème qui se pose est de deviner la forme — même approximative — de ces courbes. En gros, il y a deux formules : ou le tracé passe par *tous* les points et, en fonction de leurs positions respectives, on trace la courbure la plus probable, ce qui fait que, sur l'ensemble, on est « au plus près » de l'original ; ou bien on se libère du passage par les points eux-mêmes et on dessine le contour qui passe le moins loin possible de chacun, en partant du principe qu'il existe des points virtuels entre les points réellement inscrits et que c'est la somme totale des distances entre les points et le tracé définitif qu'il faut rendre minimum — les points réellement inscrits n'ont pas plus d'importance que les points virtuels, ils sont là comme indicateurs. Toutes ces techniques consistent en une série de calculs à faire dans un certain ordre, des procédures mathématiques en somme. Elles sont mises en œuvre automatiquement par l'ordinateur.

● Certaines manipulations opérées par l'ordinateur lui permettent également de restituer des impressions d'ombre, de relief, de profondeur, de texture, etc... Si bien que, parfois, les images produites artificiellement (sur des machines assez puissantes quand même) ont un aspect vraiment surréaliste. Et ceci d'autant plus qu'elles peuvent être complètement imaginaires... Car, et c'est là le plus important, comme elles passent par des données chiffrées, toutes les opérations, tous les traitements peuvent leur être appliqués. En fonction de ses possibilités (dispositifs et langages), l'ordinateur est à même de faire subir à une image toute une gamme de métamorphoses, tant en ce qui concerne les formes ou les couleurs que pour ce qui est des déplacements, par exemple.

L'ordinateur ouvre donc, dans le domaine de l'image, des possibilités encore difficiles à imaginer !

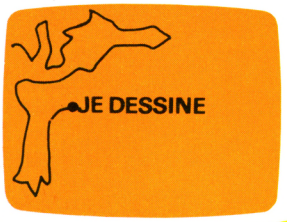
Mais, au niveau de notre micro-ordinateur, quelles images pouvons-nous espérer obtenir sur l'écran, ou sur le papier de l'imprimante ? Des images de pure création, bien sûr ; ici pas question de transmettre quoi que ce soit !

Page-écriture et page-dessin

La **page-écriture** du MO5 est, nous le savons, constituée de 25 lignes (numérotées de 0 à 24 en partant du haut) et de 40 colonnes (numérotées de 0 à 39 en partant de la gauche). Cela entraîne un partage de l'écran en 25 × 40 = 1 000 cases ; chacune de ces cases pouvant renfermer un caractère à la fois.
Pour se positionner en un endroit particulier de l'écran, on utilise, en mode écriture, l'instruction LOCATE suivie des coordonnées de la case : LOCATE X, Y ;
X étant nécessairement compris entre 0 et 39 (40 colonnes) et Y l'étant entre 0 et 24 (25 lignes).

La **page-dessin**, ou **écran graphique**, est constituée, elle, de 200 lignes (numérotées de 0 à 199 en partant du haut) et de 320 colonnes chacune (numérotées de 0 à 319 en partant de la gauche) ; soit d'un quadrillage de 200 × 320 = 64 000 cases dont chacune peut contenir un point.
L'instruction qui permet de faire apparaître un point à un endroit précis de l'écran est PSET (X, Y), où X est forcément compris entre 0 et 319, et Y entre 0 et 199. C'est le mode de placement le plus précis qu'on puisse obtenir.

Il y a donc 8 fois plus de lignes et 8 fois plus de colonnes dans la page-dessin que dans la page-écriture. Normal, puisqu'un caractère occupe une case de 8 × 8 points (8 points de largeur × 8 de hauteur).
C'est pourquoi si l'on quitte le mode dessin pour le mode écriture, et que l'on veuille commencer à écrire à partir du point où le dessin s'est arrêté, soit (X, Y), il faut, pour localiser la première lettre, diviser par 8 les chiffres représentant X et Y.
Car, selon que l'on tape PSET ou LOCATE, l'ordinateur fait lui-même la conversion. Si, par exemple, le dernier point de notre dessin est (80, 160) et que nous voulions écrire la phrase « JE DESSINE » juste à la suite du dessin, il faudra donner, à l'ordinateur, l'instruction suivante :
LOCATE 1Ø, 2Ø : PRINT "JE DESSINE"
Le résultat sera :



La palette de couleurs

Les micro-ordinateurs disposent, soit de 8, soit de 16 couleurs. Le MO5, le BIT 90, l'AQUARIUS 2, le COMMODORE 64, notamment en possèdent 16.
Il faut, de plus, que l'ordinateur puisse distinguer les couleurs de la *forme* et les couleurs du *fond*.
Expliquons-nous : si deux objets se chevauchent sur l'écran, ou si on veut que ce que l'on dessine se détache sur un fond de teinte différente, on a intérêt à disposer d'une commande qui précise à l'ordinateur laquelle des deux couleurs demandées doit l'emporter sur l'autre. C'est pourquoi, sur un certain nombre de machines, le code qui passe commande de chacune des 16 couleurs est différent selon qu'il s'agit de colorier le dessin ou le fond.

CODES COULEURS DU MO5

	Couleurs de Forme		Couleurs de Fond	
	foncées	claires	foncées	claires
NOIR	0	8	−1	− 9
ROUGE	1	9	−2	−10
VERT	2	10	−3	−11
JAUNE	3	11	−4	−12
BLEU	4	12	−5	−13
MAGENTA	5	13	−6	−14
CYAN	6	14	−7	−15
BLANC	7		−8	
ORANGE		15		−16

A la lecture, on constate :
– que 14 des 16 couleurs sont apparentées deux à deux, c'est-à-dire qu'il existe une version foncée et une version claire de la même couleur. Évidemment, « noir foncé », c'est noir tout simplement, mais noir « clair », c'est gris. De même pour le rouge et le rose, le bleu « soutenu » et le bleu « pâle », le vert foncé et le vert clair.
– qu'on a délibérément négligé de prévoir un « blanc clair », parce que l'ordinateur ne peut quand même pas surmonter certaines impossibilités...
– que l'on a utilisé le code laissé ainsi disponible pour prévoir un « orange » que l'on a choisi clair ;
– que le numérotage des 16 couleurs de forme s'arrête à 15 parce qu'il débute à 0 (alors, pas la peine de recompter les couleurs pour retrouver celle qui manque !)
– que chaque couleur de fond est liée, par son code, à son équivalent forme selon une formule fixe : couleur de fond + couleur de forme = −1. Cela facilite les choses pour l'ordinateur.

Les langages graphiques

Pour permettre d'effectuer sur ordinateur les traitements d'image les plus sophistiqués, des langages spéciaux ont été conçus. Leur intérêt est de « mâcher le travail » pour libérer l'utilisateur de toute la partie mathématique complexe du travail.

Nous citerons, pour exemple, le langage Mira. Il existe en deux versions : Mira/2D pour les représentations en deux dimensions et Mira/3D pour les représentations de volumes (en trois dimensions). Il suppose, comme tout langage, un minimum d'apprentissage, mais ce n'est pas la mer à boire. La difficulté a été en effet déplacée vers les inventeurs du langage, qui l'ont prise en charge complètement.

Pour se rendre compte de l'importance du travail de recherche que cela représente, et de l'arsenal mathématique qu'il a fallu mobiliser, on peut recommander aux curieux disposant d'un bon bagage scientifique la lecture d'un ouvrage spécialement consacré au Mira, *Informatique graphique*, par Nadia Magnenat-Thalmann et Daniel Thalmann (Gaëtan Morin). Les auteurs y exposent l'essentiel des opérations à effectuer sur les points de l'image pour obtenir les manipulations qui paraissent ensuite si « évidentes », comme dans le cas de certains génériques de télévision réalisés en animation informatique :

– les **homothéties**, qui permettent de représenter, à côté d'une figure, son reflet exact, mais en plus petit ou en plus grand ; les différentes parties de l'image subissant des transformations proportionnelles ;

– les **rotations** de l'image dans l'espace, qui supposent d'avoir fait entrer en mémoire tous les aspects, sous tous les angles, d'une figure dont on ne montre qu'un côté à la fois ;

– les **translations**, ou simples déplacements, sans déformation, d'une image ;

– les **symétries** ;

– les **projections**, ou report de « l'ombre » d'une image sur une surface qui lui est extérieure, en tenant compte des déformations entraînées par l'inclinaison de la figure originale ;

– les effets de **fenêtres** ouvertes dans l'écran pour y faire apparaître une partie précise d'une autre image ;

– les problèmes enfin d'**interpolation** et de **lissage**, par lesquels on tente de reconstituer la totalité d'une image dont on ne possède que quelques éléments.

Ces techniques élaborées, et que nous devons à l'ingéniosité des chercheurs, font de l'ordinateur d'aujourd'hui une véritable caméra braquée sur notre imaginaire et pouvant le filmer « en direct » sous tous les angles, et avec les mouvements en tous genres impliqués par une bonne prise de vue...

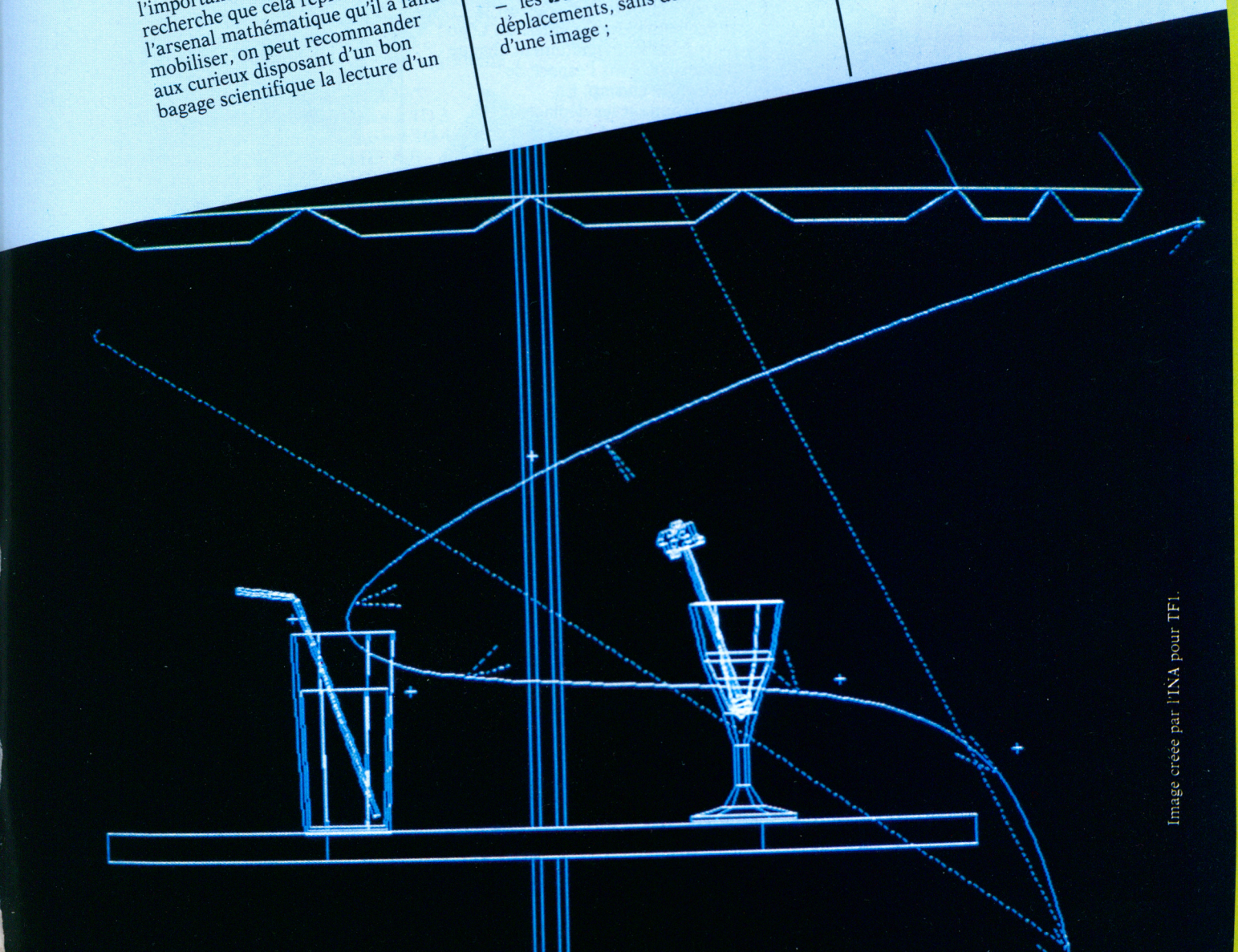


Image créée par l'INA pour TF1.

Le langage Logo

Le Logo est aussi un langage particulièrement bien adapté au dessin, dont nous avons déjà parlé. Il a été mis au point aux États-Unis par Seymour Papert, et il compte dans le monde entier des supporters fervents ; lesquels considèrent qu'il donne à la micro-informatique un de ses aspects humainement les plus satisfaisants.
Le Logo a été conçu pour permettre à des enfants de maîtriser très tôt les micro-ordinateurs. Il ne suppose la connaissance d'aucune notion mathématique, et pas même des quatre opérations. Il est le plus simple des langages et sa mise en œuvre est amusante comme un jeu.

Le principe en est, nous le savons, de promener sur l'écran, en lui donnant des instructions en langage clair (bien qu'abrégé), une tortue schématisée qui laisse derrière elle un trait. Et c'est là la particularité essentielle du Logo : il visualise immédiatement chaque instruction dans l'espace de l'écran : le **champ.** En programmant les déplacements successifs de la tortue, on lui fait donc réaliser n'importe quel dessin, qu'elle recommencera chaque fois qu'on lui commandera le même programme. Bien sûr, cela suppose que l'on se préfigure ce que donneront ses déplacements, en même temps qu'on analyse le dessin à réaliser pour voir si certains de ses éléments n'ont pas déjà été enregistrés pour les besoins d'un autre dessin (on change les dimensions, la valeur des angles, le rayon des courbes autant qu'on veut sans que cela altère le programme que l'on a fait).

La grande différence avec le Basic, au niveau des processus, est que le Logo fait dessiner la tortue. Le dessin est la trace de son parcours, c'est un tracé engendré par un mouvement. C'est en terme de mouvement que les instructions sont données : on demande à la tortue d'avancer pendant une distance fixée au départ, de tourner d'un certain angle, etc. Au lieu de préciser un point de départ et un point d'arrivée (on part pour chaque mouvement de l'endroit où elle se trouve à ce moment-là), on lui commande un déplacement d'une certaine longueur. Le Basic, lui, détermine l'état de l'ensemble de l'écran, l'aménage d'un coup après avoir transformé pour cela « l'espace logique », c'est-à-dire les opérations et notations mathématiques successives à l'intérieur de l'ordinateur. Il est moins concret, moins près de la réalité, et spatialement plus statique. Le Logo est dynamique, il programme des tâches à effectuer par la tortue et permet de les voir s'effectuer progressivement. Il travaille en **temps réel,** c'est-à-dire que chaque instruction mise en œuvre à l'intérieur de l'ordinateur est immédiatement exécutée dans le cadre d'un projet d'ensemble. Il oblige donc à prévoir l'ordre dans lequel interviendront les opérations, pour construire une figure par exemple. Il suppose une démarche d'analyse des éléments de la figure, puis de synthèse pour en faire des « paquets », des « modules » qui simplifieront l'établissement du programme. Ces modules ne comportent aucune précision chiffrée : on leur affecte à chaque fois leur valeur.

Certes, le Basic est indispensable et irremplaçable car, parmi les langages simples, c'est celui qui offre les plus larges possibilités dans les domaines les plus divers. C'est pourquoi il est devenu le langage mondial de la micro-informatique. Mais, pour les constructions graphiques, le Logo est spectaculairement plus simple d'emploi, et d'une compréhension immédiate. D'autre part, si l'une des principales utilités du micro-ordinateur est de former au raisonnement informatique, alors, l'apprentissage (facile et amusant, répétons-le) du Logo complète très opportunément celui du Basic et donne une initiation très solide.

Pour cela, il utilise les principes fondamentaux de toute programmation :
- La **modularité** : c'est-à-dire la constitution d'un programme par l'assemblage de sous-ensembles standards que l'on a préalablement définis.
- La **récursivité** : l'insertion à l'intérieur même du programme de ses propres commandes d'exécution.
- Le recours à des **procédures paramétrées**, c'est-à-dire des instructions dont le sens est fixé, mais dont la valeur est à définir par l'utilisateur.

Le Logo étant un langage non incorporé dans la mémoire morte du MO5 ; il a fait l'objet d'une cartouche séparée, comme n'importe quel logiciel préenregistré.

Un peu de Basic...

La palette

Nous connaissons déjà l'instruction COLOR. Le programme :

```
10 N$="ZOE"
20 COLOR 0,1
30 PRINT N$
```

par exemple, fait apparaître le mot ZOE en noir sur un petit rectangle rouge, l'écran restant bleu pâle. Notons que l'utilisation de la variable N$ nous permet de faire fonctionner ce programme avec n'importe quel mot.

On peut faire plus amusant : essayer d'imiter les enseignes lumineuses qui changent de couleur constamment. Pour cela, nous allons utiliser l'instruction FOR...NEXT qui, en Basic, nous le savons, veut dire que l'ordinateur doit explorer systématiquement tous les chiffres compris entre deux valeurs limites.
Ainsi, avec le programme :

```
10 N$="ZOE"
20 FOR A=0 TO 3
30 FOR B=0 TO 4
40 COLOR A,B
50 PRINT N$
60 NEXT B
70 NEXT A
```

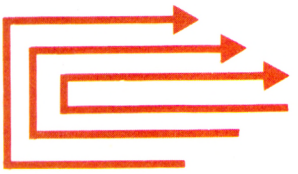
c'est un festival : le mot ZOE apparaît 20 fois de suite sur l'écran dans des couleurs différentes, ou sur des fonds de couleurs différentes. En effet, A (couleur de forme) prend successivement 4 valeurs (0, 1, 2, 3) et B (couleur de fond) 5 valeurs (0, 1, 2, 3, 4). Pour chacune des 4 couleurs de ZOE, les 5 fonds possibles seront présentés en alternance ; ce qui fait 4 × 5 = 20 images successives !

Boucles imbriquées

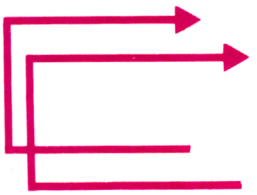
Nous sommes ici en présence d'un cas particulier : celui des **boucles imbriquées.** C'est une méthode, utilisée pour automatiser des traitements complexes, qui répond à un certain nombre d'impératifs. On parle de boucles imbriquées quand, dans un programme, on trouve une succession de FOR...NEXT. Or, ces FOR...NEXT, on ne peut pas les utiliser n'importe comment, sinon le programme ne fonctionnerait pas.
Si nous représentons, par exemple, un FOR...NEXT par la boucle suivante :



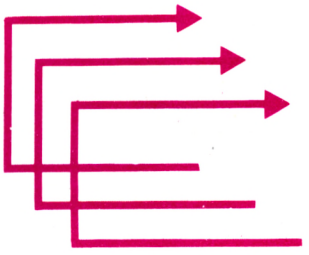
il faut absolument que l'imbrication des différentes boucles ressemble à cela :



jamais à cela :



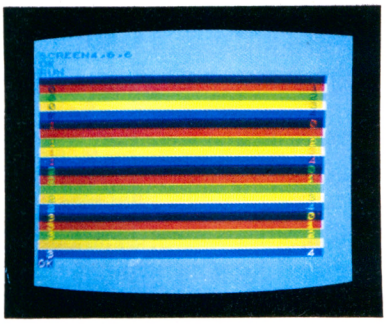
ou à cela :



Essayons, maintenant, pour nous amuser de remplacer l'instruction 50 par :

```
50 PRINT A ;" " ;B
```

" " ordonne à l'écran d'afficher un espace, alors que le point-virgule provoque les affichages juxtaposés de : la valeur de A, un espace et la valeur de B. Essayez !



Nous connaissons également l'instruction SCREEN, qui joue sur trois couleurs : celle des caractères, celle du fond et celle du pourtour de l'écran. Cette instruction peut, elle aussi, être incluse dans un programme contenant des boucles imbriquées. Par exemple :

```
10 N$ = "INTOX"
20 FOR A = 4 TO 5
30 FOR B = 6 TO 8
40 FOR C = 13 TO 15
50 CLS
60 SCREEN A, B, C
70 LOCATE 14, 12
80 PRINT N$
90 NEXT C
100 NEXT B
110 NEXT A
```

Il faut savoir que les instructions d'effacement de l'écran (CLS dans le corps d'un programme, ou RAZ pour exécution immédiate) ne concernent que ce qu'on a écrit ou dessiné, et non pas la couleur du fond. Alors, pour revenir à la couleur d'origine de l'écran, servez-vous de l'instruction :

SCREEN 4,6,6

SCREEN 4, 6, 6

C'est le SCREEN d'origine, celui qui figure dans la ROM du MO5.

Eh bien, dessinons maintenant !

L'instruction **PSET** (X, Y), fait donc apparaître un point au croisement de la colonne X et de la ligne Y. Tapons, par exemple :

PSET

PSET (80, 160)

Un point lumineux s'allume au croisement de la colonne 80 et de la ligne 160.

Tapons maintenant :

PSET (10, 20) "A"

Ce n'est plus un point, mais la lettre A qui apparaît au point (10, 20) : PSET (X, Y) suivi d'un caractère entre guillemets affiche ce caractère au point désigné. Mais dans ce cas, on retombe dans le contexte de la page-écriture, et X doit être compris entre 0 et 39 et Y entre 0 et 24.

Avec : PSET (80, 160) "A", 1

la lettre A devient rouge. PSET (X, Y) suivi d'une virgule et d'un chiffre affiche le point dans la couleur correspondant au chiffre.
Ainsi :

PSET (80, 160), 1

affiche, en (80, 160), un point rouge.

Une ligne droite

C'est en alignant des points selon une trajectoire précise que l'on fait apparaître des courbes, nous verrons plus loin comment. Mais, voyons d'abord comment tracer une droite. Est-il nécessaire de commander successivement chacun de ses points ? Non, bien sûr ; car il existe une instruction qui fait comprendre à l'ordinateur, si nous lui indiquons deux points, qu'il doit les joindre par une droite. Cette instruction, c'est **LINE** suivie des coordonnées des deux points ; ces deux groupes de coordonnées (écrits entre parenthèses) étant nécessairement liés entre eux par le signe **–**

LINE

Si nous écrivons, par exemple :

LINE (29,40) – (268,182)

nous verrons apparaître le segment de droite qui relie les deux points (29,40) et (268,182).

Pour l'instruction LINE, comme pour PSET, on peut ajouter le nom d'un caractère (qui remplacera chaque point de la ligne droite), et choisir une couleur. En tapant, par exemple :

LINE (0,0) – (39,24) "Z", 1

nous verrons bientôt apparaître une diagonale de petits Z rouges, partant du coin supérieur gauche de l'écran pour arriver en bas à droite ! Attention, ici encore, nous sommes dans le contexte de la page-écriture ($0 \leqslant X \leqslant 39$ et $0 \leqslant Y \leqslant 24$). L'effet n'est d'ailleurs pas toujours merveilleux ; c'est pourquoi il vaut mieux éviter de tracer des droites à l'aide de caractères, sauf pour obtenir des effets graphiques précis (une ligne plus épaisse, notamment).
Essayez encore :

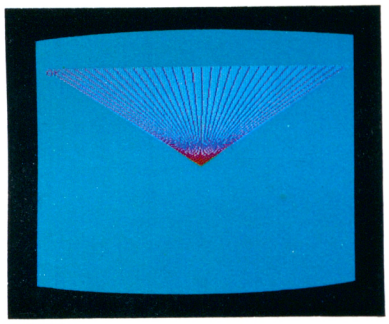
LINE (0,0) – (319,199), – 4

Une diagonale de petits rectangles jaunes barre l'écran. C'est que – 4 indique une couleur de fond.

Un éventail

En se servant de l'instruction FOR...NEXT, qui permet d'explorer toutes les valeurs comprises entre deux limites, on peut aussi faire « glisser » le point de départ de notre droite, et tracer, par exemple, un éventail rouge que l'on verra s'ouvrir dans la moitié supérieure de l'écran. Essayez ! Voici un exemple :

```
5 CLS
10 FOR X=0 TO 319 STEP 10
20 LINE (X,0)-(159,99),1
30 NEXT X
```



STEP

STEP est une instruction qui ordonne à l'ordinateur de prendre, non pas toutes les valeurs de X comprises entre 0 et 319, mais certaines d'entre elles seulement ; ici, on fait des sauts de 10 en 10, sinon l'écran aurait vu se développer progressivement, non pas un éventail, mais un triangle.

Un faisceau de diagonales

On peut aussi tracer un faisceau de diagonales traversant tout l'écran :

```
10 FOR X=0 TO 319 STEP 10
20 LINE (X,0)-(319-X,199), 1
30 NEXT X
```

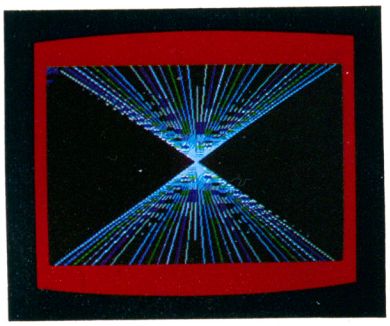
Les deux séries de points joints entre eux se situeront, d'une part sur la ligne 0 et d'autre part sur la ligne 199. La première diagonale sera (0,0)–(319,199) ; puis, au fur et à mesure que le point du haut glissera vers la droite, celui du bas glissera vers la gauche. Nous arriverons ainsi à la diagonale (319,0)–(0,199).

Ce faisceau de lignes, nous pourrions aussi le rendre plus gai en jouant sur les couleurs. Par exemple, en y déclinant les 16 couleurs de la palette. Nous pourrions même prévoir une couleur de fond et, pourquoi pas, un cadre. Fond et cadre seront indiqués par l'instruction SCREEN suivie d'une virgule (la couleur des droites n'est pas indiquée) :

```
5 CLS
10 SCREEN,0,1
20 FOR X=0 TO 319 STEP 10
30 C=X MOD 16
40 LINE (X,0)-(319-X,199),C
50 NEXT X
```

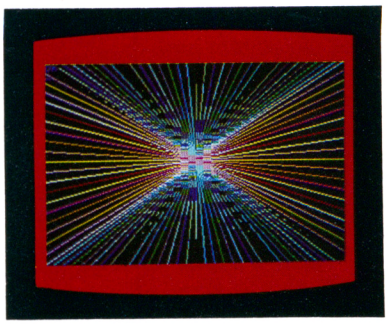
MOD

Notez la petite astuce de l'instruction 30 : il suffit d'envoyer l'instruction MOD pour que l'ordinateur comprenne que, pour ce qui est de la couleur, il devra, aux valeurs successives de X, faire correspondre des chiffres allant de 0 à 15. Chaque fois que 15 sera atteint, il repartira à zéro.



On peut remplir le reste de l'écran selon le même principe, en continuant à déployer les ailes du papillon, mais horizontalement cette fois-ci. Pour enchaîner, nous partirons du point où nous étions arrivés, soit : en bas à gauche de l'écran. Ce second faisceau de lignes va donc se dessiner dans le prolongement du premier et dans le même sens :

```
60 FOR Y=199 TO 0 STEP -10
70 D=Y MOD 16
80 LINE (0,Y)-(319,199-Y),D
90 NEXT Y
```



Puisque nous remontons notre point de départ et que les lignes sont numérotées en partant du haut, notre Y décroît de 199 à 0. C'est pourquoi le STEP, c'est-à-dire l'intervalle entre les points de départ (valeurs successives de Y), est négatif (–10).

Des figures simples

Et maintenant, comment dessiner une figure simple dont tous les côtés sont des droites ?
Pour deux droites, c'est très simple : on en trace une première, puis, à partir de son point d'arrivée, une seconde. On écrit, par exemple :

```
LINE (10,20)-(29,40) :
LINE (29,40)-(268,182)
```

Ligne qui peut être simplifiée en ne répétant pas, dans la deuxième instruction, le point commun à toutes les deux ; ce qui donne :

```
LINE (10,20) - (29,40) : LINE -
(268,182)
```

Quand l'ordinateur reçoit l'instruction LINE –, sans rien devant le –, il relie automatiquement le point qui suit au dernier point où il s'était arrêté. Si on écrit cette instruction sans qu'aucun autre point n'ait été dessiné auparavant, l'ordinateur partira du point (0,0), c'est-à-dire de l'angle supérieur gauche de l'écran.

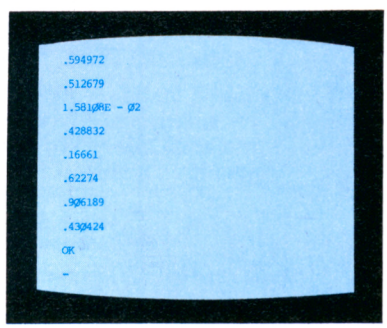
Hasard ?

Nous savons maintenant comment situer des points sur l'écran, et comment tirer des traits d'un point à un autre pour former des figures simples. Avant d'aller plus loin (vers des figures plus compliquées et des courbes), nous allons voir comment utiliser graphiquement une des possibilités de l'ordinateur : le tirage au sort. Comment tirer des nombres au hasard et même faire apparaître des points au hasard sur l'écran ? Cela peut être intéressant, notamment dans le cadre des jeux.

RND

Le MO5 est doté d'une fonction RND (en anglais, *Random* veut dire « aléatoire », ou « au hasard ») qui déclenche le tirage de nombres pris au hasard entre 0 et 1 (1 non compris) – par exemple 0,2 puis 0,9 ou 0,37, etc. – et uniformément répartis dans cet intervalle. C'est-à-dire que si l'on divise l'intervalle compris entre 0 et 1 en sections égales (par exemple de 0 à 0,2, puis de 0,2 à 0,4, puis de 0,4 à 0,6, etc.) et que l'on tire un très grand nombre de chiffres, on s'aperçoit qu'il y en a approximativement autant dans chacune des sections. On peut s'en assurer en exécutant le programme suivant :

```
10 FOR I = 1 TO 100
20 PRINT RND ;" " ;
30 NEXT I
```



RND est, en quelque sorte, une variable aléatoire dont le contenu est situé entre 0 et 1. Seulement voilà : si on répète ce programme un certain nombre de fois, on s'aperçoit que c'est toujours la même série de chiffres qui sort, les même 100 chiffres « pris au hasard » ! Drôle de hasard !

Un hasard hasardeux

Mais on peut en sortir, à condition d'y mettre la main. Pour cela, on tape le programme suivant :

```
10 PRINT "TAPEZ SUR UNE
   TOUCHE POUR COMMENCER"
20 U = RND
30 IF INKEY$ = " " THEN 20
40 'DEBUT
```

Programmée comme ça, la machine n'affiche rien tant qu'on n'a pas appuyé sur une touche du clavier. U est une variable muette qui tire une suite de nombres au hasard sans les afficher (tout se passe dans la mémoire). C'est au moment où on tape un caractère sur le clavier que la suite se « gèle » et que le nombre qui vient juste d'être tiré intervient.

INKEY$

INKEY$ désigne, en effet, la valeur du caractère tapé au clavier. Tant que INKEY$ = " " (c'est-à-dire un ensemble vide – on n'a rien tapé), le tirage continue sans être affiché. Par contre, dès que INKEY$ n'est plus vide (on a tapé sur une touche), on passe au programme débutant par 40.

Jusque-là, il s'agissait de nombres tirés au hasard dans l'intervalle 0 à 1... ce qui est un peu limité. Mais cet intervalle « de base » peut être converti en n'importe quel intervalle plus grand par une simple multiplication. C'est ainsi que dans le programme du faisceau de diagonale, pour faire intervenir les 16 couleurs de la palette dans n'importe quel ordre, nous aurions pu écrire :

INT

```
30 C = INT (16*RND)
```

(16*RND) indiquant que chaque nombre tiré au hasard (et, donc, inférieur à 1) devait être multiplié par le nombre de couleurs (16) ; l'instruction INT commandant à l'ordinateur de ne retenir que la partie entière des nombres sortis, la partie à gauche de la virgule, donc. Par exemple, si le tirage donnait : 0,200000. Multiplié par 16, cela devenait : 3,2, soit la valeur entière 3. Et c'était la couleur 3, le jaune, qui sortait sur l'écran. Et ainsi de suite, C étant forcément compris entre 0 et 15 puisque 16 × quelque chose d'inférieur à 1 donne, au maximum : 15,999... Elargissons encore l'intervalle. Si nous voulons des nombres au hasard compris entre 0 et 150, nous programmerons :

```
U = RND
X = INT (150*RND)
```

NB : • l'ordinateur ne marque pas le zéro avant la virgule ; .594972 est là pour 0,594972 ;
• E – Ø2 remplace 10^{-2} ; ce qui veut dire que 1.58108E – Ø2 = 1,58108/100 = 0,0158108.

En fait, cette instruction ne donnera que des chiffres inférieurs à 150.
C'est important. Car, pour tirer un point au hasard, il va falloir définir ses coordonnées : numéro de colonne, numéro de ligne. Il faudra se souvenir que, si l'on veut que la colonne numéro 319 puisse sortir, il faudra retenir le « facteur » 320 pour multiplier RND. Et le facteur 200 pour que la ligne 199 puisse avoir une chance. Quant aux colonnes et lignes numéro 0, elles sortiront chaque fois que le multiplicateur donné par RND sera inférieur à 0,006666.

Ainsi, nous savons comment tirer au hasard un point sur l'écran et le colorer également au hasard. Il suffit de programmer en notant de la façon suivante les coordonnées X et Y et le numéro de couleur C :

```
X = INT (320*RND)
Y = INT (200*RND)
C = INT (16*RND)
```

Ne tardons plus ! Forts de notre science, nous pouvons composer avec le hasard pour obtenir des œuvres d'art !
Pour commencer, tirons un feu d'artifice !...

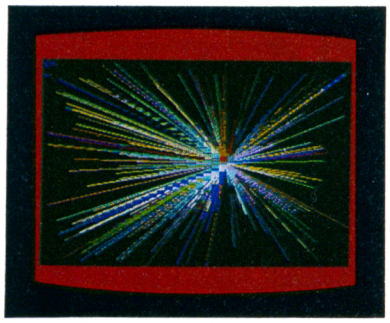
Feu !

Le principe consiste à choisir, ou plutôt à laisser le hasard choisir, un point quelconque de l'écran ; puis à « tirer » 200 traits vers 200 autres points également tirés au hasard, dans une couleur elle aussi tirée au hasard. Essayez :

```
5 CLS
10 'FEU D'ARTIFICE
20 PRINT "TAPEZ SUR UNE
   TOUCHE POUR COMMENCER"
30 U = RND : INKEY$
40 IF INKEY$ = " " THEN 30
50 CLS
60 SCREEN,0,1
70 A = INT (320*RND)
80 B = INT (200*RND)
90 FOR I = 1 TO 200
100 X = INT (320*RND)
110 Y = INT (200*RND)
120 C = INT (16*RND)
130 LINE(A,B) - (X,Y),C
140 NEXT I
```

On peut décider de fixer (A,B) au centre de l'écran ; il suffira de supprimer les instructions 70 et 80 et de prendre A = 160 et B = 100 dans l'instruction 130.

Nous pouvons également transformer ce feu d'artifice en une promenade aléatoire, afin d'obtenir une sorte d'itinéraire imprévisible évoquant le retour du pochard à l'aube ou, plus poétiquement,



l'errance d'un bateau ivre... Il suffit, après avoir tracé le premier trait au hasard, de prendre son point d'arrivée comme point de départ du trait suivant, et ainsi de suite, en tirant à chaque fois au hasard la destination et la couleur. Pour cela, on ajoute tout simplement les instructions suivantes à la suite du programme précédent :

```
133 A = X
136 B = Y
```

Ce qui a pour avantage de ne rien changer, puisque le point de départ de chaque ligne s'appelle toujours A,B. On a simplement, à partir de la deuxième étape, remplacé le tirage au sort de ces deux valeurs par leur égalisation à X,Y, c'est-à-dire au point où l'on est rendu ; ce qui explique la position donnée à l'instruction 90.

Des rectangles et des carrés

Pour dessiner les rectangles, le micro-ordinateur dispose d'une instruction spéciale (et c'est bien commode) : l'instruction **BOX** (en anglais, ça veut dire « boîte »). Pour l'utiliser, il suffit de définir les coordonnées de deux coins opposés du rectangle ; c'est-à-dire en haut à gauche et en bas à droite, ou en haut à droite et en bas à gauche. Tapons par exemple :

```
BOX (10,20) - (309,189)
```

Un rectangle apparaît sur l'écran. Plus les valeurs se rapprochent des extrêmes (0,0) ou (319,199), c'est-à-dire des angles de l'écran, plus le rectangle est grand.
Le carré n'est alors qu'un cas particulier du rectangle.
Si l'on veut remplir l'intérieur du rectangle avec une couleur, on dispose d'une instruction complémentaire **BOXF** (le F est l'abréviation de *full*, ou « plein »). Ainsi :

```
BOXF (10,20) - (309,189),1
```

donnera un rectangle dont l'intérieur sera rouge.

Comme pour les autres instructions graphiques, on peut réaliser BOX et

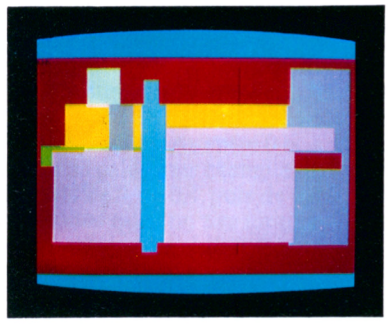
BOXF avec des caractères (lettres ou chiffres).
Par exemple,

```
BOXF (10,20) – (39,74)"Z"
```

affichera un rectangle rempli de lettres Z.
Attention, dès qu'il y a une lettre on se replace dans le contexte page-écriture !

Avec SCREEN en plus, on peut arriver à quelque chose d'assez spectaculaire : un tableau style Mondrian fait complètement au hasard... Et animé ! Essayons :

```
5 CLS
10 SCREEN ,0,1
20 FOR I = 1 TO 10
25 FOR J = 1 TO 10
30 SCREEN, (I), (J)
40 A (I) = INT (320*RND)
45 B (J) = INT (200*RND)
50 U (J) = INT (320*RND)
55 V (I) = INT (200*RND)
60 C = INT (16*RND)
70 BOXF (A(I),B(J)) – (U(J),V(I)),C
80 NEXT J
85 NEXT I
90 END
```



Avec BOXF et un peu d'astuce, vous arriverez même à faire fonctionner sur votre écran des vases communicants...

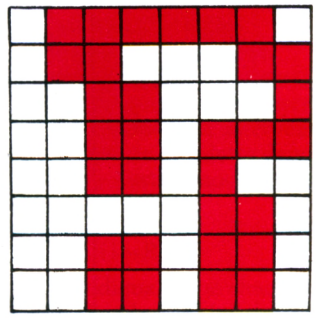
Les caractères graphiques

Grâce à sa mémoire, l'ordinateur connaît la forme de chaque signe graphique figurant sur le clavier : lettres, chiffres, ponctuation, etc.
Il suffit de frapper les touches correspondantes pour les faire apparaître sur l'écran.
Il est toutefois possible de modifier ces formes. Tout d'abord, rappelez-vous, l'instruction ATTRB permet d'en modifier la hauteur et la largeur. Essayons, par exemple, le programme suivant, qui va amener un homme à changer de caractères !

```
10 N$="UN HOMME"
20 CLS
30 FOR H=0 TO 1
40 FOR V=0 TO 1
50 ATTRB H,V
60 PRINT H;" ";V
70 PRINT N$
80 PRINT
90 NEXT V
100 NEXT H
110 ATTRB 0,0
```

La ligne 70 : PRINT tout seul indique à l'ordinateur qu'il doit sauter une ligne ; sinon il y aurait chevauchement des lignes agrandies en hauteur.
PRINT :PRINT , lui, aurait fait sauter 2 lignes
PRINT :PRINT :PRINT 3, etc.

On peut aussi créer et enregistrer en mémoire vive, un « alphabet » de nouveaux caractères ou de symboles graphiques auxquels on donnera la signification que l'on veut.
Pour cela, on se servira de carrés de huit lignes et huit colonnes. Ce qui donne un total de (8 × 8) = 64 cases. Le tracé d'un caractère consistera en un « chemin » de cases noircies (ou teintes de une ou plusieurs couleurs).



Comme, sur chaque ligne, le caractère occupe un certain nombre de cases séparées par des intervalles, on peut attribuer un octet à chaque colonne.
On obtiendra une suite de 8 octets (puisque 8 colonnes). Celui de droite a un poids de 1, celui immédiatement à sa gauche un poids de (1 × 2) = 2, puis de (2 × 2) = 4, (2 × 2) = 8, et ainsi de suite jusqu'à la colonne de gauche qui est affectée du chiffre 128, soit (2 élevé à la puissance 8 – 1), pour tenir compte du 1 de la colonne de droite. Ce qui fait 128 pour cette colonne de gauche.
Chaque case est affectée d'une valeur égale à 0 ou à 1, selon qu'elle est occupée ou non par le tracé de la figure.

Cela donne, par exemple, le tableau :

128	64	32	16	8	4	2	1
0	1	1	1	1	1	1	0
0	1	1	0	0	0	1	1
0	0	1	1	0	0	0	1
0	0	1	1	0	1	1	1
0	0	1	1	0	1	0	0
0	0	0	0	0	1	1	0
0	0	1	1	0	1	1	0
0	0	1	1	0	1	1	0

On multiplie le contenu de chaque case par l'indice figurant en haut de la colonne. Puis on additionne les valeurs obtenues, ligne par ligne. Ainsi, pour la première ligne, on a :

(0 × 128) + (1 × 64) + (1 × 32) + (1 × 16) + (1 × 8) + (1 × 4) + (1 × 2) + (0 × 1) = 126
(0 + 64 + 32 + 16 + 8 + 4 + 2 + 0 = 126)

Pour les autres lignes, on obtient successivement (de haut en bas) :
99, 49, 55, 52, 6, 54, 54.
Ce qui veut dire que la figure représentée ci-dessus est codée par la suite de nombres :
126, 99, 49, 55, 52, 6, 54, 54.

Comme le système de numérotation des colonnes que nous avons employé est celui-là même dont se sert l'ordinateur pour transformer une suite de bits en octets, il les déchiffrera sans problème. Il suffira donc d'écrire cette suite en base 2 pour reconstituer les octets puis, à l'aide de quelques instructions, la figure constituant le caractère. C'est comme ça que l'ordinateur stocke les caractères de l'alphabet et les chiffres. Le petit programme pour enregistrer notre nouveau caractère tient en deux instructions :

CLEAR

DEFGR$

```
10 CLEAR,,1
20 DEFGR$(0) =
   126,99,49,55,52,6,54,54
```

La première de ces instructions CLEAR permet de réserver de la place en mémoire pour une figure (1 serait remplacé par N s'il fallait en réserver pour N figures).
La seconde, DEFGR$, décrit la figure numéro 0 au moyen du code que nous avons établi. Pour N figures, on devrait utiliser N instructions de définition :

DEFGR$(0) =
DEFGR$(1) =
DEFGR$(N – 1) =

Une fois définie, une figure de ce genre peut être utilisée comme n'importe quel caractère du clavier. Si ce n'est qu'il faut la désigner par son nom, dans l'instruction concernée. Soit : GR$(N)
où N est remplacé par le numéro d'ordre qu'on a donné au caractère ainsi créé. Dans le corps d'un programme, on peut utiliser plusieurs caractères de création comme ceci :

GR$

```
XS = GR$(0)
YS = GR$(0) + GR$(0) + GR$(1)
```

Cela fera apparaître la figure numéro 0 d'abord toute seule, puis doublée et flanquée de la figure numéro 1. « Figure » est peut-être un bien grand mot pour ces petits dessins de la taille d'une lettre dont on se sert dans les programmes d'animation.

On peut évidemment les faire apparaître en couleurs (forme et fond), et leur appliquer le changement d'échelle prévu par l'instruction ATTRB. Le MO5 a une touche Basic GR$ (la touche Basic 1, en haut à gauche du clavier).

Mais peut-être vous demanderez-vous combien de caractères originaux on peut créer ainsi ? Ne risque-t-on pas d'être limité ? D'autant que les quelque 65 caractères déjà existants ont déjà utilisé pas mal de combinaisons... Rassurez-vous ! Là encore, seule la capacité de la mémoire de votre ordinateur vous limitera... Au-delà de 16 milliards de milliards de combinaisons, plus rien n'est possible !

Artistes, à vos pinceaux !

En guise d'apothéose, voici le moyen de « peindre » sur votre écran, de le transformer en une œuvre de votre cru. Pour cela, servez-vous du **crayon optique**... et d'un petit programme. Mais attention, la première chose à faire est de régler votre crayon, afin d'éviter toute erreur de position. Cela se fait en deux étapes :
– tapez l'instruction TUNE : l'écran devient noir et une barre verticale s'inscrit en son milieu ;
– appuyez le crayon sur la barre de l'écran : celui-ci s'éclaire à nouveau – le crayon est réglé.
Veillez également à ce que votre écran soit très lumineux, sinon le crayon ne fonctionnerait pas.
Le programme peut être, par

TUNE

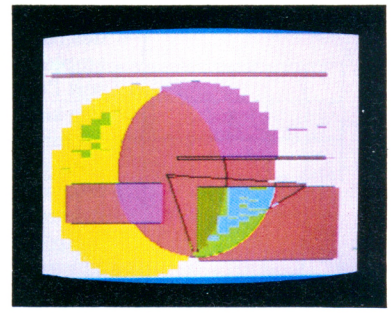
exemple, le suivant :

```
10 CLS
20 A$="CHOISISSEZ VOTRE
   COULEUR"
30 B$="          (24 espaces)          "
40 LOCATE 1,1 :PRINT A$ :INPUT C
50 LOCATE 1,1 :PRINT B$
60 INPUT PEN X,Y :IF (X<0 OR
   Y<0) THEN 60
70 BOXF (X,Y)-(X+10,Y+8),C
80 D$=INKEY$ : IF D$=" "THEN
   60
90 GOTO 40
```

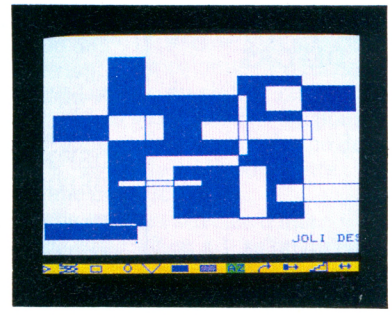
Voyons ce que ça donne :
– tapez RUN ;
– quand le point d'interrogation apparaît, tapez un nombre entier, de 0 à 15, suivi de ENTREE. Votre crayon se trouve alors « chargé » avec la couleur portant ce numéro ;
– pour dessiner avec le crayon, appuyez-le sur votre écran, bien perpendiculairement, et déplacez-le comme un pinceau. Sa pointe, en se déplaçant, parsème l'écran de carrés colorés de 10 colonnes de large et de 8 lignes de haut ;
– quand vous voulez prendre une nouvelle couleur sur votre palette, appuyez simplement sur n'importe quelle touche du clavier ; puis tapez le chiffre correspondant à la couleur que vous voulez et la touche ENTREE ;
– pour arrêter, appuyez simultanément sur les touches CNT et C.
Que s'est-il passé ?
– 40 a fait apparaître le texte "CHOISISSEZ VOTRE COULEUR", en haut à gauche de l'écran puis un point d'interrogation ;
– 50 : le texte s'efface puisque, au même endroit (LOCATE 1,1) que la phrase précédente, on commande à l'ordinateur d'écrire... un blanc (" ") aussi long que la phrase. Pourquoi cette procédure compliquée ? Pourquoi ne pas l'avoir évitée et remplacée par un CLS ? Parce qu'on veut pouvoir changer de couleur sans que ça efface le tableau à chaque fois... Faute de quoi on ne pourrait dessiner que des images monochromes ;
– en 60, on commande à l'ordinateur de repérer les coordonnées (X,Y) de l'endroit où le crayon s'est appuyé sur l'écran : INPUT PEN. Tant que le crayon n'est pas sur l'écran, ses coordonnées sont inférieures à 0 (on aurait pu dire aussi « supérieures à 320 pour X, et 200 pour Y », mais c'est plus long... et moins élégant !) et l'ordinateur reste en attente sur cette même instruction 60 ;
– en 70, on lui commande le dessin d'une « boîte pleine » (une case colorée à l'intérieur) partant du point (X, Y) et rejoignant le point (X+10,Y+8), dans la couleur C. Quand on déplace le crayon sur l'écran, des « boîtes pleines » successives s'enchaînent, dont l'angle supérieur gauche est toujours le point où se trouve la pointe du crayon. Si l'on décolle le crayon de l'écran pour l'appuyer à un autre endroit, le même processus a lieu, le programme oscillant constamment entre les instructions 60, 70 et 80 (c'est-à-dire : repérer le contact du crayon, en faire partir une touche de couleur de 10 × 8, et recommencer), tant qu'on n'a pas appuyé sur une touche du clavier (tant que le test lié à INKEY$ donne pour résultat " ", c'est-à-dire rien) ;
– si on tape une touche du clavier, le test donne un résultat évidemment différent, on ne revient plus à 60 et on saute à l'instruction suivante : GOTO 40 ; le processus reprend, avec une nouvelle couleur.

INPUT PEN

Vous avez bien tout compris ? Alors à vous d'inventer vos programmes personnels maintenant !
A moins que vous ne préfériez utiliser un logiciel tout fait du style PICTOR, par exemple. Voici un exemple de ce qu'on peut faire avec :







Un peu de Logo...

Les mouvements qu'on peut faire faire à la tortue sont commandés, nous le savons déjà, par des instructions du type :
AV 20 : la tortue avance de 20 longueurs ;
TD 30 : elle prend un virage de 30° vers la droite ;
RE 50 : elle recule de 50 longueurs sans tourner.
Déjà, avec ces instructions extrêmement simples, on a pu dessiner un carré de 50 de côté, par exemple :

REPETE 4 (AV 50 TD 90)

Paramètres

On peut **paramétrer** cette procédure pour y recourir ensuite plus simplement encore. On établit la formule générale du carré, sans lui donner de longueur de côté :

POUR CARRE :COTE
REPETE 4 (AV :COTE TD 90)
FIN

Les : qui précèdent COTE (pas de blanc entre : et COTE) font de ce terme une variable à laquelle on peut affecter différentes valeurs. Dès lors, pour construire un carré de côté C, il suffit de commander : CARRE C ; C étant la longueur de côté que l'on désire donner au carré. De même, pour un triangle équilatéral de côté D, on peut concevoir la procédure :

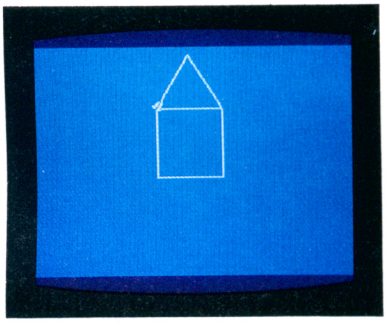
TRIANGLE

POUR TRIANGLE :D
REPETE 3 (AV :D DR 120)
FIN

Enfin, en posant un triangle équilatéral sur un carré, on obtient la silhouette d'une cabane. Facile :

CABANE

POUR CABANE :E
CARRE :E
AV :C
TD 30
TRIANGLE :E
FIN

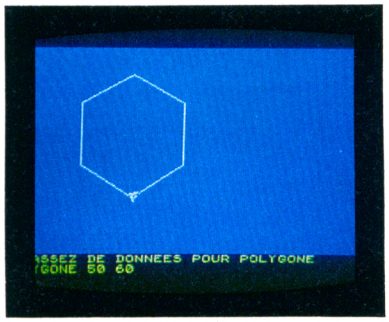


Quand ce programme est enregistré, il suffit d'appeler : CABANE 60, par exemple, pour provoquer la construction d'un carré de 60 de côté, après quoi la tortue revient au centre et reprend son cap, son orientation initiale, puisqu'elle se retrouve à son point de départ, elle avance de 60 vers le haut, tourne de 30° vers la droite et trace le triangle de côté 60. Cet exemple ultra-simple est celui que l'on cite le plus souvent pour illustrer l'extrême accessibilité du langage Logo, même aux très jeunes enfants sachant tout juste lire et écrire.
L'aspect modulaire est évident dans cet exemple : pour construire une cabane, on apprend d'abord à la tortue à dessiner un carré et un triangle.
Les trois procédures impliquées, la procédure CABANE, et les procédures CARRE et TRIANGLE qui la constituent, sont paramétrées. Il faut ensuite choisir la longueur du côté.

POLYGONE

Voici un autre petit programme qui illustre bien, lui, la récursivité :

POUR POLYGONE :COTE :ANGLE
AV :COTE
TG :ANGLE
POLYGONE :COTE :ANGLE
FIN



Cette procédure est récursive dans la mesure où, pour s'exécuter, elle fait appel à elle-même. Elle construit des polygones réguliers, convexes ou étoilés dont les côtés et les angles sont paramétrés.

CERCLE

Enfin, pour illustrer la merveilleuse simplicité du langage Logo, rien ne vaut de dessiner un cercle. En Basic, il faut un programme de 13 lignes !

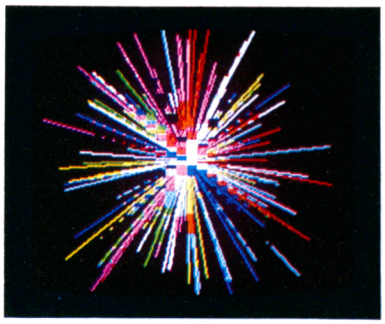
REPETE 360 (AV 1 TD 1)

FEU D'ARTIFICE

Quant au feu d'artifice, deux méthodes pour le faire exploser ! La première fait appel à deux procédures.
1re procédure :
POUR TRAIT
LC
ORIGINE
TD HASARD 360
BC
FCC HASARD 16
AV HASARD 120
FIN

2e procédure :

```
POUR FEU
FEN
FCFG Ø
CT
REPETE 2ØØ [TRAIT]
FIN
```



Expliquons-nous :
LC veut dire « lève le crayon » : la tortue ne tracera rien tant qu'on ne lui en aura pas donné l'ordre.
ORIGINE ramène la tortue au centre de l'écran, cap à 0.
HASARD n rend (c'est-à-dire, tire au hasard) un nombre entier positif compris entre 0 et (n-1). HASARD 6, par exemple, rend un nombre compris entre 0 et 5. La longueur des traits (de même que leur angle et leur couleur) sera donc aléatoire.
BC, c'est « baisse le crayon » de la tortue – ce qui veut dire qu'elle va désormais laisser la trace de son déplacement, alors qu'elle ne le faisait pas jusqu'à maintenant : le nombre tiré au hasard n'a pas été inscrit.
FCC fixe la couleur du crayon de la tortue : n.
FEN : le « champ » de la tortue devient quasi infini et l'écran est une fenêtre ouverte en son centre – les traits peuvent dépasser le cadre de l'écran.
CT cache la tortue sans changer son état (position, crayon).
Les [ ] indiquent que c'est la procédure TRAIT qui doit être répétée 200 fois.

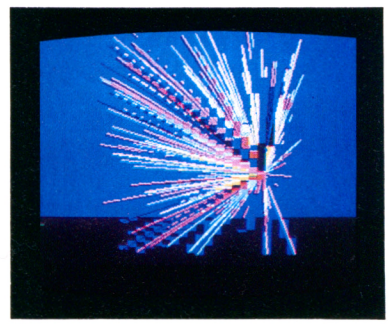
La deuxième méthode utilise quatre procédures :

```
POUR DESSIN
DONNE «DÉPART
  COORDONNÉES
REPETE 2ØØ [TRAIT
  COORDONNÉES]
FIN

POUR COORDONNÉES
RENDS PH TIRE TIRE
FIN

POUR TIRE
RENDS DIFF HASARD 199 99
FIN

POUR TRAIT
  :COORDONNÉES
LC
FPOS :DÉPART
FCC HASARD 16
BC
FPOS :COORDONNÉS
FIN
```



« précède un mot ;
DONNE suivi d'un mot et d'un objet donne le nom du mot à l'objet.
DONNE « DÉPART COORDONNÉES veut dire que quand on écrira, dans le programme, DÉPART, cela voudra dire COORDONNÉES.
RENDS, suivi d'un objet, termine une procédure en donnant l'objet comme résultat. Cette instruction ne s'utilise qu'à l'intérieur d'une procédure de type opération.
DIFF, suivi de deux nombres, rend la différence entre le premier et le deuxième.
FPOS fixe la position de la tortue sur l'écran. Si l'instruction est suivie de deux nombres, ceux-ci correspondent aux deux coordonnées (horizontale et verticale) où ira se situer la tortue (crayon baissé ou crayon levé, selon ce qu'on lui aura ordonné) ; si elle est suivie d'un nom de procédure, c'est cette dernière qui déterminera l'emplacement de la tortue.
Donc pour tracer un trait, la tortue se place tout d'abord (FPOS), crayon levé (LC), à son point de départ (:DÉPART), lequel est déterminé par des coordonnées tirées au hasard (procédure COORDONNÉES + procédure TIRE), elle choisit une couleur au hasard (FCC HASARD 16) et commence à dessiner (BC) jusqu'à un autre point tiré au hasard (FPOS COORDONNÉES). Le hasard a déterminé une fois pour toutes les coordonnées de départ, donc tous les traits auront la même origine. Le dessin final se compose de 200 traits.

ORIGINE

HASARD

[ ]

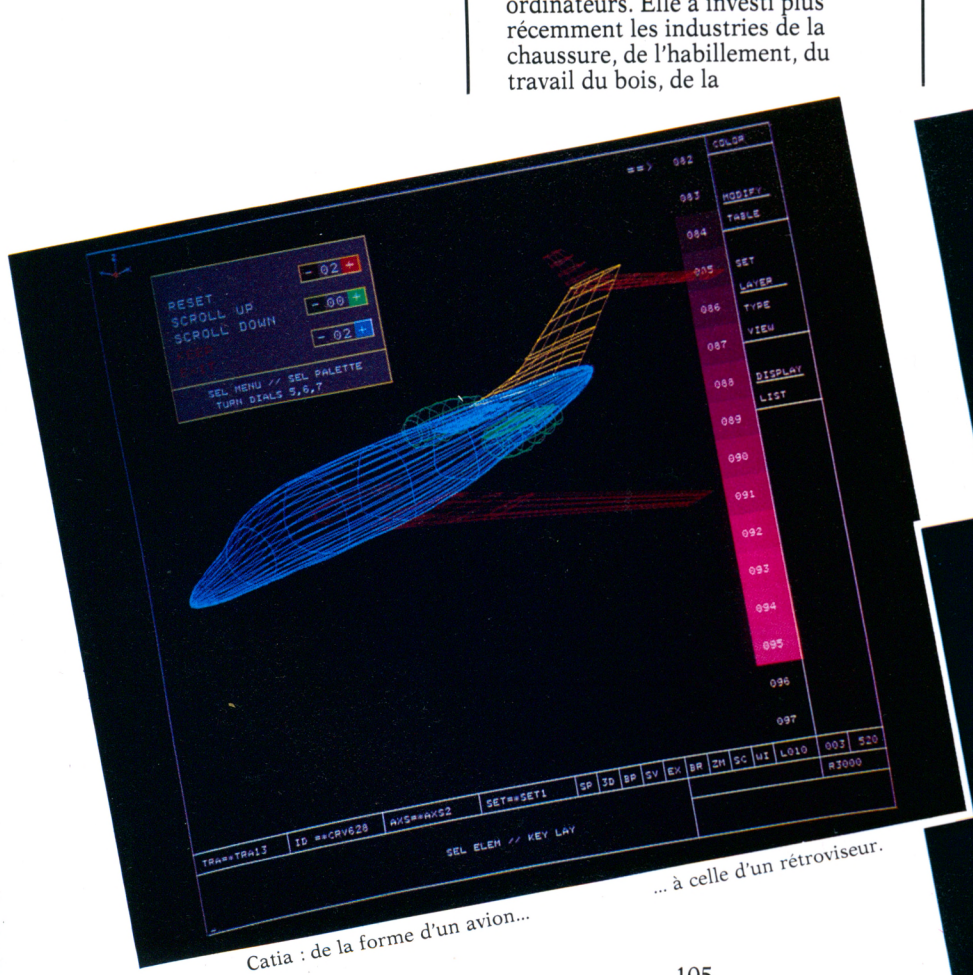
" "

FPOS

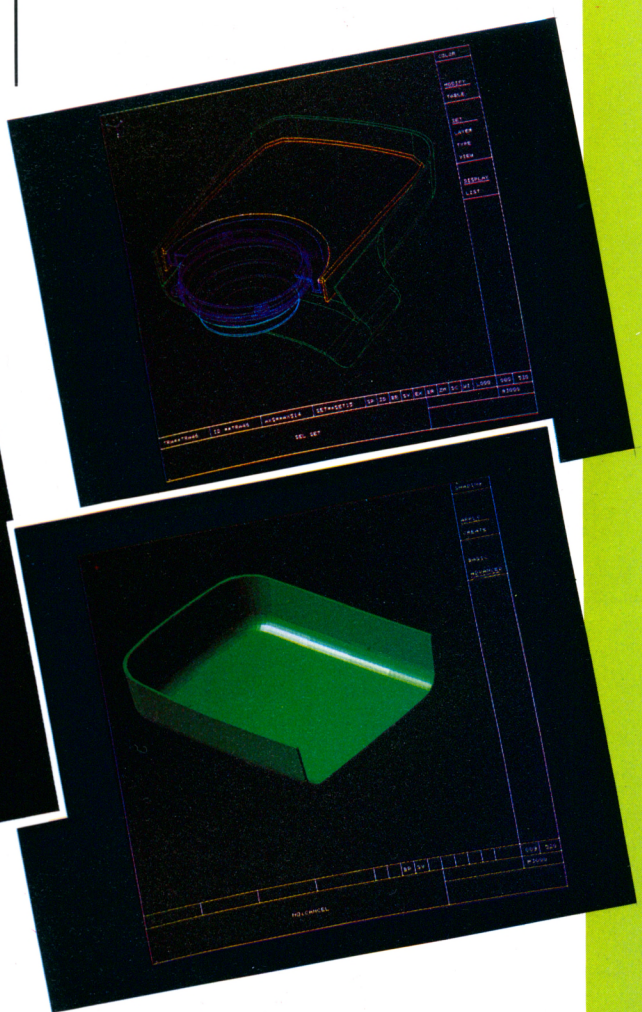
Quelles images ?

Catia sait construire un avion...

La CAO (conception assistée par ordinateur) assiste le travail des ingénieurs, des techniciens, des dessinateurs. Elle accompagne l'ensemble du processus de conception (CAO) et de fabrication (FAO) d'un produit industriel. D'où le terme plus complet de CFAO (conception et fabrication assistées par ordinateur).
La CFAO donne l'impression – fausse – d'une innovation technique récente. Simplement, l'accélération des moyens informatiques qu'elle utilise, lui a permis de pénétrer de nombreux secteurs industriels. Les grands programmes militaires américains l'ont fait naître. Elle s'est attaquée depuis à l'ensemble des tâches industrielles en mécanique, électromécanique, électronique, tôlerie et chaudronnerie dans les secteurs de l'aéronautique civile, de l'automobile, de la fabrication des ordinateurs. Elle a investi plus récemment les industries de la chaussure, de l'habillement, du travail du bois, de la transformation du plastique et du papier. Elle peut concevoir un produit industriel (une automobile, une chaussure) mais aussi une structure infiniment plus complexe (une centrale nucléaire).
Et les nombreuses recherches qu'ont entrepris, dans ce domaine, les grands constructeurs d'avions et d'automobiles ou les laboratoires de recherche, ont abouti, à l'heure actuelle, à la création de logiciels spécialisés. Ainsi CADAM est-il l'œuvre de Lockheed, CATIA celle de Dassault-Systèmes et EUCLID celle de Matra-Datavision. Renault, la SNIAS et Computervision sont aussi auteurs de logiciels.
L'aspect le plus spectaculaire de la CFAO est bien sûr la représentation des objets sur un écran. La CFAO s'est appliquée à la modélisation des objets c'est-à-dire qu'elle les



Catia : de la forme d'un avion...



... à celle d'un rétroviseur.

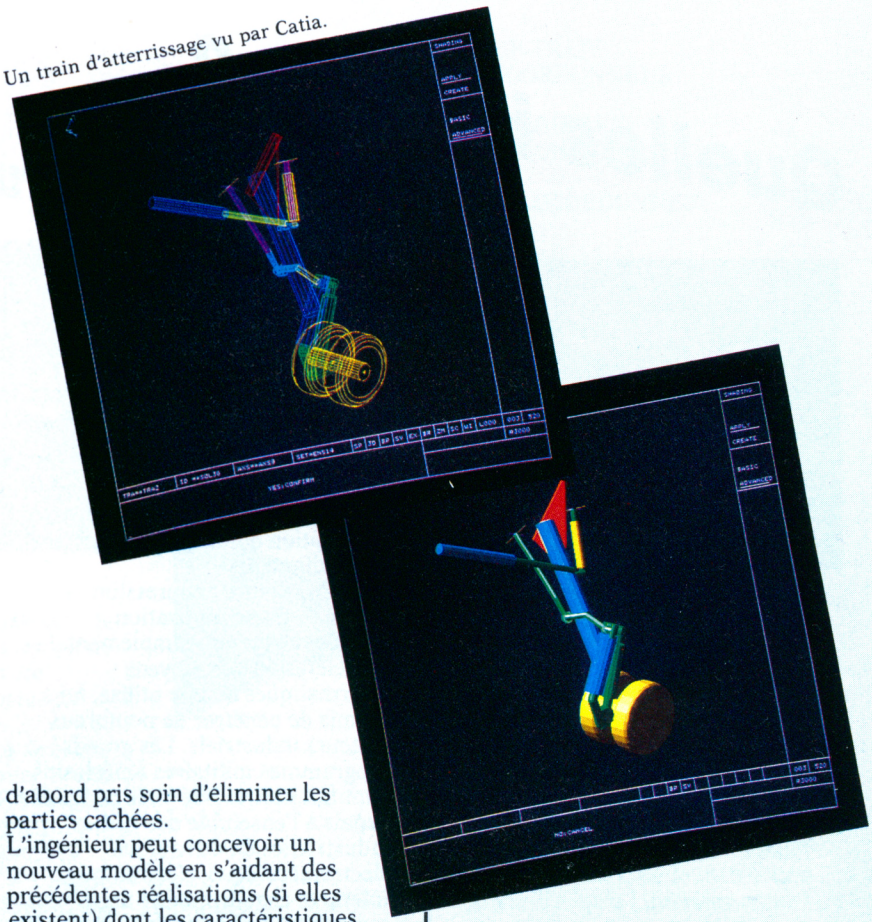
figure du point de vue de leurs propriétés géométriques, soit en deux dimensions (appelées 2D), soit en trois dimensions (appelées 3D) pour les formes plus compliquées. Voyons de quels outils l'ingénieur dispose, s'il utilise Catia, pour concevoir un avion ou une automobile.

Son poste de travail se compose d'un écran graphique couleur à haute définition (pour y dessiner l'objet) et d'une souris. Promenée sur une tablette, la souris déplace sur l'écran une croix lumineuse qui permet d'aller sélectionner, soit un point de l'écran, soit l'une des propositions d'action (effacer, diviser l'espace, etc.) apparaissant, à l'écran, sur un guide. Un second écran, alphanumérique, affiche les calculs qui accompagnent l'élaboration du produit. Des potentiomètres (de gros boutons) permettent d'avoir une action directe sur l'écran graphique sans avoir à passer par le clavier ou la souris. Ils agissent rapidement sur les couleurs, qui passent ainsi de la tonalité la plus claire à la plus foncée. Translations de l'objet, effets de zoom (agrandissements, réductions) sont également obtenus par réglage de ces potentiomètres. Enfin, un clavier de fonctions dispose de touches qui ont chacune une spécificité. Ces fonctions représentent les différents savoir-faire de l'ordinateur, ce qui sous-entend que de nombreux calculs scientifiques ont été introduits au préalable dans l'ordinateur sous forme de fonctions mathématiques ou de lois physiques. CATIA offre, par exemple, quarante fonctions différentes.

L'ensemble de ces matériels sert de support à des échanges dits interactifs (un dialogue) entre l'ordinateur et l'ingénieur.

La phase de définition et de mise au point de l'objet fait appel aux différentes fonctions qui permettent de manipuler le point, la ligne, la courbe, la surface plane pour les représentations en 2D (deux dimensions), les silhouettes **fil de fer** (faites de lignes seulement), les surfaces non planes et les volumes pour les modèles en 3D (3 dimensions). Pour réaliser le bâti d'un élément d'une voiture ou d'un avion (un rétroviseur, un pare-choc ou une aile), l'ingénieur commence par se servir des fonctions : point, ligne, courbe et surface. En associant ces figures géométriques élémentaires, il définit par étapes successives les contours de l'objet. Au final, une fonction d'ombrage donne du modelé aux volumes dont il a

Un train d'atterrissage vu par Catia.



d'abord pris soin d'éliminer les parties cachées.

L'ingénieur peut concevoir un nouveau modèle en s'aidant des précédentes réalisations (si elles existent) dont les caractéristiques complètes ont été mémorisées dans des fichiers. Chaque modèle y est décomposé en ses plus petites entités élémentaires (appelées éléments finis) déterminées mathématiquement.

Aux différentes étapes de la modélisation de l'objet sur l'écran graphique correspondent des séries de calculs, du plus simple au plus complexe, qui apparaissent sur l'écran alphanumérique : poids et dimensions, détermination du centre de gravité, intersections des surfaces, calculs de résistance de l'objet soumis à différentes forces (chaleur, vibrations, usure) ou lois (aérodynamisme). Les interactions de l'objet et de son environnement sont également étudiées grâce à la cinématique. Cette fonction va permettre à l'objet de s'articuler suivant les mouvements qu'il est censé produire, telle la course d'un train d'atterrissage décomposée en ses différentes positions.

A ce stade, les résultats peuvent être édités. Les plans sont dessinés sur des tables traçantes et les calculs sortent sur imprimantes. Le tout est transmis à l'atelier pour fabrication.

CATIA permet également de définir la méthode d'usinage de la pièce, et de déterminer les outils nécessaires (fraiseuse, tour). Cette fonction de commande numérique détermine les interventions et le parcours de l'outil : son point de départ et d'arrivée, son angle et sa vitesse d'attaque, le nombre de ses passages... Ces informations sont soit enregistrées sur bandes magnétiques, soit transmises directement par (modeur + télécommunications) à l'atelier de fabrication, où elles sont relues par la machine-outil et transformées en langage-machine pour en matérialiser les ordres. Une liaison identique donne les consignes à suivre à des robots.

Une équipe d'une centaine d'ingénieurs travaille à perfectionner le logiciel CATIA en le rendant plus souple d'utilisation, plus performant : par exemple, le stockage en mémoire des objets éclairés par une source lumineuse sera bientôt possible (il réclame beaucoup d'espace-mémoire actuellement) ; pour cela 30 000 données supplémentaires vont être intégrées, qui viendront enrichir le logiciel.

Manipuler un tel outil réclame deux mois d'apprentissage : le savoir-faire du logiciel ne supprime donc pas celui de l'utilisateur. C'est à ce dernier que revient la tâche ardue d'interpréter les résultats, de les comparer, de les choisir. Les avantages de la CFAO sont néanmoins considérables en gain de temps, tout au moins à certains stades de l'élaboration, lors des

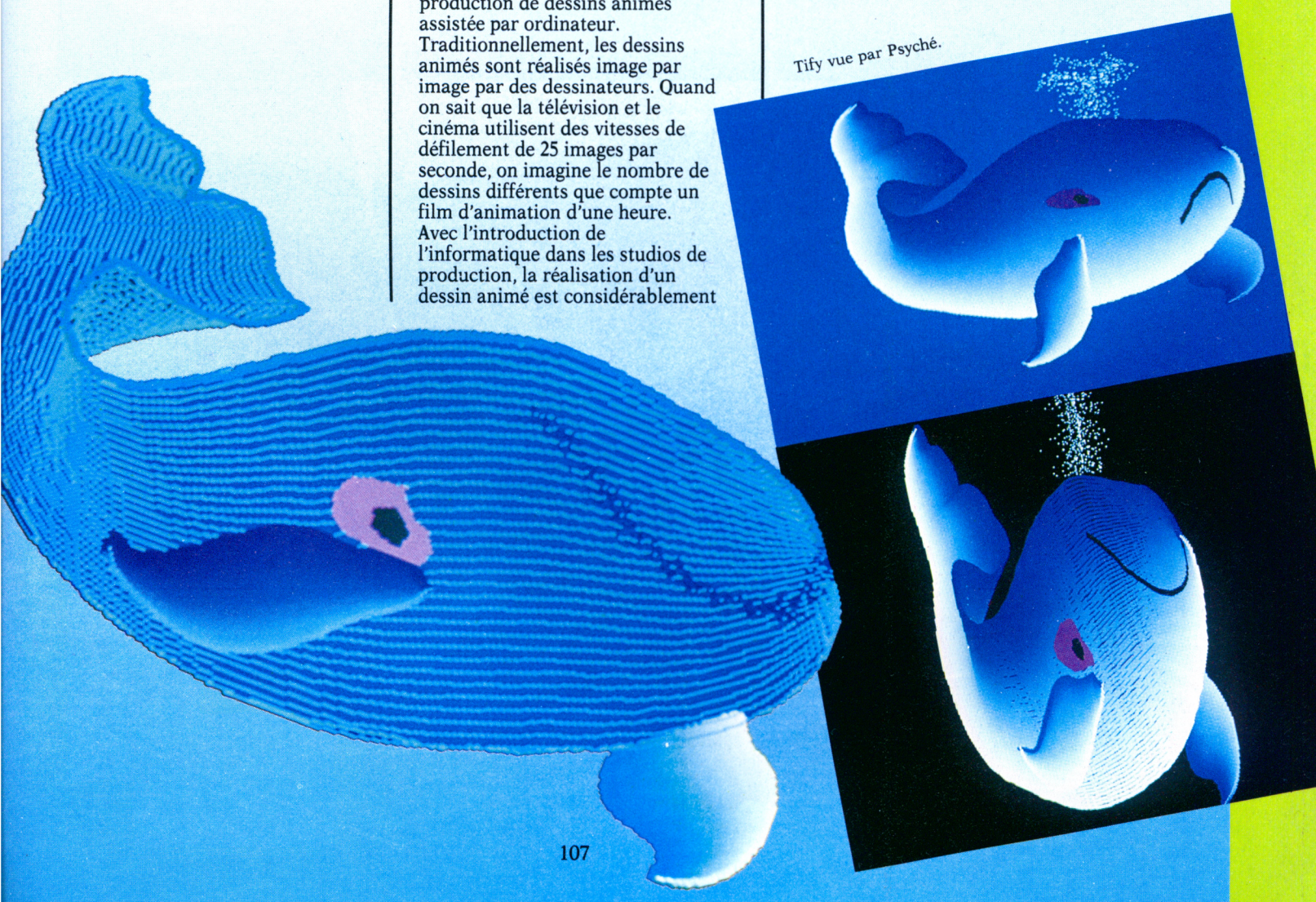
traçages à caractère répétitif ou lors de l'établissement de nomenclatures ou de documents techniques en après-vente. La simulation permet de prendre en compte les multiples solutions et d'imaginer les répercussions sur l'ensemble du projet de n'importe quelles modifications. Les interventions sont de ce fait rendues possibles à tous les stades de la vie de l'objet. La simulation évite la construction de multiples prototypes qu'il faudrait soumettre à des tests réels.

Et demain ?
Les logiciels vont acquérir la faculté de communiquer entre eux. De ce point de vue, d'ailleurs, des normes commencent à s'imposer.
Encore réservée aujourd'hui à des sociétés équipées ou reliées à de gros systèmes, doués d'une puissance de calcul importante, la CFAO sera bientôt, grâce à la miniaturisation constante des matériels, concevable à l'échelle de la micro-informatique. On la verra alors pénétrer de nouveaux secteurs.

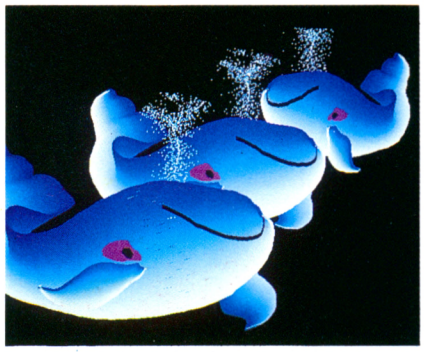
Psyché : l'animation assistée par ordinateur

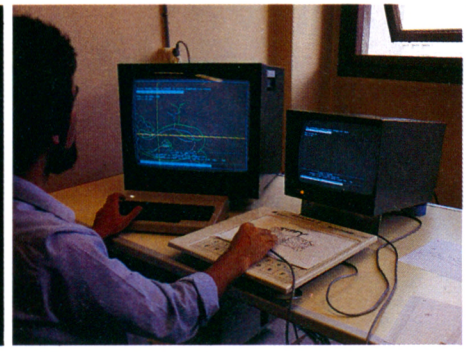
Parmi les applications surprenantes de l'informatique, les spécialistes de l'Institut National de l'Audiovisuel (INA) utilisent un système très original, Psyché, qui permet la production de dessins animés assistée par ordinateur.
Traditionnellement, les dessins animés sont réalisés image par image par des dessinateurs. Quand on sait que la télévision et le cinéma utilisent des vitesses de défilement de 25 images par seconde, on imagine le nombre de dessins différents que compte un film d'animation d'une heure.
Avec l'introduction de l'informatique dans les studios de production, la réalisation d'un dessin animé est considérablement simplifiée, et se résume en quatre étapes. La première consiste, à l'aide d'une tablette graphique ou d'une souris, à créer les éléments de base du dessin.
Dans un deuxième temps,

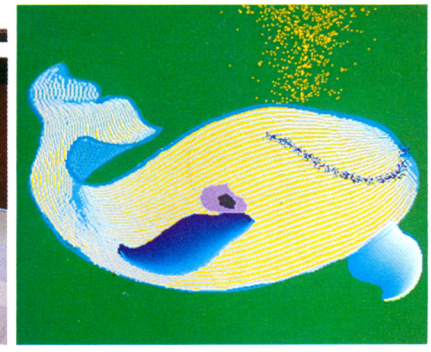
Tify vue par Psyché.



l'animateur applique des déplacements, des mouvements ou des déformations : il peut, par exemple, déplacer certains éléments les uns par rapport aux autres. Si son sujet est Tify la baleine, il peut faire bouger ses nageoires, élargir ou raccourcir son sourire, mais aussi la mettre dans un coin ou l'autre de l'écran, l'agrandir, en mettre deux côte à côte, etc. A la fin de cette étape, l'utilisateur dispose donc d'un ensemble de dessins clefs marquant les moments importants de l'action.
Dans la troisième étape, le rôle joué par la machine devient encore plus important : l'animateur crée en effet un « scénario dynamique », c'est-à-dire qu'il détermine le nombre d'images entre deux dessins clefs successifs, et le rythme auquel elles doivent se succéder ; à partir de cela, Psyché va générer automatiquement les images intermédiaires, en déformant progressivement le premier dessin clef pour parvenir au second. A tout instant, l'animateur peut contrôler le résultat, en diminuant la vitesse (trois images par seconde, par exemple) ou en modifiant certains paramètres. Il peut ainsi tester différents scénarios.
La dernière étape consiste en la production proprement dite. L'animateur indique les différents dessins clefs et le scénario dynamique retenus, et Psyché « réalise » toute seule la production des images nécessaires. L'aide de l'ordinateur permet bien évidemment de réaliser des dessins animés très rapidement, puisque le travail de l'animateur se réduit à la part créative proprement dite, la machine se chargeant de tous les travaux répétitifs.
Si le prix d'un tel matériel est encore trop élevé pour permettre une utilisation industrielle, certaines maisons de production, au Japon par exemple, utilisent déjà ce procédé à des fins commerciales.
Une deuxième version de Psyché, à l'étude actuellement, devrait permettre de s'affranchir du calcul des dessins image par image, pour parvenir à une conception « cinétique » du dessin animé : l'animateur indiquerait par exemple une trajectoire et une vitesse supposée du mobile, et la machine calculerait elle-même le rythme convenable.





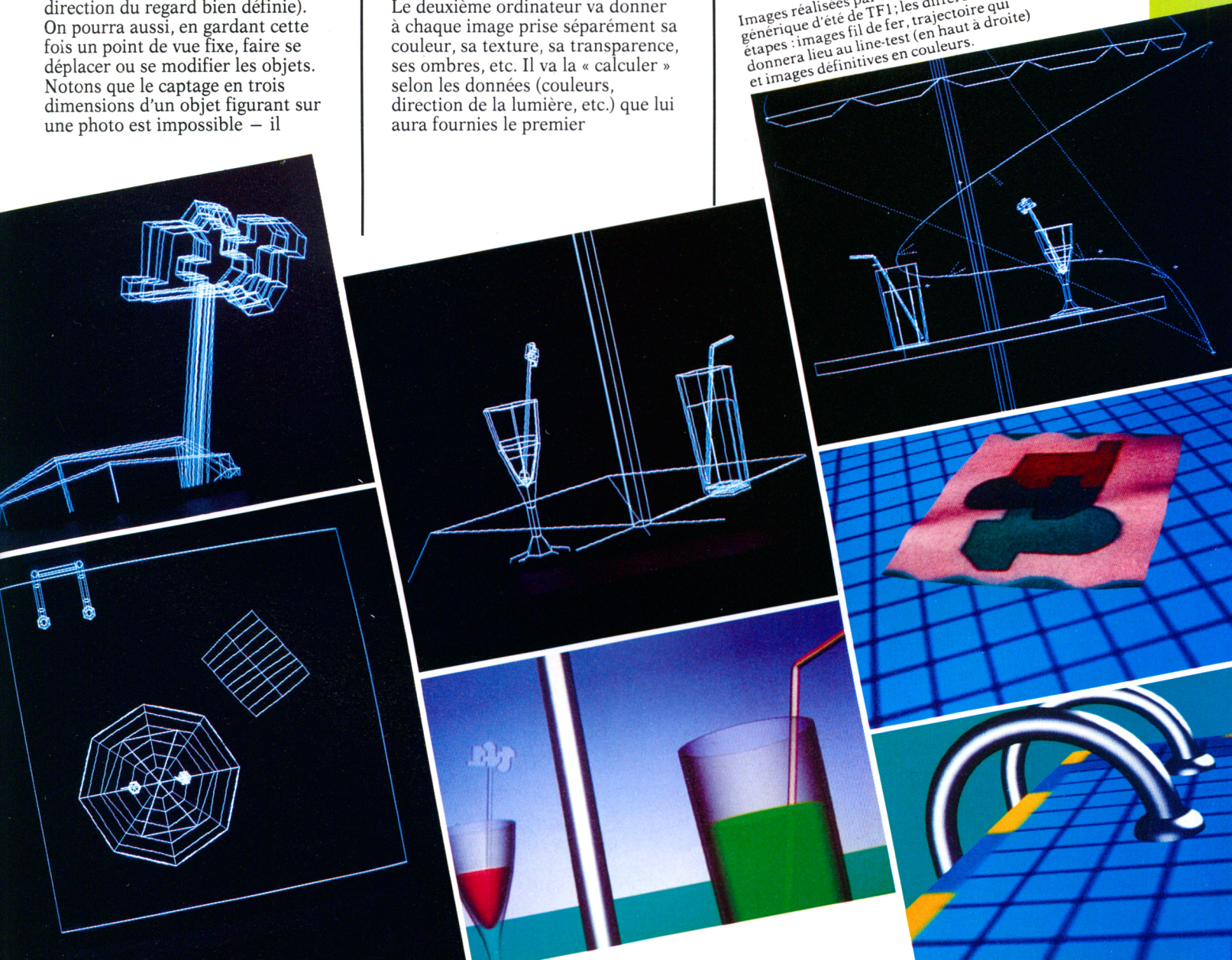


L'animation en trois dimensions

De plus en plus souvent, les médias, dont la télévision, font appel à des images de synthèse. Mais à regarder ces nouvelles images, on n'imagine pas toujours la masse de travail qu'elles représentent. Ainsi, le générique d'été de TF1 ne dure qu'un peu plus de 20 secondes, mais sa réalisation a nécessité plus de dix jours (nuits et jours) de calcul. En effet, les 23 secondes du générique représentent 525 images différentes, qui ont demandé chacune, en moyenne, 40 minutes de « travail » à un ordinateur très puissant.
Dans les laboratoires de l'INA (Institut National de l'Audiovisuel), où des techniciens travaillent à la production de ces images informatisées, on ne trouve pas moins de deux ordinateurs. Le premier, un calculateur, se compose d'un clavier, de deux écrans (l'un pour les menus, l'autre pour la visualisation des dessins) et d'une table traçante accompagnée d'un curseur. Il est chargé de réaliser le tracé des dessins. Les graphismes sont d'abord décomposés en un nombre fini de points particuliers (les sommets d'un cube, par exemple), ces points sont entrés dans l'ordinateur par leurs cotes (en trois dimensions), puis reliés entre eux par des traits pour former une structure que les spécialistes appellent fil de fer.
Une fois le dessin de base (en trois dimensions) ainsi réalisé, cet ordinateur peut effectuer un certain nombre de manipulations : rétrécissement ou agrandissement (effet de zoom), vue de dessus, de face ou de profil, perspective cavalière ou conique, dessin au trait plein ou en pointillé dans les parties normalement cachées, etc. L'ordinateur est même capable de

réaliser automatiquement des « objets de révolution » (un verre, par exemple, comme ce fut le cas pour TF1) en faisant tourner, autour d'un axe, une figure plane représentant leur demi-profil.
L'ordinateur réalise d'abord cet objet avec des facettes, puis, par un procédé de « lissage », il transforme la série de segments de droite en courbe.
On entre, par ce moyen, dans l'ordinateur, chacun des objets qui vont composer l'ensemble de l'image à créer. Pour cela, on utilise, pour les objets simples – comme ceux du générique –, deux vues : un profil et une vue de dessus (qui peuvent être, par exemple, deux dessins), à partir desquelles on décompose l'image en points, situés dans un espace à trois dimensions. On « entre » ces objets dans l'ordinateur, puis on les regroupe pour former l'ensemble du décor à l'intérieur duquel on pourra se déplacer (selon une courbe déterminée et avec, pour chaque point de la courbe, une direction du regard bien définie).
On pourra aussi, en gardant cette fois un point de vue fixe, faire se déplacer ou se modifier les objets.
Notons que le captage en trois dimensions d'un objet figurant sur une photo est impossible – il manque des éléments ; et que la seule façon de capter un objet réel est de le placer sur une tournette et d'utiliser un laser.
Une fois le décor planté, donc, on peut s'y déplacer : on définit pour cela un certain nombre de points de vue, et pour chaque point de vue, on fixe le sens du regard ; puis on fixe la vitesse de déplacement (qui est déterminée par le rapprochement des points) et le nombre d'images désirées entre les points choisis.
L'ordinateur définit alors une courbe de déplacement, qu'on pourra tester, avant de l'adopter définitivement, grâce à la procédure du **line-test** – une sorte de film de ce qu'on verra si la trajectoire est retenue : on parcourt cette dernière pour y vérifier les images une par une.
Chacune des 525 images définitives du générique de TF1 figurait ainsi, au trait, dans le line-test.
Là s'arrête le travail du premier ordinateur, celui qui « fait les calculs », et commence celui du deuxième, celui qui « roule ».
Le deuxième ordinateur va donner à chaque image prise séparément sa couleur, sa texture, sa transparence, ses ombres, etc. Il va la « calculer » selon les données (couleurs, direction de la lumière, etc.) que lui aura fournies le premier ordinateur.
Et pour cela, il mettra une moyenne de 40 minutes – soit, pour les 525 images du générique, plus de 10 jours (jours et nuits).
Il ne reste plus ensuite qu'à transférer sur un film les résultats donnés par l'ordinateur pour les trois couleurs de base : vert, rouge, bleu. Les trois plans sont repris en addition, en pose (c'est du Technicolor).
Actuellement, donc, les films réalisés à l'INA selon ce système le sont image par image, et même, sélection de couleur par sélection de couleur (3 images, correspondant aux trois couleurs de base). Mais on peut dire, sans grand risque de se tromper, que dans un avenir proche, ils se feront en temps réel.

Images réalisées par l'INA pour le générique d'été de TF1 ; les différentes étapes : images fil de fer, trajectoire qui donnera lieu au line-test (en haut à droite) et images définitives en couleurs.



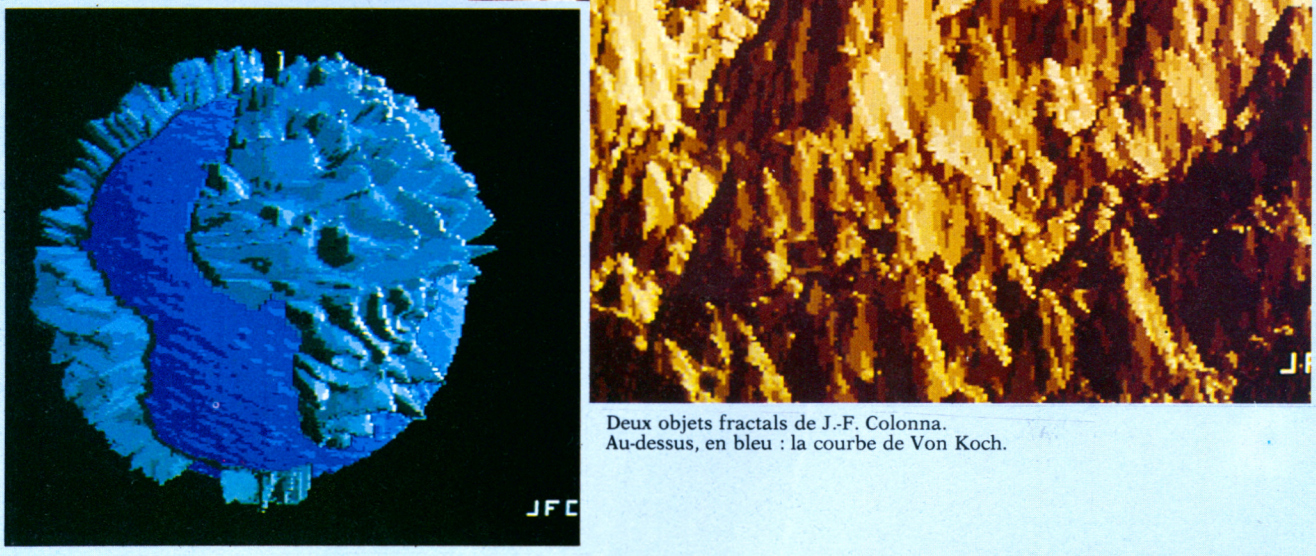
Les objets fractals

Quelle est la longueur de la côte de Bretagne entre Brest et Morlaix ? Pour répondre à cette question, il semble naturel de prendre une carte et, à l'aide d'un compas à pointes sèches, de mesurer la distance à vol d'oiseau en la reportant sur l'échelle de la carte. On trouve environ 54 km. Naturellement, cette mesure n'est qu'une première approximation. Pour être plus précis on peut fixer un écartement du compas correspondant par exemple à 10 km et le reporter en suivant la côte. De cette manière, on trouve près de 110 km ! Mais là encore, on sent que cette mesure est imparfaite. On a enjambé d'un seul coup la baie de Saint-Pol, la baie de Ker Emma et les abers.
En réduisant encore l'écartement du compas, on suit de plus en plus près la côte et on trouve une longueur de plus en plus grande. Après une période de doute, il faut bien se rendre à l'évidence : si l'on mesure la côte à l'aide d'un pied à coulisse, il faudra remonter le lit des rivières et contourner chaque grain de sable. Si l'on continue de réduire le pas de mesure, la longueur de notre courbe tendra inexorablement vers l'infini.
Les mathématiciens ont étudié ce genre de courbes dont la principale caractéristique est d'être aussi tourmentées dans chacun de leurs moindres détails que dans leur totalité. L'agrandissement d'une portion quelconque d'une telle courbe ressemblera toujours à la courbe toute entière. Ils ont ainsi été conduits à envisager que ces objets avaient des dimensions intermédiaires entre 1, dimension d'une courbe normale, et 2, dimension d'une surface. La côte de Bretagne est trop tourmentée pour être une courbe mais pas assez pour être une surface.
De la même manière, il serait possible d'envisager des surfaces montagneuses dont la dimension serait intermédiaire entre 2 et 3. Les modèles mathématiques de ces courbes et de ces surfaces permettent à un ordinateur de les dessiner, tâche difficile, voire impossible, à envisager manuellement. Dans son très beau livre consacré à ce sujet (*Fractals* chez WH Freeman and Co. San Francisco), Benoît Mandelbrot nous fait découvrir toute une géographie imaginaire. Des films ont été réalisés à partir de ses travaux qui sont de plus en plus utilisés pour améliorer le rendu des paysages de synthèse par exemple dans les simulateurs de vols.

La courbe de Von Koch est la plus célèbre des courbes fractales. Son programme a été écrit en Logo et sa structure récursive permet de bien comprendre comment la courbe est formée de quatre parties identiques à l'ensemble.

```
POUR KOCH :N :L
SI :N = 1 [AV :L STOP]
KOCH :N-1 :L/3
TG 60
KOCH :N-1 :L/3
TD 120
KOCH :N-1 :L/3
TG 60
KOCH :N-1 :L/3
```

N représente le niveau de détail de la courbe, L sa longueur.

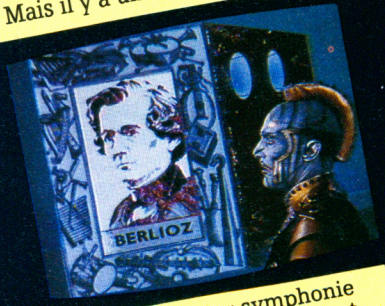


Deux objets fractals de J.-F. Colonna.
Au-dessus, en bleu : la courbe de Von Koch.

Les sons

Nous vivons dans un univers sonore : que ce soit le bruit de la rue ou le chant des oiseaux dans la forêt, les explosions d'un feu d'artifice ou le murmure d'un ruisseau, la voix humaine ou... la musique, les sons nous accompagnent de la naissance à la mort.
Mais que sont-ils ?... Des vibrations de l'air, tout simplement. C'est d'ailleurs la raison pour laquelle, même s'ils pouvaient se passer de scaphandre, les cosmonautes ne pourraient, au cours de leurs sorties dans un espace... sans air, se parler de vive voix. Sur terre, par contre, l'air est présent. Nous le faisons entrer et sortir de nos poumons à chaque seconde, sans y penser, mais nous nous souvenons de son existence au moment de souffler les bougies d'un gâteau d'anniversaire. C'est lui aussi qui nous permet de parler, crier, chanter. Et de faire de la musique.
Si l'air paraît diaphane au point qu'on peut l'oublier, c'est parce qu'il est composé d'atomes moins nombreux que la matière solide ou liquide, et que ces atomes sont groupés en molécules bien séparées les unes des autres, mais suffisamment proches cependant pour qu'un mouvement puisse se propager de l'une à l'autre, ébranlant l'ensemble du système ; d'où le « déplacement d'air » que produit un camion en passant à côté de nous, par exemple. L'air est un fluide, comme l'eau. Mais en moins « concentré ». Or, c'est dans l'eau que s'est formé notre sens de l'audition.

Monsieur Plumeau, employé modèle, s'endort régulièrement sur son clavier... Il se transforme alors en un abominable robot, Intox 639, qui décide, avec l'aide de son complice, l'ordinateur numéro 1, de mettre l'univers à ses pieds ! Mais il y a une faille...



Réaliser la « symphonie des symphonies », tel est le nouveau but qu'Intox, alias Monsieur Plumeau, a fixé à son ordinateur.



« Ordinateur numéro 1, recueillez les plus beaux sons du monde et mélangez-les ! » ordonne-t-il d'un ton sans appel.



S'ensuit une véritable cacophonie, à laquelle Zoé met rapidement fin : « Arrêtez, arrêtez ! Il faut que ce cauchemar s'arrête ! »

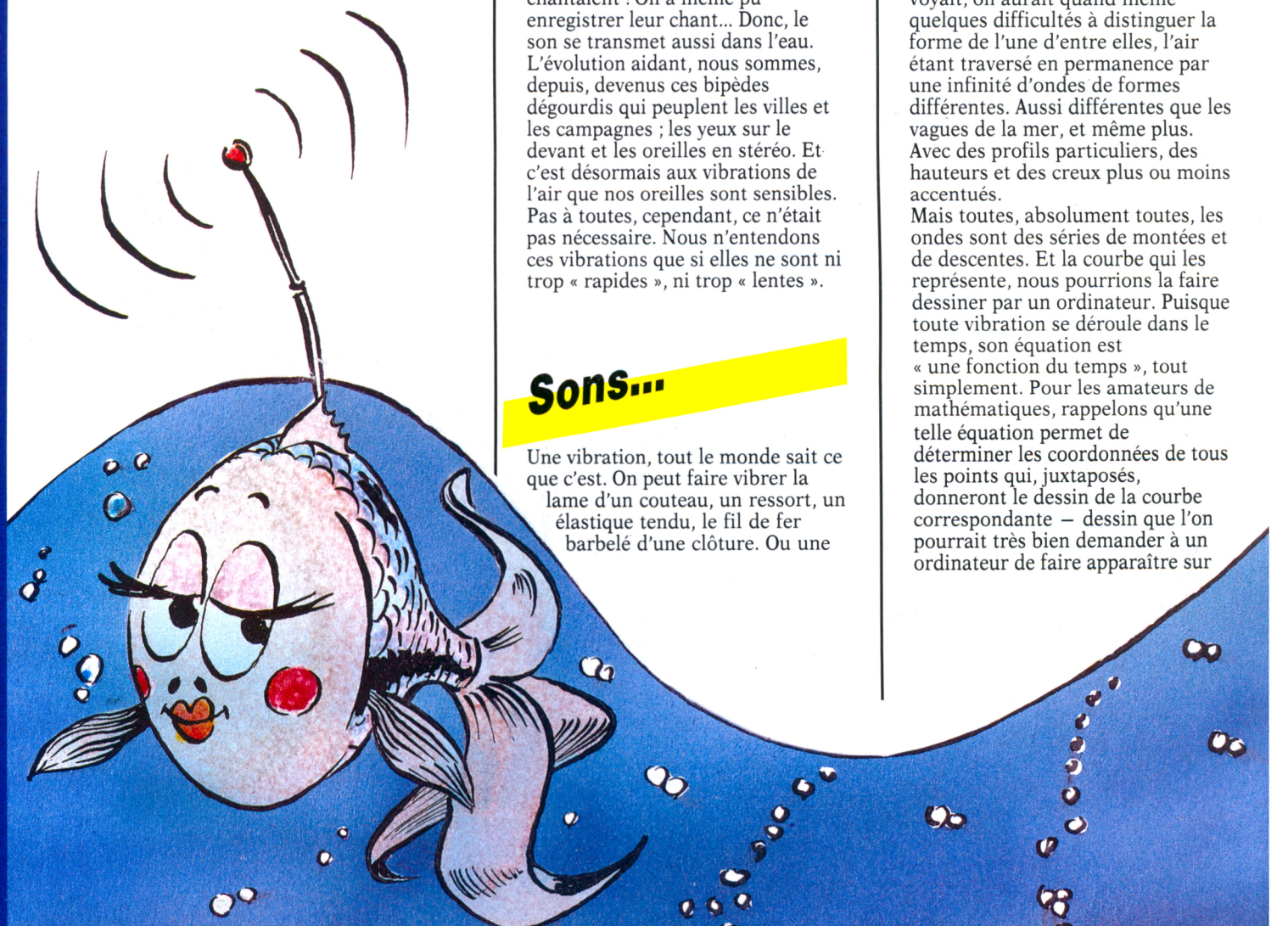
Seule sa voix stridente parvient à faire sortir Monsieur Plumeau de son rêve.

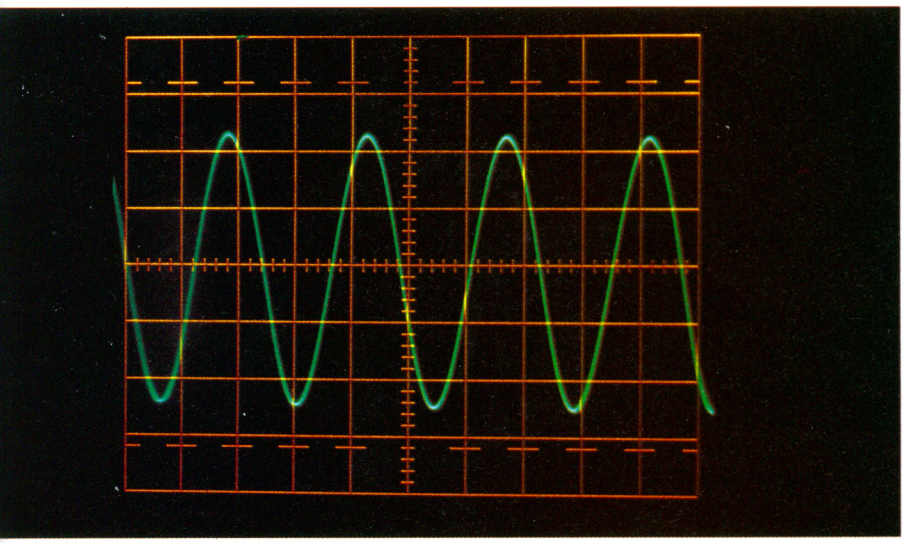
Notre ancêtre le poisson

Toute vie existant sur terre a, en effet, pris naissance dans les océans. Notre ancêtre, comme celui de tous les mammifères, était un poisson. S'il ne figure pas dans nos albums de famille, c'est que cela se passait... il y a un ou deux milliards d'années ! Comme ce poisson avait un œil de chaque côté de la tête, il aurait dû, normalement, avoir du mal à s'y retrouver dans les fonds sous-marins ; mais ce qui l'a sauvé (et nous avec), c'est qu'il repérait très rapidement les plus petits mouvements de l'eau comme venant de la gauche ou de la droite. Cela grâce à un organe ultrasensible qu'il avait sur le dos, et qui était relié à son cerveau.
Ces toutes petites vibrations, provoquées dans l'eau par le passage d'un autre poisson ou le balancement d'une algue, c'était très exactement l'équivalent des sons que nous, mammifères terriens, nous entendons dans l'air.
On a d'ailleurs récemment découvert que les baleines chantaient ! On a même pu enregistrer leur chant... Donc, le son se transmet aussi dans l'eau.
L'évolution aidant, nous sommes, depuis, devenus ces bipèdes dégourdis qui peuplent les villes et les campagnes ; les yeux sur le devant et les oreilles en stéréo. Et c'est désormais aux vibrations de l'air que nos oreilles sont sensibles. Pas à toutes, cependant, ce n'était pas nécessaire. Nous n'entendons ces vibrations que si elles ne sont ni trop « rapides », ni trop « lentes ».

Sons...

Une vibration, tout le monde sait ce que c'est. On peut faire vibrer la lame d'un couteau, un ressort, un élastique tendu, le fil de fer barbelé d'une clôture. Ou une corde de guitare. Mais, pour bien comprendre le phénomène, prenons un type de vibration tout différent. Il vous est certainement déjà arrivé de jeter une pierre dans l'eau. Ça fait des vagues. Autour du point où la pierre est tombée, des « ondes » concentriques se forment, petites vaguelettes à la surface de l'eau. Pas seulement à la surface d'ailleurs, car il se passe la même chose en dessous, au fur et à mesure que la pierre descend. C'est une vibration de l'eau provoquée par la chute de la pierre. Elle signale l'événement en se propageant de loin en loin, sur toute la surface et jusqu'au fond. Si on veut la dessiner, fixer ce à quoi elle ressemble à un moment précis, on obtient le symbole traditionnel des vagues.
D'ailleurs, on appelle les vibrations des **ondes** ; même si elles se produisent dans l'autre fluide qu'est l'air. Dans ce cas-là, il est, bien sûr, impossible de les voir... Mais si on pouvait, le dessin serait le même ! A dire vrai, si on les voyait, on aurait quand même quelques difficultés à distinguer la forme de l'une d'entre elles, l'air étant traversé en permanence par une infinité d'ondes de formes différentes. Aussi différentes que les vagues de la mer, et même plus. Avec des profils particuliers, des hauteurs et des creux plus ou moins accentués.
Mais toutes, absolument toutes, les ondes sont des séries de montées et de descentes. Et la courbe qui les représente, nous pourrions la faire dessiner par un ordinateur. Puisque toute vibration se déroule dans le temps, son équation est « une fonction du temps », tout simplement. Pour les amateurs de mathématiques, rappelons qu'une telle équation permet de déterminer les coordonnées de tous les points qui, juxtaposés, donneront le dessin de la courbe correspondante – dessin que l'on pourrait très bien demander à un ordinateur de faire apparaître sur





son écran. Cette fonction fait appel à la notion de trigonométrie que l'on appelle le sinus, et la courbe qui la représente est parfois baptisée **sinusoïde**.
En fait, c'est le nom qu'on donne à certaines courbes qui montent et descendent régulièrement (comme celle des biorythmes, celle qui représente les phases de la lune ou les heures de pointe plusieurs jours successifs dans le métro parisien), à toutes les courbes qui traduisent un phénomène cyclique (qui se reproduit à peu près identique à lui-même pendant un certain temps).

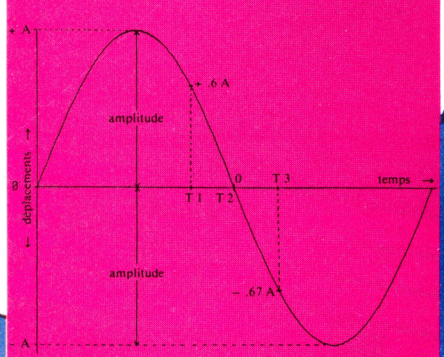
... ultra-sons et infra-sons

Eh bien, l'être humain ne peut entendre que les vibrations (les ondes) d'une fréquence supérieure à 20 hertz et inférieure à 20 000 hertz. Au-dessous, on dit que ce sont des **infra-sons** (ça vient du grec : *infra* veut dire « en dessous » tout simplement) ; passé 20 000 hertz, ce sont des **ultra-sons,** on ne les entend plus (mais les chiens, entre autres, les perçoivent). Prenons, par exemple, un carton (carte postale ou autre) et agitons-le comme un éventail. De tout près, on sent le vent que cela produit – c'est une suite de vibrations –, mais on n'entend rien. Il faudrait agiter ce carton à une cadence de 20 allers et retours par seconde pour que le son produit (un son très grave, un faible bourdonnement) devienne audible par l'homme. En revanche, bien que ses ailes soient d'une surface ridiculement petite, vous entendez arriver un moustique : c'est que l'insecte bat des ailes à un rythme bien supérieur à 20 allers et retours par seconde. Dans les récits de guerre les balles « sifflent » aux oreilles des héros ; elles vont si vite qu'elles forment des vibrations de haute fréquence.
Bien sûr, la plupart des sons qui nous intéressent sont beaucoup plus complexes... En tant qu'instruments de musique, ailes de moustique et balles de fusil sont un peu rudimentaires ! Les concerts des grands orchestres symphoniques, la voix des plus grandes cantatrices ou les sonos puissantes du rock ne sont pourtant, eux aussi, rien d'autre que le mélange de nombreuses vibrations se propageant en même temps, et dont chacune est une sinusoïde de forme donnée, avec ses caractéristiques chiffrables.



Sinusoïde

Pour identifier une sinusoïde, et la différencier des autres par ce qu'elle a de particulier, on mesure trois choses :
– son **amplitude**, car elle monte et descend plus ou moins, comme la houle plus ou moins forte de la mer ;
– sa **période**, c'est-à-dire le délai qui s'écoule entre deux vagues successives, ou deux creux (c'est le même), la durée du cycle complet ;
– sa **fréquence**, c'est-à-dire le nombre de vagues par seconde, que l'on mesure en hertz, parce que c'est le nom du savant qui a eu cette idée.
Prenons quelques exemples. Si une sinusoïde présente *une* vague (ou **oscillation**) par seconde, on dit que c'est une vibration d'une période de *une* seconde, et d'une fréquence de *un* hertz. S'il y a 5 vagues par seconde, la période est de 2/10 de seconde (une seconde divisée par 5) et la fréquence est de 5 hertz. S'il y a 10 oscillations (vagues) par seconde, la période est de 1/10 de seconde et la fréquence de 10 hertz.



Cycle d'une onde sinusoïdale.

Une note

Partiels et harmoniques

Comme chacune des vibrations élémentaires d'un son n'est qu'une partie d'un ensemble, on l'appelle un **partiel.** Il y en a beaucoup dans une simple note jouée au piano. L'une des choses que l'on demande à un instrument de musique est qu'il émette certaines notes précises, c'est-à-dire des ensembles de partiels précis, chaque partiel ayant une fréquence égale à plusieurs fois (plus ou moins de fois selon la hauteur du son) la fréquence de la note. Cette note de base s'appelle la **fondamentale.** On obtient les fréquences des différents partiels de la note en la multipliant par un chiffre plus ou moins grand. Ces partiels sont appelés **harmoniques** de la fondamentale : harmonique 2, pour les partiels à fréquence deux fois plus rapide que celle de la fondamentale, harmonique 7 pour les partiels 7 fois plus rapides, etc. La composition d'un son en partiels, ou d'une note de musique en harmoniques lui confère une forme d'onde particulière. Mais retrouver de quels partiels est fait un son en ne connaissant que la forme d'onde est très difficile. L'un des avantages de l'informatique, nous le verrons plus loin, est qu'elle peut créer des sons en partant simplement de la forme d'onde, sans avoir à connaître les partiels.

Hauteur

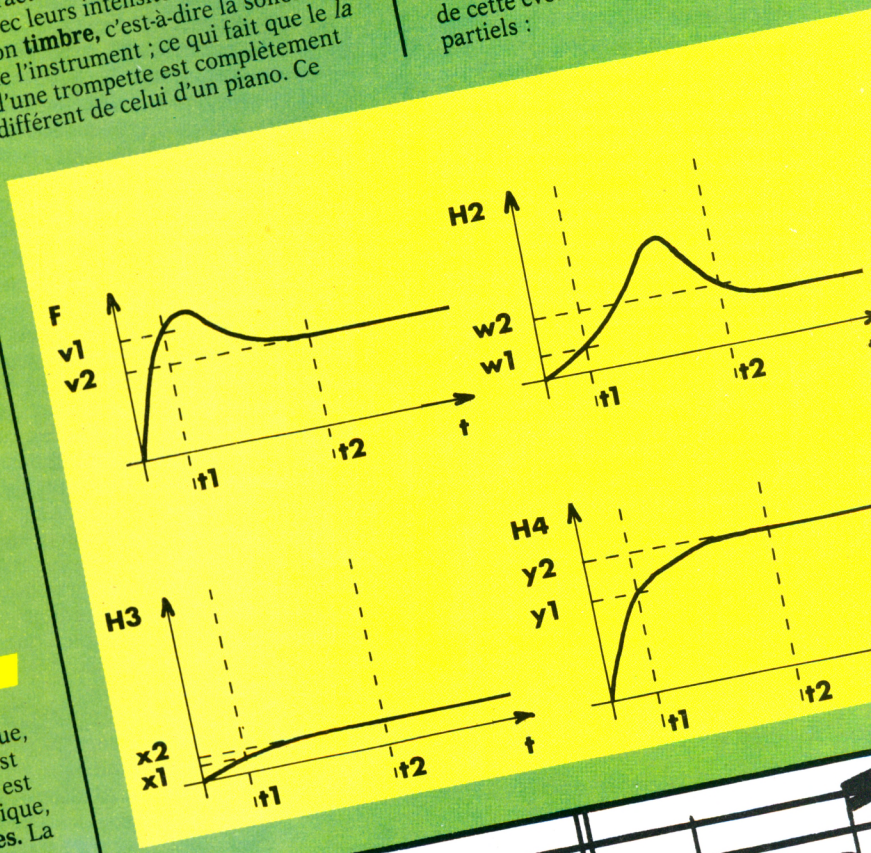
La **hauteur** d'une note de musique, c'est sa fréquence. Plus la note est haute (aiguë), plus sa fréquence est élevée. Et inversement. En musique, on a réparti les notes en **octaves.** La même note, quand elle monte d'un octave, voit sa fréquence doublée. Pour accorder les instruments, on peut se servir d'un **diapason.** C'est une petite fourche de métal, avec des branches d'une longueur très précise. On la frappe quelque part pour la faire vibrer et cela donne (du fait de la longueur des branches) une vibration dont la fréquence est de 440 hertz : c'est la hauteur du *la*, par rapport auquel on accorde toutes les autres notes.

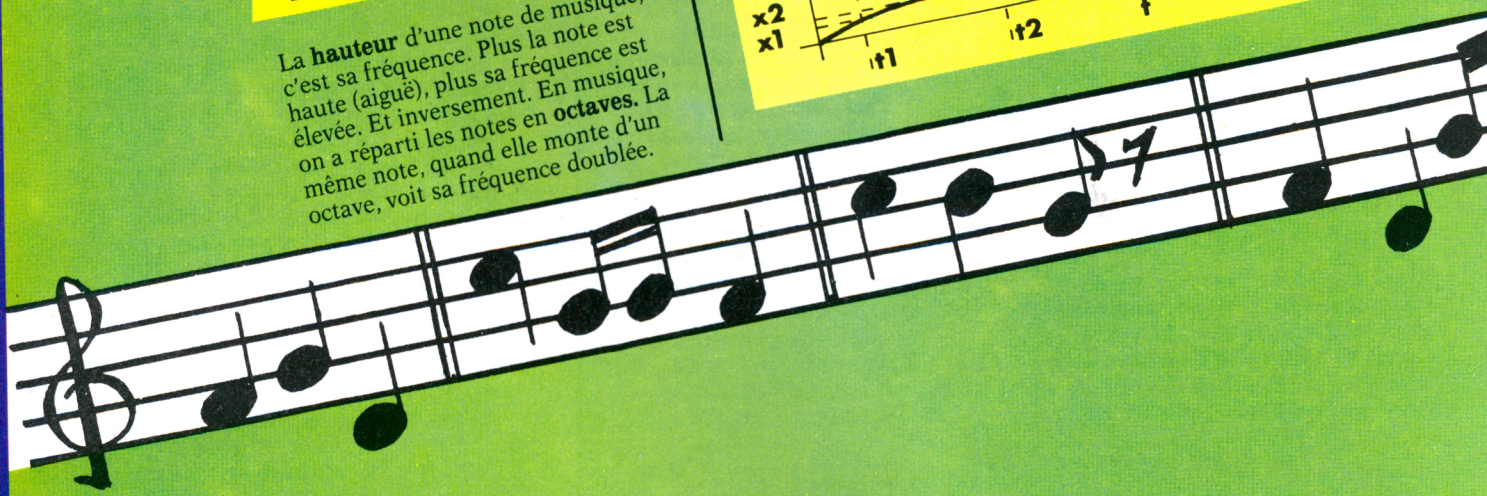
Timbre

Nous l'avons vu, les notes des instruments de musique contiennent de nombreux partiels. Eh bien c'est le nombre des partiels avec leurs intensités, qui constitue son **timbre,** c'est-à-dire la sonorité de l'instrument ; ce qui fait que le *la* d'une trompette est complètement différent de celui d'un piano. Ce qu'on appelle un timbre *riche*, c'est un son qui contient beaucoup de partiels.

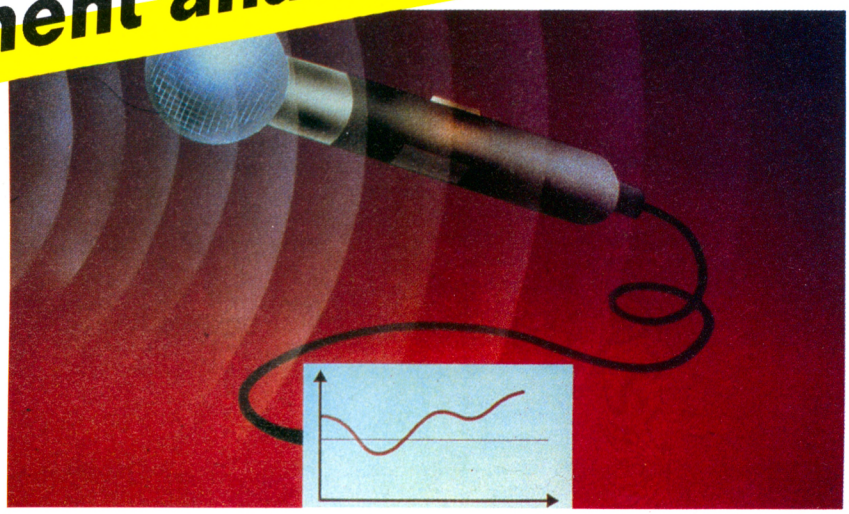
Intensité

Mais les choses sont en fait plus complexes. Car un son dépend non seulement du timbre de l'instrument et de la hauteur de la note, mais aussi de la force avec laquelle cette dernière est jouée, de son **intensité** : on peut plaquer un accord de piano de toutes ses forces ou ne faire qu'effleurer les touches. Enfin, chacune des vibrations (des partiels) qui la composent a sa propre **durée** de vie. Le mélange se modifie donc pendant la durée de la note. C'est tout cela qui donne à la note jouée par tel ou tel instrument sa particularité. Voici un exemple de cette évolution séparée des partiels :





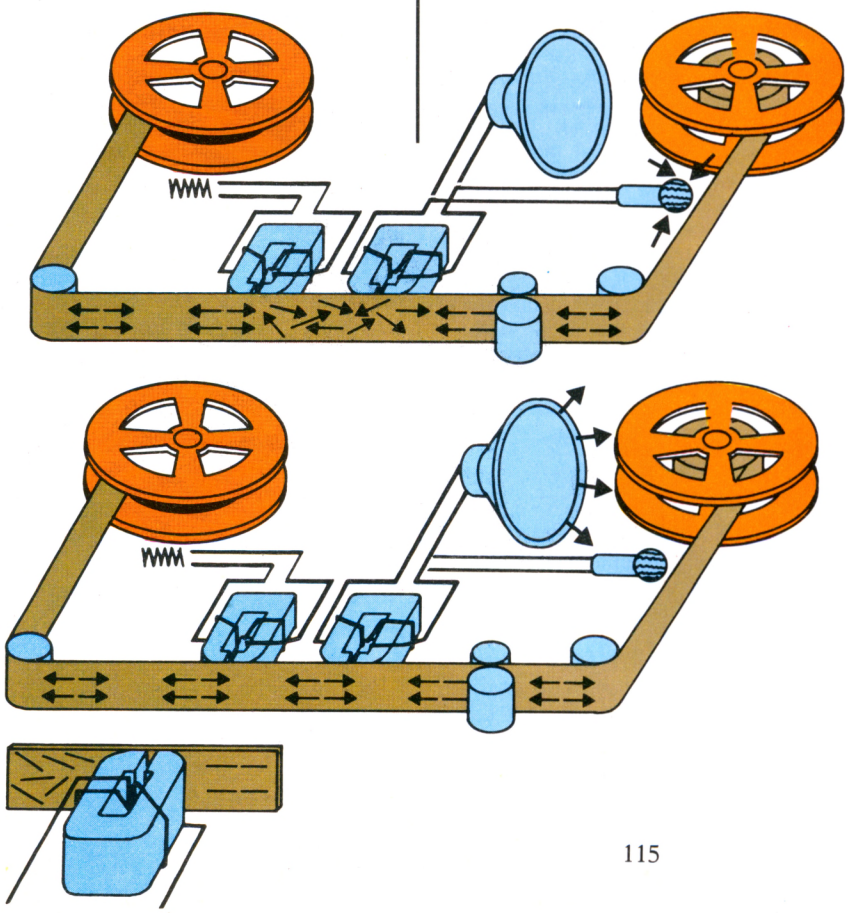
Transmission et enregistrement analogiques



Depuis le siècle dernier, on sait transmettre et enregistrer paroles et musiques. On le doit à la maîtrise de l'électricité, puis de l'électronique.

Transmission

Quand on parle devant le micro d'un magnétophone, les vibrations de l'air se communiquent à une membrane dont le flottement modifie un champ électromagnétique. Elles sont ainsi transformées en vibrations d'un courant électrique. Les ondes électriques dont on dispose alors peuvent être transmises à un haut-parleur (radio, télévision, spectacle) ou à des écouteurs (téléphone, etc.) qui sont en quelque sorte des micros à l'envers. Cette transmission peut se faire par de simples fils électriques (téléphone, magnétophone). Mais il y a longtemps que l'on a découvert aussi le moyen de les propager dans l'air (radio, TV). L'enregistrement sur bande magnétique de programmes exprimés en binaire n'est qu'un cas particulier de ce type d'enregistrement : les particules magnétiques ne connaissent que deux types d'aimantation.



On part du principe que l'air est rempli de champs magnétiques – par exemple, le magnétisme terrestre qui oriente l'aiguille de la boussole même si on est très loin du pôle – et qu'on peut créer artificiellement des champs électromagnétiques, qui se propagent très loin, et auxquels on imprime, d'origine, une oscillation très régulière et de très haute fréquence. On pourra utiliser ensuite cette **onde porteuse** pour transmettre par voie aérienne les ondes sonores. Comment ?

Eh bien, il y a deux solutions.

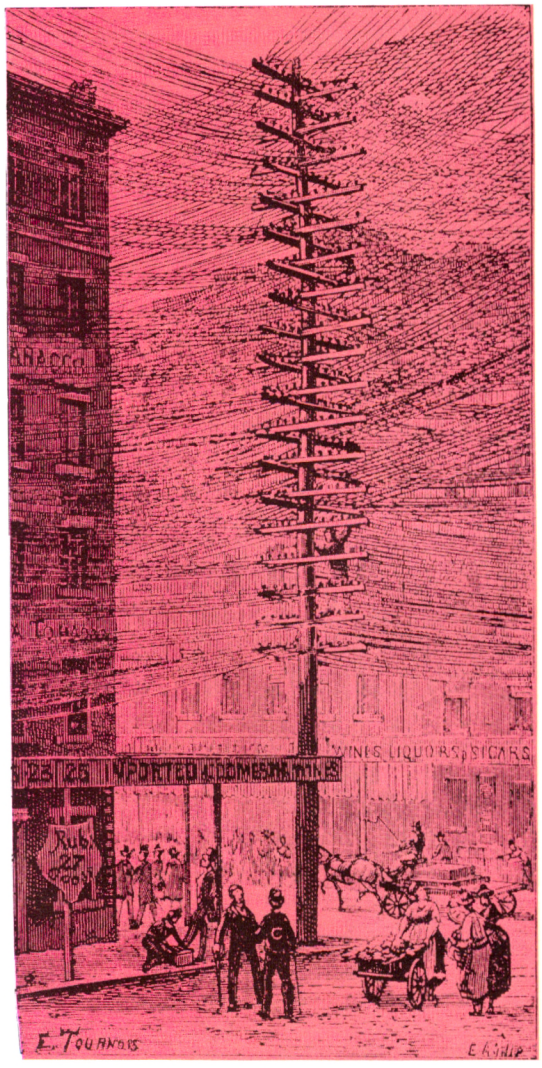
La première est la **modulation d'amplitude.** Elle consiste à faire de l'onde sonore une « enveloppe » qui va modeler l'onde porteuse en faisant varier son amplitude.

La seconde est la **modulation de fréquence** qui s'est généralisée récemment, parce qu'elle permet une reproduction plus fidèle. Cela consiste à faire varier la fréquence

La voix périssable

Le premier contact du phonographe avec l'espèce humaine est plein de surprises, d'inattendus. Il y a d'abord une série d'expériences curieuses. La première concerne l'enregistrement simultané en deux langues : « On prononce (devant le phonographe) une phrase en français. On inscrit sur la même trace une autre phrase en anglais. On replace le cylindre dans la position initiale et on fait tourner : alors la phrase anglaise et la phrase française sont prononcées à la fois ; les auditeurs français entendent l'une, les auditeurs anglais l'autre. »
La seconde est une complication de la première. Du Moncel dit dans son ouvrage que la même chose est faisable avec trois langues différentes...
Mais le plus surprenant pour nous est cette répresentation de la voix comme une entité périssable. Vous avez bien lu. La conservation surprend. « La restitution de la voix est possible un an après... avec les mêmes intonations. On réentend la pièce de vers lue de la même manière...
Apparemment, c'est le phonographe qui fait prendre conscience à l'homme de sa voix. Edison faisait remarquer combien la personnalité d'une cantatrice contribuait à l'illusion sur sa voix. Voilà ce que le phonographe a révélé, en tant que « test acide ». C'est un bel exemple de revanche de l'androïde.
L'appareil va plus loin que ne le pensaient ses concepteurs. Le résultat de la confrontation est une prise de conscience biologique. On connaît mieux le phénomène biologique que l'on dénomme voix grâce à l'appareil inerte, qui n'était au début qu'un projet de prothèse pour les sourds, projet biologique s'il en est.

in *La mémoire de l'ombre et du son*, par Jacques Perriault (Flammarion, 1981).

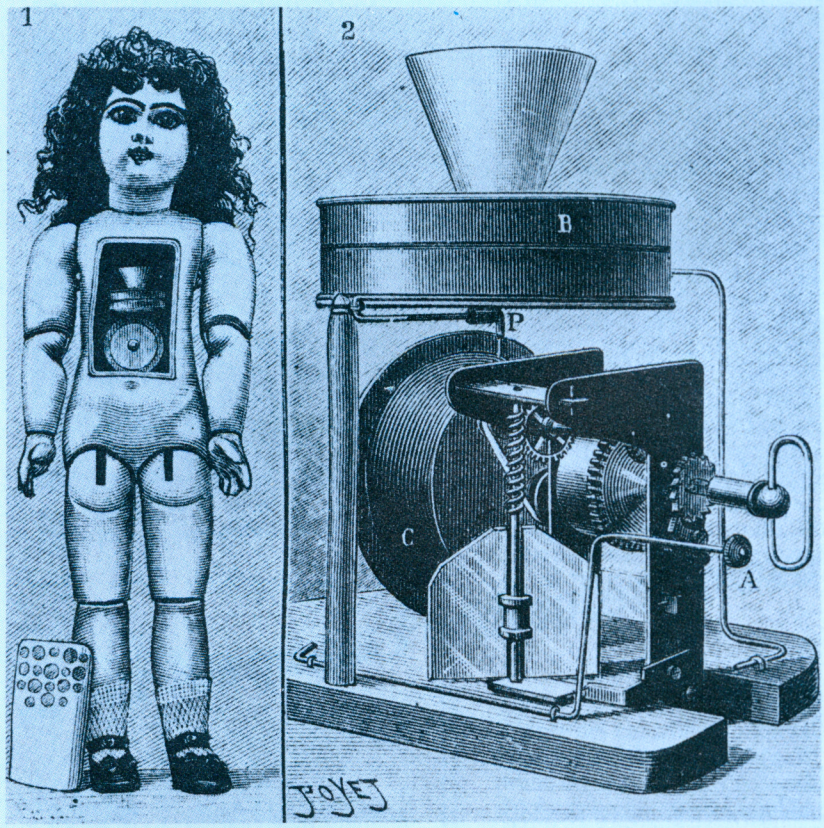


Enchevêtrement de lignes téléphoniques : un carrefour de New York vers 1888. In *Histoire de la télégraphie*, par Julien Brault — Paris, 1888.

de l'onde porteuse, selon les hauts et les bas de l'onde sonore, sans toucher à l'amplitude. Quand l'onde sonore est dans une phase montante, on accélère la fréquence de l'onde radio (porteuse), et inversement. Le résultat musical est bien meilleur, mais on ne peut couvrir que des zones limitées.
Ce travail, c'est celui qu'accomplit un émetteur comme celui de la tour Eiffel à Paris, par exemple. Les ondes émises par son antenne peuvent être captées par celle d'un récepteur qui fait la même chose en sens inverse. Réglé sur la **longueur d'ondes** convenable, il retrouve l'onde porteuse, détecte sa forme qu'il transforme en une oscillation électrique transmise à un haut-parleur ou à des écouteurs qui sont, en gros, des « micros à l'envers ». S'il s'agit d'une émission en modulation de fréquence, le récepteur se règlera cette fois, non par rapport à la fréquence de l'onde radio, mais par rapport à son amplitude, qui est fixe. Et il interprétera les variations de fréquence de cette onde porteuse, pour en faire une onde analogue à l'onde sonore d'origine. Il suffira pour cela d'un système simple qui fait monter la tension quand la fréquence augmente, et qui la fait descendre quand la fréquence se ralentit.
On peut donc transmettre des ondes sonores après les avoir transformées en vibrations d'un courant électrique ou d'un champ électromagnétique. Dans un cas comme dans l'autre, c'est l'électricité qui transforme musique et paroles en « signaux ». Comme on peut modifier l'intensité d'un courant, on peut, pendant cette transmission, « façonner » comme on veut le son de départ : l'amplifier (le rendre plus fort), en modifier le timbre en favorisant les partiels de certaines fréquences au détriment des autres, « filtrer » les aiguës, les graves, etc.

Enregistrement

Pour enregistrer ce son, on se sert de l'électromagnétisme : on transforme ces vibrations du courant électrique en une série de variations créant un champ

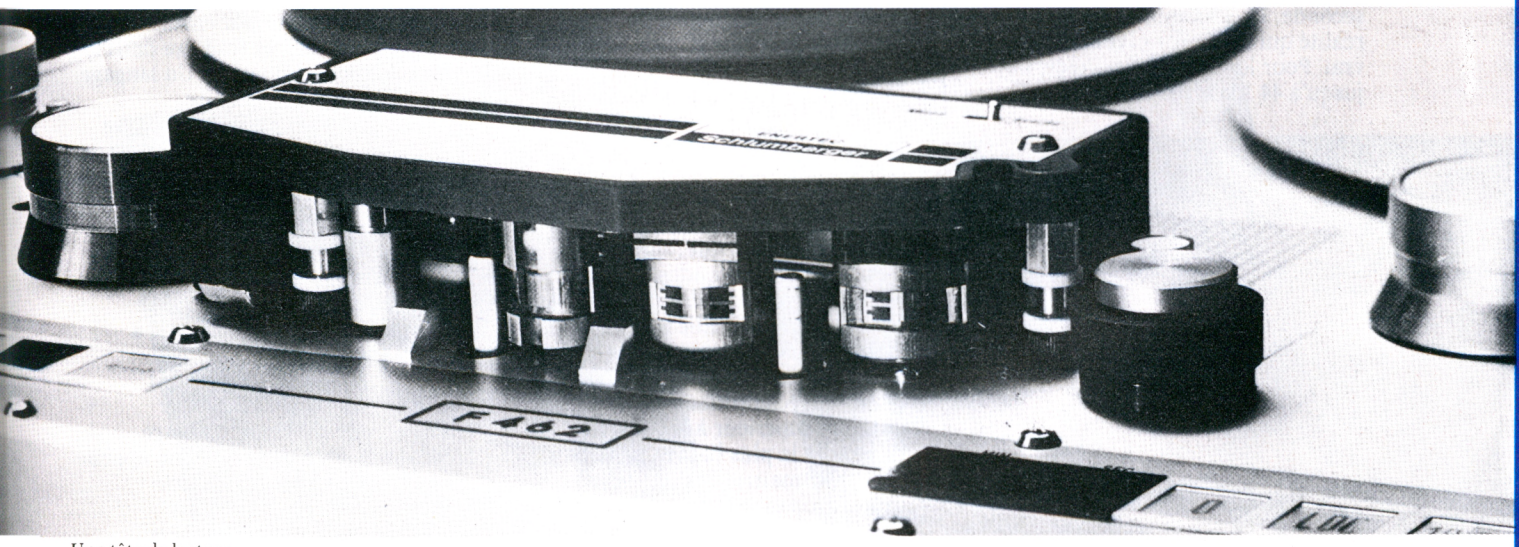


La « poupée qui parle » de Lioret. Son inventeur l'avait dotée de plusieurs rouleaux de celluloïd interchangeables lui permettant de dire plusieurs phrases. In *La Nature* – n° 1071 du 9 décembre 1893.

magnétique. On fait passer dans ce champ une bande de matière plastique recouverte de microscopiques particules métalliques – auparavant, une tête d'effacement a, par un autre effet magnétique, mélangé toutes ces particules pour qu'elles soient disposées n'importe comment sur la bande. Quand elles passent dans le champ magnétique, les particules sont orientées, toutes parallèles, dans le sens du champ et imprégnées d'un magnétisme rémanent, comme des aimants microscopiques. Il ne se passe rien, en revanche, pour les particules qui défilent devant la tête d'enregistrement au moment où il n'y a pas de champ électromagnétique. Ce qui fait que, sur la bande enregistrée, l'évolution de la fréquence de passage de particules magnétisées correspond aux fluctuations de l'onde sonore. Le tour est joué ! Il suffira de refaire la même opération à l'envers pour lire, en faisant passer la bande à la même vitesse, les variations du signal, et on retrouvera le profil de l'onde sonore, qui fera évoluer de la même façon l'électro-aimant d'un haut-parleur.

La bande magnétique peut aussi être recopiée sur un disque. Il suffit alors de transférer les ondes du magnétisme à la surface du disque, en les y gravant au fond d'un petit sillon. Le diamant de la tête de lecture sera guidé par ce sillon et, pendant que le disque tournera (comme il a tourné à l'enregistrement), il vibrera comme la membrane du micro d'origine. Il suffira alors, à l'aide d'un minuscule électro-aimant, de transformer à nouveau ces vibrations en ondes électromagnétiques, puis de les conduire vers un haut-parleur qui reproduira le son. Après qu'on l'ait amplifié ou diminué, selon ce qu'on voulait, en agissant sur le courant électrique. L'intérêt du disque est que, une fois le premier gravé (on l'appelle la *matrice*), on peut le reproduire par simple moulage, à des centaines de milliers d'exemplaires.

On peut améliorer la qualité de restitution en prévoyant différents haut-parleurs adaptés chacun à une gamme de fréquences (et que l'on regroupe dans des *baffles*). On peut aussi (c'est la stéréo) faire reproduire à droite les sons enregistrés à droite et à gauche ceux enregistrés à gauche. Cela recrée les conditions normales d'audition.



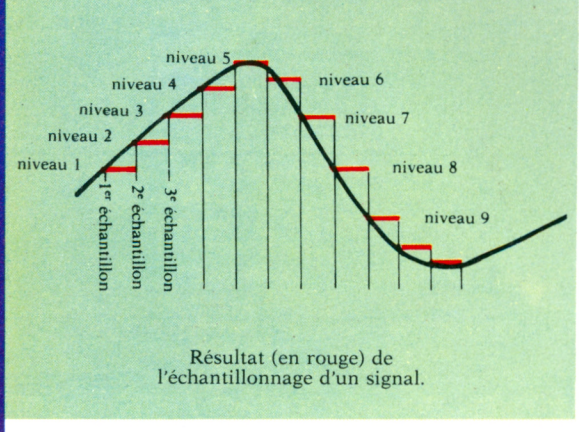
Une tête de lecture.

L'ordinateur et les sons

Grâce à l'ordinateur, on peut échapper aux inconvénients de la reproduction analogique, laquelle induit des modifications du son involontaires : à chaque reproduction, on perd de la qualité.
Avec l'ordinateur, on part du principe que les sons peuvent être transformés en chiffres binaires, que l'ordinateur peut mémoriser et modifier très rapidement par le calcul.
C'est d'ailleurs sur le principe de l'échantillonnage, que nous allons étudier, que repose la dernière innovation technique dans l'industrie du disque : le **Compact Disc**. C'est un codage numérique (en binaire) du son mémorisé sur des petits disques. Le report sur la surface du disque peut se faire de différentes façons, mais il se ramène à l'écriture d'une suite de nombres binaires, qui sera ensuite lue et décodée très rapidement par l'ordinateur sans qu'une tête de lecture s'appuie sur le disque et ne vienne l'user un peu plus à chaque passage, comme c'est le cas pour les disques normaux. En outre, les incidents de lecture (poussière sur le disque, choc, etc.) n'ont guère d'importance puisque, lorsqu'une information est incomplète, l'ordinateur a ce qu'il faut en mémoire pour reconnaître à quoi elle correspond et la corriger automatiquement.

Une série d'échantillons

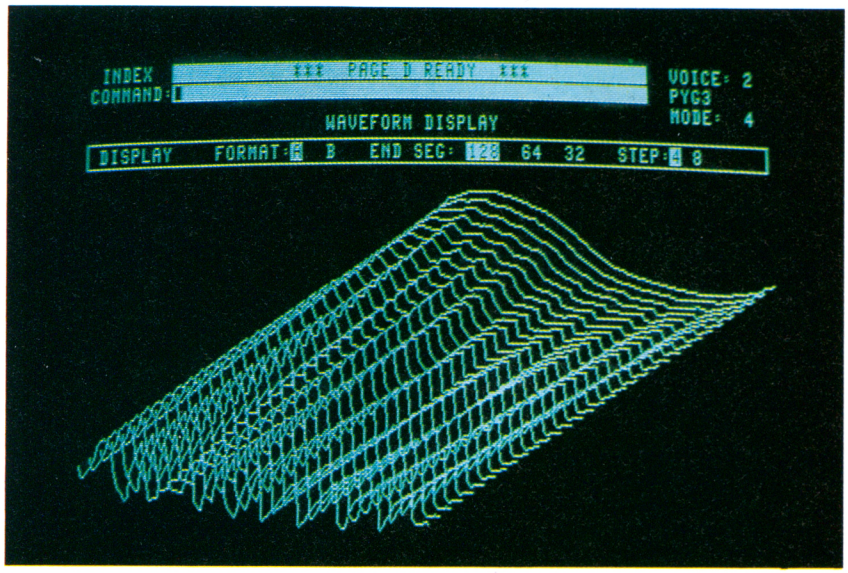
L'ordinateur ne peut pas *tout* transmettre d'un son : le son est un phénomène continu, et pour représenter exactement une onde sonore, il faudrait la calculer point par point, alors que le nombre des points est infini.
La reproduction sonore va donc se faire « en pointillé ». On va prélever des échantillons à intervalles réguliers, aussi rapprochés que possible.
Pour reproduire le mouvement à la télévision, on prend 25 images par seconde, 25 échantillons de la réalité qui donneront l'illusion du vrai. Pour le son, on va aujourd'hui jusqu'à 44 100 échantillons par seconde (pour le Compact Disc) ; ce qui correspond, en fait, à une nécessité. Nous avons vu en effet que l'oreille humaine était concernée par des sons dont la fréquence pouvait aller jusqu'à 20 000 hertz. Prenons l'exemple de cette fréquence maximum (qui correspond bien sûr à une note très aiguë). 20 000 hertz, cela veut dire 20 000 ondes par seconde. Si nous prenons « seulement » 20 000 échantillons par seconde, nous reproduirons bien le rythme de la vibration, sa *fréquence,* mais comme nous n'aurons qu'un seul tout petit morceau pour chaque cycle, rien ne permettra de retrouver la *forme d'onde.* D'autant que le petit morceau en question tombera toujours au même endroit de l'onde. Pour en reconstituer la forme, il faut que le nombre d'échantillons par seconde soit supérieur à la fréquence de l'onde elle-même. On obtiendra ainsi un décalage qui fera que, après un certain nombre d'ondes, chacune des phases, chacun des points de la courbe sera sorti. Elle sera identifiée, et sa forme retrouvée. On voit donc que, de toute façon, le nombre d'échantillons par seconde doit être supérieur à la fréquence de la note la plus haute que l'on veut transmettre. Par des calculs savants, on est arrivé à déterminer qu'il fallait, pour bien faire, que cette fréquence d'échantillonnage soit de plus du double de la fréquence d'onde maximum. C'est-à-dire plus de 40 000 hertz.



Résultat (en rouge) de l'échantillonnage d'un signal.

... codés en binaire

On prélève donc, dans le son, un certain nombre d'échantillons à chaque seconde. Ces échantillons, on a décidé de les appeler des « impulsions ». Il faut ensuite coder ces impulsions, les traduire dans le langage de l'ordinateur. Un langage chiffré. Chiffré en binaire.
Et c'est important pour la qualité des sons : plus on peut employer de valeurs différentes pour représenter les échantillons sonores, les impulsions, mieux ils seront rendus. Un code à 8 bits donnera donc une qualité sonore moins bonne qu'un code à 16 bits. Le Compact Disc utilise un code à 16 bits.
Le codage des impulsions est réalisé par un *convertisseur analogique-digital.* Pour votre information, sachez que l'on appelle ce procédé PCM (*Pulse Code Modulation,* ou en français « Modulation par Impulsions Codées »).



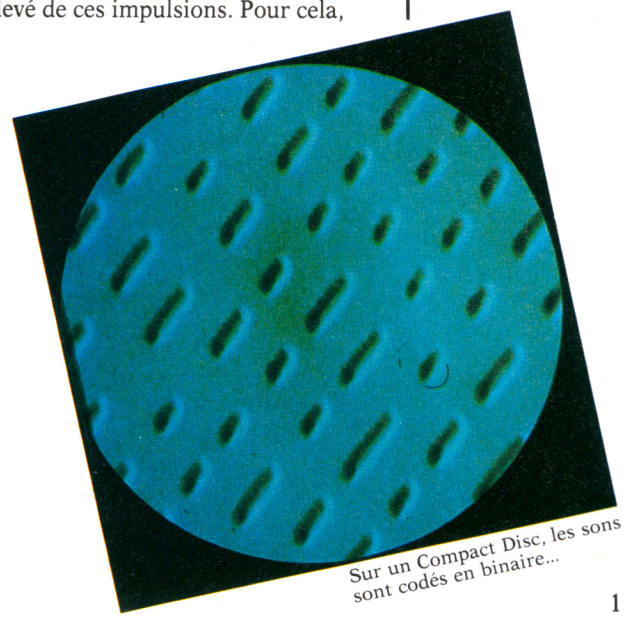
Représentation, sur l'écran du Fairlight, de la série d'échantillons prélevés sur un son.

... sur lesquels l'ordinateur travaille

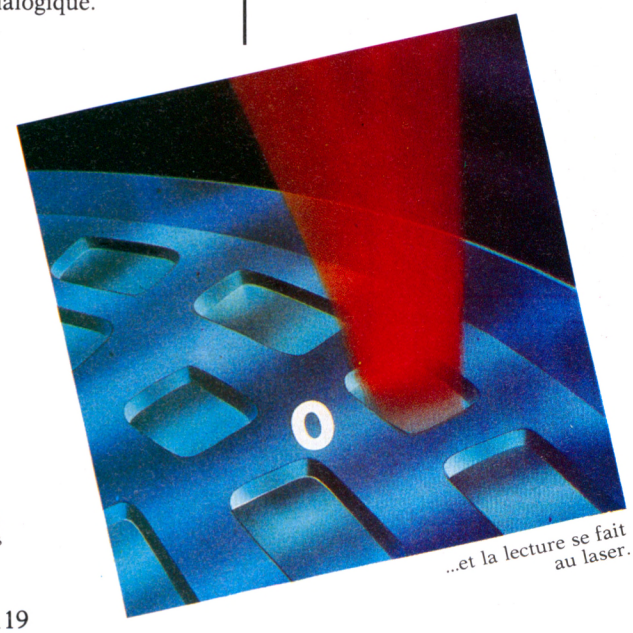
Une fois ce codage réalisé, l'ordinateur dispose d'une énorme série de chiffres sur laquelle on peut le faire travailler (ce qui est prévu dans son programme). Il peut *transformer* les sons selon les instructions qu'on lui a données, les *enregistrer* en stockant les chiffres dans sa mémoire (ou sur bande magnétique, disque souple ou dur, Compact Disc). Il peut les *corriger* avant restitution. Pour cela, son programme prévoit éventuellement des *vérifications* des échantillons (ou « impulsions »). Pas de toutes les impulsions, bien sûr, ce serait un programme inutilement important. Mais d'un pourcentage élevé de ces impulsions. Pour cela, il lance ses contrôles à intervalles réguliers et très rapprochés. Il prend en somme des « échantillons d'échantillons ». Cela lui suffit pour détecter automatiquement ce qui est anormal : parasites radio, rayures sur les Compact Discs, irrégularités de magnétisation des bandes, etc. Dans ce cas, l'ordinateur ayant en mémoire une suite des échantillons précédents, il lui est possible de remplacer ce qui ne va pas par le son correct le plus proche... qui est le véritable son d'origine. C'est pour cela que la reproduction peut être parfaite – enfin, presque parfaite – en « numérique » (ordinateurs, Compact Discs, etc.), alors que c'est impossible en analogique.

Des systèmes sonores digitaux

Malheureusement, nous ne pouvons entendre qu'en « analogique ». Les chiffres bruts ne nous font pas rêver, enfin, pas autant que Mozart ou les Pink Floyd. Alors, il faut passer, après toutes ces opérations, par un circuit électronique qui reconvertit le « numérique » (codé en binaire) en « analogique » (que l'on transmet, à travers un ampli, à un haut-parleur). A ce niveau, on risque évidemment de reperdre un peu de la qualité gagnée. Dans les systèmes sonores digitaux, ces défauts-là sont éliminés. C'est pourquoi des équipements complets en digital (numérique) fonctionnent dans certains studios d'enregistrement (disques, radio, télévision). Cette technique existe depuis longtemps dans les transmissions téléphoniques (longue distance) ou radio. Pour téléphoner au Japon, par exemple, un système analogique est insuffisant : vous n'entendriez pas grand-chose de distinct et votre correspondant non plus, à cause de la distance, de la nécessité d'amplifier plusieurs fois le « signal » qu'est votre voix, et de la perte de qualité à chaque amplification (comme quand on agrandit une image : elle finit par devenir floue). Alors, on prélève des échantillons de votre voix, des impulsions à la cadence de plusieurs milliers par seconde, on les code en chiffres binaires, et l'on reconstruit le son « authentique » à la sortie.



Sur un Compact Disc, les sons sont codés en binaire...



...et la lecture se fait au laser.

La création électronique des sons

Nous l'avons déjà évoqué : puisque l'ordinateur traite les sons comme des chiffres, on n'a pas besoin, pour produire des sons, de « sons d'origine ». On peut partir directement des chiffres, soit pour reconstituer quelque chose qui ressemble à un instrument existant, soit pour inventer, créer, des sons entièrement nouveaux. L'ordinateur peut alors être considéré comme un nouvel instrument de musique.
Avant que le violon, ou la cornemuse, ne soient inventés, leurs sons caractéristiques n'existaient pas. Les hommes n'avaient alors rien entendu qui ressemble à une note jouée par un violon, ou par une cornemuse. La supériorité de l'ordinateur, c'est que l'on peut, en créant les oscillations électriques les plus variées, lui faire produire un nombre invraisemblable de sonorités et de tonalités différentes. Y compris celles du violon et de la cornemuse. Tout dépend de sa puissance de mémorisation et de calcul... et des possibilités des haut-parleurs ou écouteurs, puisque ce ne sont pas les chiffres que l'on entend. Mais on peut, en tout cas, obtenir de lui au moins tous les sons que l'on peut entendre par haut-parleur, à la radio, à la télévision, ou sur une chaîne haute-fidélité.



Des sons entièrement artificiels

L'ordinateur peut créer et manipuler des formes d'onde très complexes, pourvu que sa rapidité d'exécution soit suffisante et les programmes correctement conçus. Par ce moyen, il n'y a théoriquement aucune limite à la création artificielle de sons, y compris à celle de la voix humaine. A bord de certaines voitures (françaises, notamment), le conducteur entend une voix le rappeler à l'ordre s'il n'a pas attaché sa ceinture, ou lui signaler que le moteur manque d'huile... Ce n'est la voix de personne ! C'est une création artificielle de l'ordinateur de bord...
Encore s'agit-il là d'une « voix » au timbre imparfait. Mais, avec des ordinateurs beaucoup plus puissants, on a pu réaliser des voix de chanteuses d'opéra entièrement synthétiques. C'est le travail d'une équipe de chercheurs de l'IRCAM (Institut de Recherches et de Coordination Acoustique Musique) dirigée par J.B. Barrière et X. Rodet. Et il n'y a dans cette opération aucune magie, ni même rien de très compliqué. Rien que l'utilisation intelligente et très « travaillée » de certaines techniques.

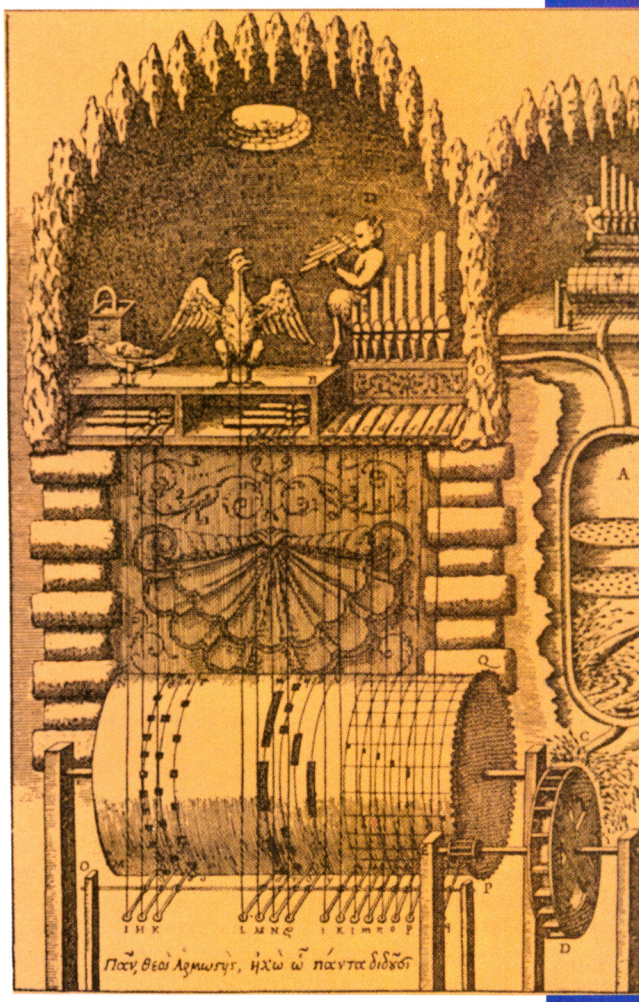
Les synthétiseurs analogiques

Les premiers **synthétiseurs** n'entraient pas dans le détail des sons. C'étaient de simples synthétiseurs analogiques, qui se contentaient de produire des formes d'onde. Ils ne les décomposaient pas en partiels, en harmoniques. Non, ils ne cherchaient pas à « savoir » de quoi était faite telle onde sonore. Ils la produisaient (après tâtonnements) et la reproduisaient à volonté. Ils créaient surtout des formes d'onde standard, *sinusoïdes, rectangles* (une onde peut ressembler à un rectangle, avec 4 variations brusques, toujours les mêmes),

triangles ou *dents de scie...* Chacune donnait un son particulier qui correspondait à un contenu précis en harmoniques. C'est-à-dire que, dans la nature, ou avec un instrument, un son correspondant exigerait, pour exister, la réunion de certaines harmoniques. Les synthétiseurs analogiques, après avoir produit ces ondes, les transformaient en agissant surtout sur la *tension* électrique, et en les faisant passer par des *filtres,* des circuits qui laissaient passer certains partiels, certaines harmoniques (les ondes individuelles) plus que d'autres.
On pouvait ainsi :
– obtenir un son plus fort ;
– « allonger » les résonances, ou les rendre plus brèves, plus « sèches » ;
– avoir plus de graves, plus d'aiguës ;
– obtenir que les sons se déforment après avoir été « joués » ;
– etc.
L'intérêt d'agir sur les sons produits en faisant varier la tension, c'est que ça permet des variations très rapides. Comme dans la vie, où nous pouvons, d'une seconde à l'autre, parler plus fort, plus aigu, plus grave, dans les limites de notre voix. Ou comme avec un instrument : d'une note de piano à l'autre, on peut changer la force de frappe.
Ainsi, en modifiant la tension dans les synthétiseurs, on changeait l'amplitude des ondes sans toucher à leur forme. Et on obtenait un son plus fort. Ou bien, on modifiait la fréquence des *oscillateurs,* des dispositifs qui donnaient aux ondes une fréquence précise, et donc une hauteur de note. On pouvait aussi changer la zone d'ondes où opéraient les filtres (plus ou moins vers le grave ou l'aigu).
Le *générateur d'enveloppe,* lui, permettait 4 réglages indépendants :
– le *temps d'attaque ;*
– le *temps de chute ;*
– le *niveau constant ;*
– et le *temps de décroissance finale.*
Dans le synthétiseur analogique, il y avait plusieurs appareils indépendants, de ce genre, sur lesquels on agissait séparément. Il suffisait de tourner un bouton pour changer quelque chose dans le son. On pouvait donc jouer directement et « à la main » comme sur n'importe quel instrument. On pouvait avec les synthétiseurs analogiques inventer et modifier des sons à volonté. On pouvait et on peut toujours, d'ailleurs, car c'est le cas de la plupart des synthétiseurs actuellement dans le commerce.
Seulement les sons ne sont pas forcément très jolis, et les possibilités limitées. En effet, les formes d'onde sont fixées une fois pour toutes. Et on modifie les sons un peu « à l'aveuglette », si l'on peut dire. Car on ne peut pas intervenir dans leur composition en harmoniques pour les dissocier les unes des autres et les faire évoluer indépendamment, ce qui est le cas dans les notes produites par les instruments de musique. D'autre part, cette action par le courant électrique avait un inconvénient : la réaction des appareils (les modules de contrôle par lesquels on agissait pour jouer) au courant électrique n'était pas stable. Un oscillateur peut varier sans prévenir. Comme c'est lui qui fixe la hauteur des notes, on a vite fait de jouer « faux » : un écart de 6 %, c'est un demi-ton, c'est-à-dire un *ré* dièse au lieu d'un *ré,* par exemple...

Le synthétiseur numérique

L'utilisation de l'ordinateur ouvre des possibilités incomparablement plus intéressantes. Il permet d'entrer « à l'intérieur » des sons. De les décomposer en partiels, c'est-à-dire en ondes bien séparées les unes des autres, avant d'agir sur chacune en particulier. En outre, il est parfaitement stable dans son fonctionnement. Son « cœur » est une horloge à quartz dont les vibrations sont très précises. Enfin, il a une mémoire qui permet de stocker les informations sur chaque forme d'onde, de les « consulter », de les transformer. L'ordinateur peut donc, à partir des éléments de courbe provenant de divers échantillons, construire des sons qui marient des éléments de timbre venus d'instruments très différents. Il peut librement déterminer leur évolution dans le temps. Sans même s'inspirer de la réalité, il peut fabriquer des sons en créant des formes d'onde arbitraires. Ou, mieux encore, en mélangeant des partiels inventés de toutes pièces. Il peut réaliser des interpolations : déterminer, en fonction du programme qu'on lui a donné, bien sûr, comment différentes formes d'onde vont se transformer en d'autres, selon des règles définies à l'avance. Il pourrait fort bien traduire un dessin en musique, en interprétant



L'orchestre artificiel, ou la machine pneumatique à synthétiser la musique, d'Athanasius Kircher.

ses contours, dans un ordre donné, comme des formes d'onde.
Le traitement numérique élimine certaines contraintes physiques, comme ce qu'on pourrait appeler « l'inertie » d'un son. Les pianistes disposent par exemple d'une pédale douce (*piano,* qui a donné son nom à l'instrument) qui leur permet d'étouffer les sons en bloquant leur résonance. Avec l'ordinateur, c'est encore plus simple : on peut prendre d'un son ce que l'on en veut, et interrompre net la résonance d'une note pour passer tout de suite à la suivante. On peut même n'interrompre que certaines des harmoniques constituant la note, par petits « paquets » successifs, et laisser le reste continuer à résonner. Ce qui fait que le timbre se modifie pendant la résonance.
Une possibilité intéressante est offerte par la **modulation de fréquence linéaire**. On prend deux formes d'onde de fréquences différentes (qui donnent donc des

sons de hauteur différente), et on module la fréquence de l'une sur les variations de l'autre. Dans la réalité, une forme d'onde donnée ne peut pas « vibrer » à n'importe quelle fréquence. Elle a son propre rythme. Là, on lui en impose un autre en accélérant ou ralentissant la fréquence (cela fait monter ou descendre la note) selon un profil qui est lui-même une autre forme d'onde. Quand cette *onde de modulation* monte, on augmente la fréquence, quand elle redescend, on la diminue. On souligne ainsi la vibration de cette onde de modulation en la faisant accompagner par un son qui varie au même rythme que l'onde évolue. Comme, dans le même temps, on peut faire varier l'intensité de cette modulation, c'est-à-dire l'importance des écarts de ton, et sa fréquence, c'est-à-dire le rythme auquel interviennent ces écarts, et tout ça instantanément, on aboutit à des sons très riches en partiels, et dont la composition évolue pendant leur émission. Ce principe de modulation de fréquence linéaire est notamment employé dans le Synclavier de New England Digital, et dans la série DX de Yamaha. D'autres types d'instruments commencent par constituer une collection d'enregistrements numériques de sons (à partir d'un micro). Ces sons enregistrés sont rangés pour former des séries de sonorités diverses et éventuellement mélangées, et on en joue sur un clavier (Emulator, Fairlight). C'est déjà très intéressant de pouvoir jouer ainsi de plusieurs instruments à la fois ou successivement avec le même clavier et en obtenant leur « vrai » son. Mais il y a mieux : on peut les transformer. Soit par des circuits électroniques analogiques, comme ceux des synthétiseurs « traditionnels » (c'est le cas de l'Emulator). Soit par des calculs ultra-rapides que l'ordinateur effectue sur les données numériques en se servant de logiciels spécifiques. Ainsi, avec le Fairlight, on peut, par exemple, obtenir un son de voix naturelle qui se termine par un son de trompette. En France, des installations très sophistiquées ont été conçues par G. di Giugno, P. Potacsek et E. Favreau pour l'IRCAM (dont nous avons déjà parlé à propos de la synthèse de voix de cantatrices) : des fonctions très complexes constituent des programmes informatiques qui permettent de traiter et de générer des sons. On obtient ainsi des sons extrêmement riches et transformables à volonté. Bien sûr, de telles installations ont coûté une fortune, parce qu'il s'agit de prototypes. Mais ce qui est intéressant, c'est qu'ils préfigurent forcément les possibilités sonores des petits synthétiseurs ou ordinateurs de demain. Au rythme où les technologies informatiques progressent... et avec l'accélération de la baisse des prix, on trouvera bientôt dans le commerce des appareils qui feront de nous tous des musiciens. A condition que nous ayons un minimum d'oreille, bien sûr. Mais nous pourrons imaginer de la musique et lui donner forme aussitôt. Avec des possibilités extraordinaires de création de sons et de composition de mélodies, orchestrées ou non. D'autant que, nous allons le voir, l'ordinateur peut apporter une aide déterminante au stade de la composition d'un morceau.

Allégorie de la faiseuse de flûtes.
Gravure par M. Engelbrecht – vers 1730.
Bibliothèque des Arts Décoratifs.



Ordinateur ou pas ordinateur ?

En ce qui concerne l'intervention de l'ordinateur dans la musique, il faut quand même signaler les réticences de certains musiciens. D'abord, un reproche technique est fait à beaucoup d'instruments (à l'exception du G.D.S. de Music Technology, et du Synclavier de New England Digital). Il tient à leur « non-interactivité immédiate » ! Expliquons-nous : sur les synthétiseurs analogiques, nous avons vu que l'un des avantages était la possibilité, en agissant sur les boutons ou curseurs, d'obtenir une variation immédiate du son. Avec le digital (numérique), il faut passer par un codage, ce qui « casse » l'inspiration, et ne permet pas de situer la modification que l'on apporte dans son cadre, qui est la continuité de l'ensemble. Ensuite et surtout, l'usage des synthétiseurs digitaux exige que l'on soit ingénieur du son au moins autant que musicien. Leur utilisation suppose une initiation un peu trop « technique ». Autre reproche : l'instrument de musique traditionnel est un prolongement direct du corps du musicien. C'est son souffle, ses mouvements, un certain effort musculaire, qui font de la musique ce qu'elle est, qui permettent au musicien de traduire son intention avec finesse et fidélité. C'est même vrai du piano, instrument relativement moderne, et assez technique : on parle du « toucher » d'un pianiste.



Les artistes savent s'adapter

A cette attitude de réticence un peu frileuse et conservatrice, plusieurs réponses peuvent être apportées. On peut rappeler quelles protestations a provoqué l'adoption du *piano forte* et de ses pédales, à la place du traditionnel clavecin. Qu'en reste-t-il aujourd'hui ? L'impérieux génie des artistes s'y est adapté tout naturellement, et ... musique, musiciens et public s'en trouvent plutôt bien. D'ailleurs, il existe déjà un instrument sur lequel l'intervention de l'artiste est aussi indirecte que sur les synthétiseurs analogiques, c'est l'orgue. Certes, l'organiste se démène énormément, produit un effort physique important, mais l'intensité des sons et leur tonalité ne dépendent pas de cet effort physique. L'orgue, pour lequel Jean-Sébastien Bach a composé peut-être ses plus belles œuvres (à l'époque où il inventait les pédales du piano...), n'est pas vraiment un prolongement du corps de l'instrumentiste. Enfin et surtout, l'évolution de l'informatique vers des systèmes de plus en plus simples à utiliser fait que l'on peut tenir pour certain que, dans quelques années, l'instrumentiste pourra dialoguer en direct avec son synthétiseur, procéder par tâtonnements comme sur un instrument traditionnel, entendre immédiatement l'effet de ses réactions instinctives, de ses émotions, et moduler son jeu en conséquence.

L'assistance à la composition

Si Mozart avait pu disposer d'un ordinateur, il aurait peut-être eu le temps de terminer son *Requiem* avant de mourir... Car l'ordinateur ne se contente pas de reproduire parfaitement les sons ni d'en produire de nouveaux. C'est aussi une « machine à composer » qui fait gagner du temps au musicien et lui permet d'entendre ce qu'il fait au fur et à mesure de la composition. Sur des ordinateurs très simples, on peut, grâce au clavier, enregistrer (éventuellement sur un

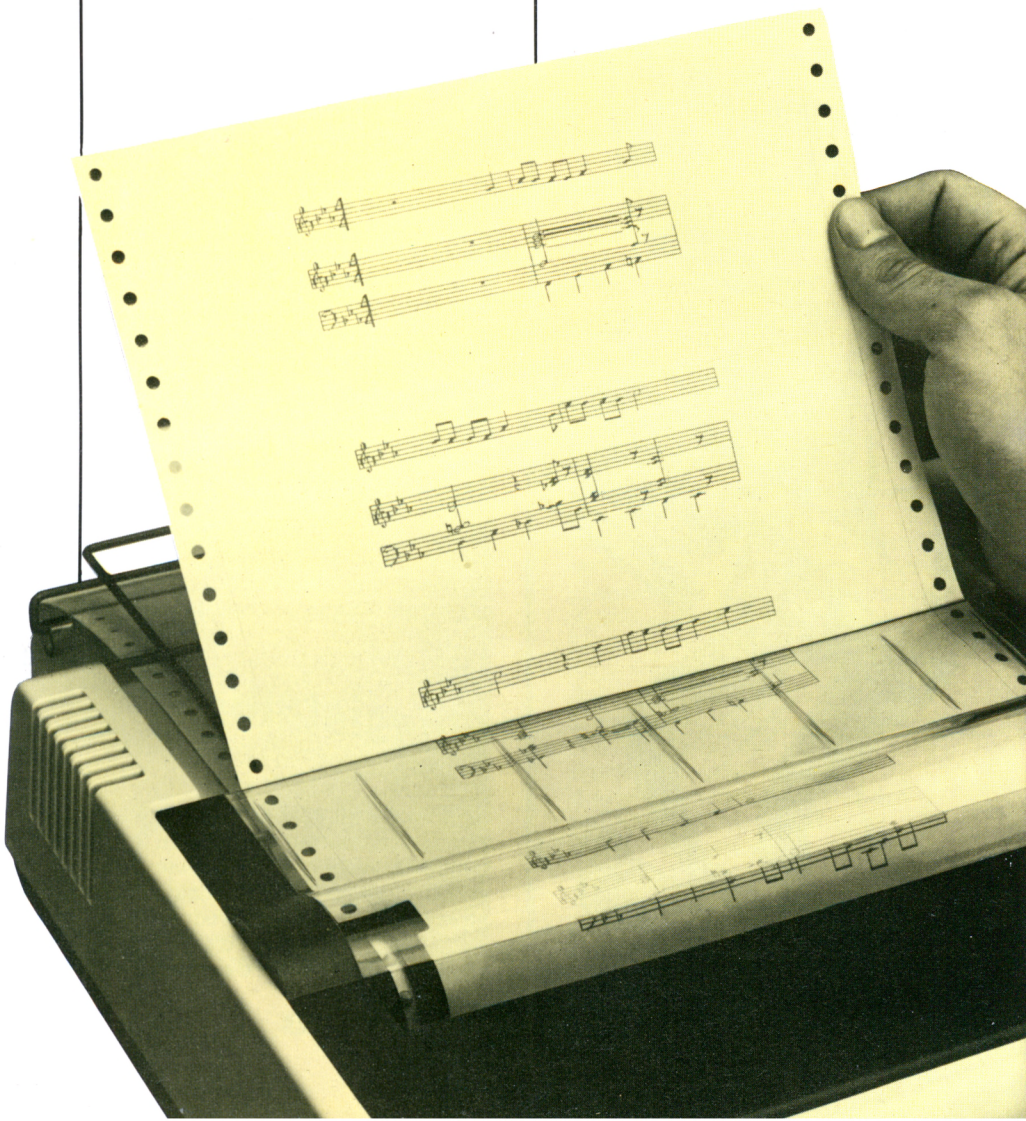
magnétophone monté en « périphérique ») des mélodies assez longues. A condition d'avoir établi un programme (ou branché un logiciel) qui permette de préciser par des chiffres et des lettres toutes les caractéristiques de chaque note : hauteur, durée, altérations, accentuation... On peut ensuite les écouter, rajouter des séquences de notes, les corriger (par exemple, pour les replacer dans le rythme), etc. On peut prévoir des sonorités différentes constituant une véritable orchestration. Le clavier « machine à écrire » peut d'ailleurs être remplacé par un autre, avec des touches de type « piano », ce qui est plus rapide.

Ainsi, l'ordinateur permet de composer de la musique sans avoir jamais appris. Il va peut-être permettre de révéler des talents insoupçonnés. Il y a un petit problème, cependant : la musique, cela s'écrit, sous forme de partitions bien réglées, avec des signes conventionnels, pour le rythme notamment, croches, doubles croches, silences et soupirs, clé de *fa* ou clé de *sol,* etc.

Qu'à cela ne tienne, répond notre compère l'ordinateur. Et il écrit pour nous ce que nous composons.

Il y a pour ça des programmes spéciaux (ALPHASYNTAURI, SOUNDCHASER) qui impriment ce que l'on a joué. Avec un micro-ordinateur Apple II, par exemple, équipé bien sûr d'une « carte » spéciale, le programme POLYWRITER (Passport) imprime des partitions d'excellente qualité. Non seulement, grâce au synthétiseur digital, vous pouvez inventer vos propres sons, mais vous voyez apparaître sur l'écran la partition. Comme vous constatez les modifications au moment où vous rectifiez, ajoutez, retranchez des notes, cela vous amène à comprendre très rapidement le système de notation traditionnel des musiciens. Quand tout est OK, il ne vous reste qu'à mettre en route l'imprimante... et à porter le résultat chez un éditeur de musique ! L'ensemble de cet équipement coûte environ 30 000 F. Cela peut paraître encore cher, mais si vous créez un « tube »... c'est donné !

Il existe un système encore plus performant, sur une machine très sophistiquée dont nous avons déjà parlé : le Synclavier, de New England Digital. Malheureusement, c'est encore beaucoup plus cher.



Rythmes !

Pour réaliser des accompagnements rythmiques, il existe depuis longtemps, même sur les petits orgues électroniques qu'on offre aux enfants, des systèmes automatiques qui imitent les percussions. Mais on est arrivé maintenant, grâce à l'informatique, à élaborer des « boîtes à rythme » qui surpassent les possibilités des meilleurs percussionnistes. Avec des rythmes d'une complication telle qu'on ne les aurait même pas imaginés auparavant, faute de pouvoir les réaliser. Le son est parfois créé par des circuits électroniques analogiques ; mais, de plus en plus, ce sont des sonorités réelles que l'on a enregistrées, après les avoir converties en chiffres (digitalisation), dans la mémoire morte d'un micro-ordinateur – ou dans un logiciel spécial. La plupart des enregistrements, aujourd'hui, ont recours à ces systèmes, en les combinant parfois avec des instruments traditionnels de percussion pour certaines parties du morceau. Certaines boîtes à rythme (Drumulator de Emu), reliées à l'Apple II, permettent d'écrire la partition rythmique sur l'écran et de la modifier à vue. Certaines batteries, d'apparence standard, utilisent en réalité les techniques numériques pour générer leurs sons (Batteries Simmons).

La composition automatisée

En programmant un ordinateur avec une quantité suffisante de règles musicales, on peut obtenir des compositions générées automatiquement. Par exemple, en analysant en détail les partitions de Jean-Sébastien Bach, on a pu faire composer à un ordinateur des « inédits » de ce compositeur (cela a été réalisé par Kupper à Dusseldorf sur un ordinateur IBM 360).
A l'université d'Illinois, dans les années soixante, deux chercheurs avaient déjà réalisé une grande partition créée par un ordinateur qui fut ensuite souvent interprétée, en public, par un orchestre à cordes.
Des travaux de composition automatique ont aussi été réalisés à l'IRCAM, par des compositeurs qui ont souvent développé leurs propres logiciels (Hauksson, Murail, Tiensuu, Manoury, Barlow, Tabachnik), mais aussi utilisé des logiciels de composition automatique de di Giugno en temps réel sur la 4X.
Dans ce cas, l'ordinateur produit, par exemple, des séries d'enchaînements mélodiques au hasard et rejette ceux qui ne correspondent pas aux règles programmées. Seules les compositions correspondant à ces règles sont retenues par la machine.
Certains travaux de composition automatique englobent aussi la production de sons, comme dans *P = Pinocchio ?*, l'œuvre de Tiensuu. Là encore, l'ordinateur ne réalise que les travaux qu'on lui a demandés, mais il les réalise avec une précision et une rapidité inégalables.
A une époque où les ordinateurs n'existaient pas encore, Mozart avait déjà imaginé une méthode pour composer de la musique en s'appuyant sur des règles précises et en s'aidant du hasard. Sa méthode s'appelait : *Instruction pour composer des valses par le moyen de deux dés, sans avoir la moindre connaissance de la musique ou de la composition* ! Il est probable qu'il aurait pu être très intéressé par les possibilités de l'ordinateur dans ce domaine si celui-ci avait existé à son époque. D'ailleurs, en 1640, dans son livre *Musurgia universalis*, Athanasius Kircher avait déjà imaginé un système mécanique rudimentaire pour composer de la musique : *L'Arca musarithmica*. Ce système permettait de combiner sur un tableau des séries de notes inscrites sur des réglettes sur lesquelles étaient inscrites des règles de composition.

Synchronisation

Il existe des systèmes permettant de rendre compatibles synthétiseurs, boîtes à rythme et autres appareillages électroniques. L'interface MIDI, notamment, transmet numériquement, à la cadence de 32 250 bits par seconde, les informations (hauteurs et durées des notes, rapidité de jeu) entre des instruments différents : on peut en raccorder jusqu'à 8 ! Par exemple, branchée sur une guitare spéciale et un synthétiseur, l'interface MIDI permet à un guitariste de jouer, grâce à son instrument, des sons de trompette, d'harmonica, ou encore des sons totalement nouveaux.
Les ordinateurs complètent aussi très efficacement les magnétophones de studio. Dans nos petits magnétophones à cassettes, nous disposons de deux pistes sonores. Mais les magnétophones utilisés par les ingénieurs du son en ont généralement 24, permettant d'enregistrer séparément – et successivement – plusieurs instruments. On peut alors réserver l'une des pistes à un codage numérique du rythme de base. On donne ces instructions en enregistrant la première ligne mélodique complète avec un instrument. Ainsi, on pourra ensuite faire entrer d'autres instruments, enregistrés indépendamment, que l'ordinateur calera sur le rythme de base sans qu'on ait à s'en soucier. Là encore, toutes les modifications, tous les remords sont possibles : l'ordinateur coordonnera les changements nécessaires.

L'ordinateur en studio d'enregistrement

Chose curieuse, on ne voit jamais d'ordinateurs dans les studios d'enregistrement. On ne les voit pas et pourtant ils sont partout.
Dans les magnétophones, ils permettent un repérage numérique des morceaux et même de chaque phrase musicale : plus de tâtonnements interminables, en avant et en arrière, pour retrouver le passage que l'on cherche et le modifier.
Dans les consoles d'enregistrement surtout. Une console, c'est l'âme d'un studio : c'est là qu'aboutissent toutes les notes jouées, c'est de là qu'elles sont dirigées vers les pistes magnétiques d'enregistrement, c'est là qu'elles reviennent pour être aiguillées vers les haut-parleurs du studio, corrigées par une nouvelle exécution, renvoyées au magnétophone. C'est là que sont mélangés les sons. Cela se présente comme un pupitre avec des curseurs sur lequel l'ingénieur du son agit comme un interprète.
L'assistance de l'ordinateur est particulièrement précieuse au stade du **mixage.** Il s'agit de l'opération qui consiste à mélanger les sons correspondant aux différents instruments et à différents « points d'écoute » (comme il y a des points de vue). On travaille aujourd'hui, en studio, avec des magnétophones à 24 pistes. Quand il faut mélanger le son de ces 24 pistes, en dosant à chaque instrument, son contenu en graves et en aiguës, ses résonances, même en y consacrant énormément de temps (et l'heure de studio coûte cher), les deux mains dont dispose l'ingénieur du son sont tragiquement insuffisantes...
Heureusement, l'ordinateur est là pour noter au fur et à mesure, soit sur une des pistes du magnétophone, soit sur des disquettes, toutes les modifications que l'on a successivement apportées, les instructions que l'on prévoit d'appliquer à des réglages ultérieurs, etc. Il s'agit le plus souvent d'un ou de plusieurs micro-ordinateurs assez simples, et programmés pour ça.
On trouve aussi l'ordinateur, bien sûr, dans beaucoup d'appareils à effets spéciaux. Par exemple pour traiter le son et obtenir des effets de réverbération ou d'écho.

La tentation d'utiliser l'ordinateur revêtit rapidement un autre aspect. C'est *une aide à la composition* que le compositeur sollicita. A une époque – il y a déjà plus de vingt ans – où l'expression « aide à » était encore confidentielle sinon ignorée. Généralisée pour mélanger les susceptibilités et les ignorances elle n'exprime aucunement l'état d'esprit d'un Pierre Barbaud, par exemple. Pour Barbaud le but apparaissait d'un coup : réaliser des compositions automatiques. D'où la première question : comment mettre en machine des symboles exprimant les notes de musique et particulièrement les douze sons considérés habituellement.
Considérer – après J.-J. Rousseau – une suite de nombres entiers fournissait la réponse. Ou plutôt un début de réponse. Un certain nombre de compositions musicales furent ainsi élaborées par Pierre Barbaud, Roger Blanchard et Janine Charbonnier qui constituaient le groupe de Musique Algorithmique. Certes, l'ordinateur « aidait » à la composition musicale mais son emploi n'éclairait pas le phénomène de la composition.
Toute programmation était précédée d'une construction « mathématisée » et l'on n'apprenait rien sur le phénomène de production de cette construction.
En revanche, l'attitude des compositeurs fut profondément modifiée. Tout d'abord Pierre Barbaud fut amené à repenser toute la systématique et l'axiomatique de la musique dite tonale.
D'autre part un certain nombre de compositeurs dont Michel Philippot et Janine Charbonnier abordèrent la composition musicale d'une façon totalement nouvelle. Au lieu d'assembler des sons de façon mi-rationnelle, mi-artisanale, ils imaginèrent des structures totalement exprimées sous forme mathématique et, peut-on dire « indépendamment des sons », projetées dans un domaine ultérieurement choisi de l'univers sonore. Cette structure abstraite engendrait seulement alors de la musique. C'était accorder la première place à la notion d'organisation.

in *Les enjeux culturels de l'informatisation* (ouvrage collectif sous la direction de Françoise Gallouedec-Genuys et Philippe Lemoine – La Documentation Française, 1980).



Le studio de La Frette.

La synthèse de la parole

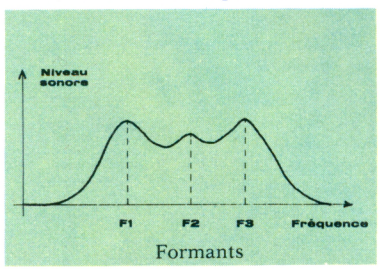
C'est le *nec plus ultra* de l'informatique. Un ordinateur qui parle ! Au lieu de devoir lire sur l'écran le résultat de ce qu'on fait, il suffit de s'asseoir et d'écouter la « voix » de l'ordinateur. Tous les films de science-fiction (depuis *2001, l'Odyssée de l'Espace*) nous montrent les héros dialoguant avec la machine-qui-sait-tout, et qui s'exprime avec un calme exaspérant, d'une voix sépulcrale. En théorie, pourtant, on pourrait donner à l'ordinateur n'importe quelle voix, non seulement en « re-créant » celles qui existent déjà, mais en synthétisant des timbres complètement artificiels.

Phonèmes et formants

Le langage parlé est composé de sons que les spécialistes appellent **phonèmes.** Le principe a donc été d'analyser la composition des mots en phonèmes, ce qui a permis de constater que, par exemple, la langue française se prononce avec seulement 37 phonèmes différents. Avec ces 37 phonèmes, nous prononçons tous les mots : des petits mots gentils aux gros mots peu convenables. Mais comment cela se passe-t-il ? Comment nous servons-nous de l'appareil vocal dont la nature nous a dotés ?
En fait, quand nous parlons, nous accomplissons, sans y penser, un énorme travail. Nous « fabriquons » des instruments de musique spéciaux, puis nous en jouons : pour émettre un phonème, nous fabriquons un premier instrument, puis nous en fabriquons tout de suite un autre pour émettre le deuxième phonème, et ainsi de suite. C'est-à-dire que nous déformons certaines parties de notre gorge et de notre bouche, pour que l'air y vibre à des fréquences bien précises, ou plutôt à des mélanges de fréquence (toujours les partiels...). En somme, nous créons des zones de résonance particulières, comme des tuyaux d'orgue calibrés pour former des « O », des « A », etc. L'instrument que nous créons est une petite « boîte » de forme et dimensions bien précises, qui va encadrer,



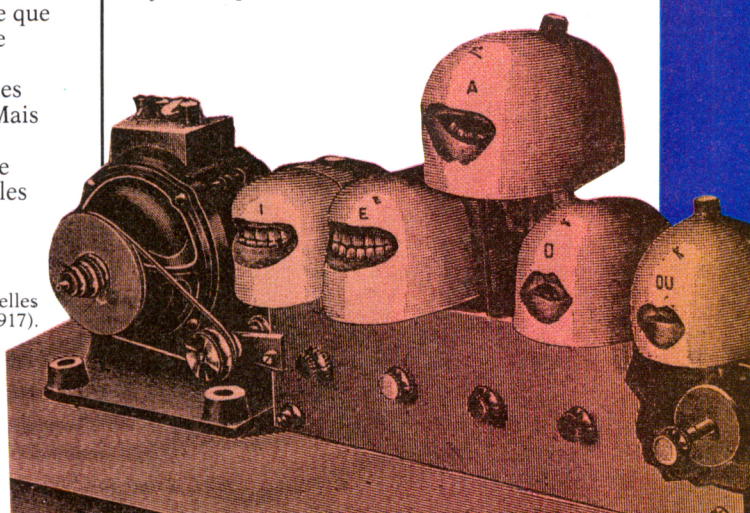
comprimer à la façon d'un moule les vibrations produites, au départ, au niveau de nos cordes vocales. L'onde sonore va garder cette empreinte, qui lui donnera sa forme. C'est la raison pour laquelle on appelle cette « boîte », que nous formons pour chaque voyelle (et quelques consonnes) un **formant.** Par l'action des petits muscles de notre bouche et de notre gorge, nous faisons se succéder des formants différents et, à la sortie, nous produisons des mots complets. Pour la plupart des consonnes, qui ne correspondent à aucune hauteur définie (il n'y a pas de « s » grave ou aigu), on se contente d'émettre un bruit de souffle qui sera modelé par la langue et les lèvres. C'est parce que les formants modifient aussi le dessin des lèvres que les sourds-muets peuvent « lire » les sons en regardant la bouche. Mais cette « lecture » n'est jamais parfaite, car l'essentiel se passe dans le larynx. C'est pourquoi les pilotes de l'armée de l'Air communiquent par des *laryngophones,* ou micros fixés en contact avec leur cou. Cela permet de capter les sons à leur origine, dans les formants.
Ces formants, on peut en définir avec précision les caractéristiques, et les traduire en chiffres. Ce qui permet de les reconstituer électroniquement. En les faisant ensuite traverser par des signaux d'une fréquence contrôlée, et par des signaux de bruit (pour les consonnes), on parvient à rendre tous les éléments de la prononciation des mots, y compris les phonèmes un peu particuliers, comme les « on », les « an », les « ou », etc. En pratique, et si l'on se contente d'un résultat approximatif, on arrive à reconstituer les 37 phonèmes de façon suffisamment compréhensible avec seulement 3 formants.



Formants

Codage prédictif

Il existe une autre technique.
Vous vous souvenez sans doute de la méthode exposée, au sujet des images, pour coder les émissions de télévision et les images d'ordinateur qu'on appelle le codage différentiel. On n'y retenait pour chaque pixel que ce qu'il avait de différent de celui qui le précédait. Eh bien, en remplaçant les pixels par des impulsions sonores (ces échantillons prélevés sur une onde sonore), on fait le contraire : on se sert non pas des différences mais des ressemblances entre deux impulsions successives pour « deviner » l'impulsion qui en suit une autre, pour la « prédire » en se servant de la première... et de celles qui la précédaient. Cela rappelle aussi un peu les procédés de lissage des courbes également évoqués au sujet des images. On appelle ça la synthèse par **codage prédictif**.



La sirène à voyelles du professeur R. Marage (1917).

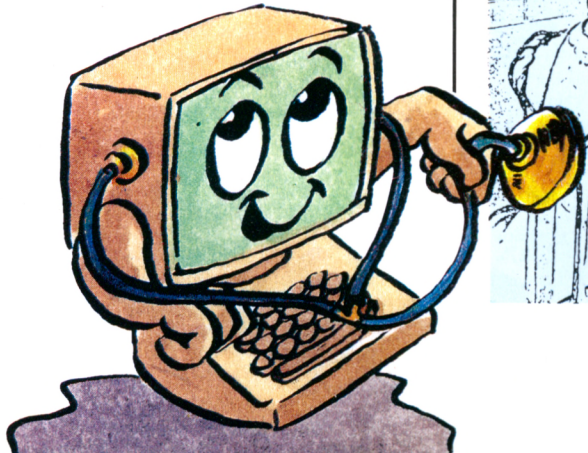
Cette méthode est l'une des plus utilisées dans les circuits de synthèse vocale.
L'intérêt de ces deux systèmes, la synthèse par formants et celle par codage prédictif, c'est qu'ils se contentent de relativement peu d'informations en provenance de l'ordinateur ; ils utilisent donc une faible part de la capacité des mémoires.

Échantillonnage

Si l'on peut disposer d'une mémoire de très grande capacité, on recourt à la synthèse par **échantillonnage** : on constitue d'abord une liste de mots ou de chiffres dont on peut avoir besoin, une sorte de dictionnaire ; on les enregistre tous, sous une forme numérique, dans la mémoire de l'ordinateur qui peut, dès lors, les restituer sous forme de phrases déterminées par le programme.

ICOLOG

Une autre solution consiste à partir d'une analyse des fréquences composant la voix humaine. On sait que les voix se situent toutes dans une « bande » de fréquences assez limitée, loin des extrêmes, jamais ni très graves, ni très aiguës.
On a pu regrouper les fréquences effectivement mises en jeu en 44 bandes différentes de hauteur variable. Dans son système ICOLOG, la société française Vecsys en a tenu compte : elle réunit 44 oscillateurs numériques, dont les formes d'onde et les fréquences peuvent être programmées. Les oscillateurs numériques, ce sont des appareils qui, en partant d'une information en langage binaire, créent des vibrations électriques de formes d'onde et de fréquences variables. On peut donc les asservir, ce que fait ICOLOG, à un programme reconstituant les ondes et fréquences de voix diverses.



La reconnaissance de la parole

Ce qu'on peut faire dans un sens, on doit pouvoir le faire dans l'autre. Alors, puisque l'ordinateur peut reconstituer une voix humaine, en trouvant de quoi elle était faite, il doit pouvoir la reconnaître, en identifiant ses composants.
Le problème est qu'il y a beaucoup de timbres différents. Donc, tout se ramène, là encore, à une question de capacité. Si l'ordinateur doit simplement reconnaître « la voix de son maître », dans quelques mots bien précis, toujours les mêmes, il suffit d'une mémoire relativement limitée. S'il doit être en mesure d'obéir aux injonctions de n'importe quelle voix prononçant n'importe quel mot, alors il faut stocker un nombre considérable d'informations.
En pratique, cependant, on a réussi à résoudre le problème dans le cas d'utilisation d'un nombre de mots limité. Ainsi, il existe, au Japon, un grille-pain qui s'allume, s'éteint, et dose la cuisson des toasts (très grillé, un peu grillé...) sur simple injonction vocale. Des robots ménagers plus complexes seront équipés dans un avenir proche. D'ores et déjà, aux États-Unis, un grand handicapé moteur, totalement immobilisé dans sa chaise roulante, se fait aider par un robot qu'il commande, à travers un micro-émetteur fixé sur son fauteuil roulant et relié à un ordinateur central, par des ordres « en clair ». Techniquement, le principe est le suivant. On constitue en mémoire un catalogue de formes acoustiques simples correspondant aux différents mots. Quand ensuite on prononce ces mots dans un micro, ils sont très rapidement analysés et leurs formes d'ondes sont comparées à celles du catalogue. La reconnaissance déclenche l'exécution de l'ordre correspondant.

Quand les opératrices du téléphone décident de se la couler douce ... le phonographe et ses réponses toutes faites leur sont d'une aide précieuse ! In *Lecture pour tous* – Janvier 1905.



Des lendemains qui chantent...

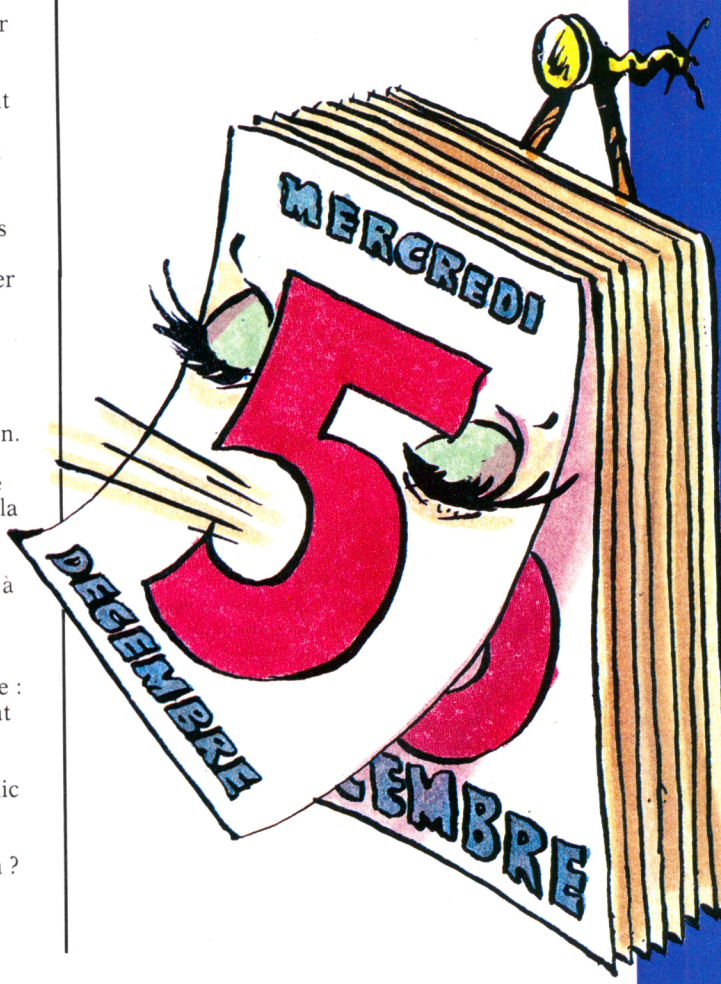
Nous avons vu tout ce que l'informatique individuelle peut apporter dans le domaine des sons. Il s'agit d'une véritable libération de toutes les limitations qui enserraient jusqu'à présent la création musicale.
Dès le stade de l'apprentissage, l'ordinateur efface tous les aspects rébarbatifs du solfège tel qu'on l'enseignait traditionnellement.
On peut réellement apprendre en s'amusant, apprendre, même, en composant. Des personnes jusqu'alors exclues du monde musical par les difficultés d'initiation ou le manque d'occasions vont pouvoir, dans les années qui viennent, grossir en foule les rangs de ceux qui non seulement écoutent de la musique (c'est déjà le cas avec l'explosion de la haute fidélité) mais aussi de ceux qui font la musique. Le poète ne se lamentera plus en évoquant « tous les petits Mozart qu'on assassine ». Au contraire, des petits Mozart vont être découverts ailleurs que chez les enfants de musiciens, et cela pourrait bien apporter une diversité extraordinaire dans la production musicale de demain.
Pour les musiciens professionnels, pour tous ceux qui composent avec les instruments traditionnels ou qui recherchent des sons nouveaux, nous l'avons vu aussi, l'ordinateur apporte une aide déterminante. Il simplifie et accélère leur travail. Il libère ainsi leur imagination. A leur capacité d'invention il ajoute en quelque sorte la sienne, puisqu'il leur permet d'utiliser différemment les sons traditionnels, et de fabriquer des sonorités totalement nouvelles, en fait toutes les sonorités audibles par l'homme. Il leur offre de réaliser entre ces sons tous les mariages possibles, même ceux dont ils ne pouvaient pas rêver jusqu'à maintenant, parce qu'il n'existait aucun espoir de les faire entendre. Les nouvelles façons de travailler la musique que cela introduit vont changer radicalement l'attitude du musicien. Plus de laborieux efforts pour essayer « d'entendre » dans sa tête ce que donnera une ré-écriture de la partie violons dans ce passage d'une symphonie, plus de problèmes techniques d'exécution à prendre en compte dès la conception. On ne peut encore imaginer ce que cela va donner. Mais la leçon du passé nous éclaire : toute introduction d'un instrument nouveau a fait progresser la création musicale, modifié l'idée même que les musiciens et le public se font de la musique, révélé des talents prodigieux. Sans le piano, connaîtrait-on aujourd'hui Chopin ? Liszt ?... Et l'ordinateur est beaucoup plus qu'un nouvel instrument...

L'enregistrement sur bande magnétique me permettait de disséquer les sons dans leur dimension temporelle, et les filtres d'en faire autant dans le plan harmonique. Avec ces seuls moyens, l'étude du phénomène d'attaque m'apporta des surprises considérables. C'est apparemment, un pléonasme de dire que l'attaque d'un son se situe à son début. Et pourtant, après avoir coupé, sur la bande magnétique, le début d'une note de piano grave, j'entendais encore *la même attaque.* La première stupeur passée, je m'aperçus, grâce à d'autres expériences concordantes, que cette perception était liée, en fait, à la reconnaissance globale de la pente dynamique : dans ce cas, la coupure affectait le niveau et la durée, mais n'altérait pas la forme générale (ou, comme avaient dit d'autres expérimentateurs allemands travaillant sur la perception visuelle : la *Gestalt*).
Contre-épreuve : la même opération, pratiquée sur une note de piano médium, dont la pente dynamique est irrégulière, modifiait cette fois sa forme et transformait la perception d'attaque. Mais, du même coup, le timbre était lui aussi altéré : la note de piano ainsi traitée ressemblait à présent à un son de flûte.

in *Les antennes de Jéricho* par Pierre Schaeffer (Stock, 1978).

Deux directions pour la synthèse automatique de la parole :
– le traitement automatique de la parole à l'intérieur des réseaux de télé-informatique par l'intermédiaire de systèmes d'analyse-synthèse, à faible débit d'information ;
– l'utilisation du téléphone comme terminal...
Aux Etats-Unis, 12 % des achats des particuliers se font par correspondance, l'usage de la carte de crédit associée au téléphone trouve là un champ d'expansion de première importance grâce à la réponse vocale.

in *Les machines parlantes – prospective mondiale* (programme national d'innovation N° 2 – Ministère de l'Industrie).



Un peu de Basic...

PLAY

Les instructions musicales du MO5 permettent, sinon d'en faire un instrument de musique à proprement parler, du moins de s'en servir pour s'initier au solfège. On peut notamment lui faire jouer des mélodies, les noter, les arranger.

La commande PLAY permet de jouer des notes en les écrivant les unes à la suite des autres sur le clavier. On ne retient toutefois que les deux premières lettres de chaque note.
Ainsi,
PLAY « DOREMIFASOLASI »
est lu par l'ordinateur comme une chaîne de caractères groupés deux par deux (attention : So pour *Sol*).
On tape ENTREE, et on entend une gamme (en *do* majeur).

O

On peut choisir l'octave dans lequel la suite de notes doit être jouée. L'instruction est O, suivie d'un chiffre compris entre 0 et 5 ; 00 étant l'octave le plus bas, 05 le plus aigu.
Par exemple, pour faire s'enchaîner deux gammes montantes en partant du 2e octave, on tape :

```
10 B$="DOREMIFASOLASI"
20 PLAY"02"+B$+"03"+B$
30 END
```

L

Une autre instruction permet de faire varier la durée des notes, dans la proportion de 1 à 96. On a, en fait, divisé par 96 la durée de la note la plus longue en solfège, la *ronde*. Cette instruction de durée est L (comme longueur) suivie d'un chiffre. « L96 », c'est une ronde, « L48 » une blanche (1/2 ronde vaut 2 noires, comme chacun sait), ce qui fait que « L24 » est une noire, et ainsi de suite jusqu'à la note la plus rapidement enchaînée avec les autres, la double croche de triolet qui répond à la commande « L2 ».

P

Si l'on veut introduire un silence, on tape P (comme pause). On peut fixer la durée de ce silence tout comme celle des notes, de 1 à 96.
Maintenant, entrons en scène et dirigeons-nous vers notre clavier, sous les applaudissements bien sûr. Nous allons interpréter un morceau très difficile : *Au clair de la lune.*

Le **découpage des instructions** permet d'introduire un silence d'une mesure après chaque phrase, sans avoir à le préciser :

```
10 PLAY "DODODORE"
20 PLAY "L48MIRE"
30 PLAY "L24DOMIRERE"
40 PLAY "L96DO"
50 PLAY "L24PPPP" : GOTO 1
```

T

Pour le rythme général de l'exécution, le *tempo,* on peut recourir à l'instruction T. Il y a tout une ... gamme de possibilités, avec 256 – pas moins ! – rythmes différents, allant de T256 *(prestissimo)* à T1, qui est un rythme bien plus lent que le *largo* traditionnel et permet toutes les oraisons funèbres...
Essayons, par exemple, une série de gammes avec des *tempi* de plus en plus lents :

```
10 B$="DOREMIFASOLASI"
20 PLAY
   "T1"+B$+"T2"+B$+"T3"+
   B$+"T4"+B$+"T5"+B$
30 END
```

+ Concaténation

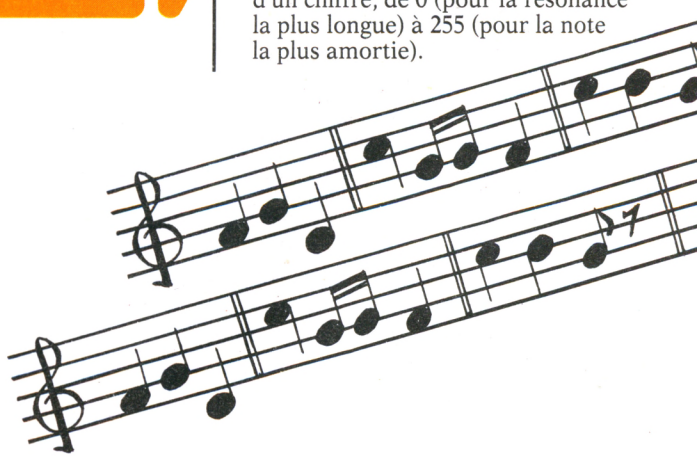
+ ordonne à l'ordinateur de construire une chaîne faite des deux chaînes situées de part et d'autre de lui. L'opération qu'il définit s'appelle **concaténation.**

Les dièses et les bémols existent aussi, bien sûr, dans la mémoire morte de notre MO5. On les programme en faisant suivre la note du signe # pour les dièses, et simplement b, pour les bémols. Cela donne, par exemple :

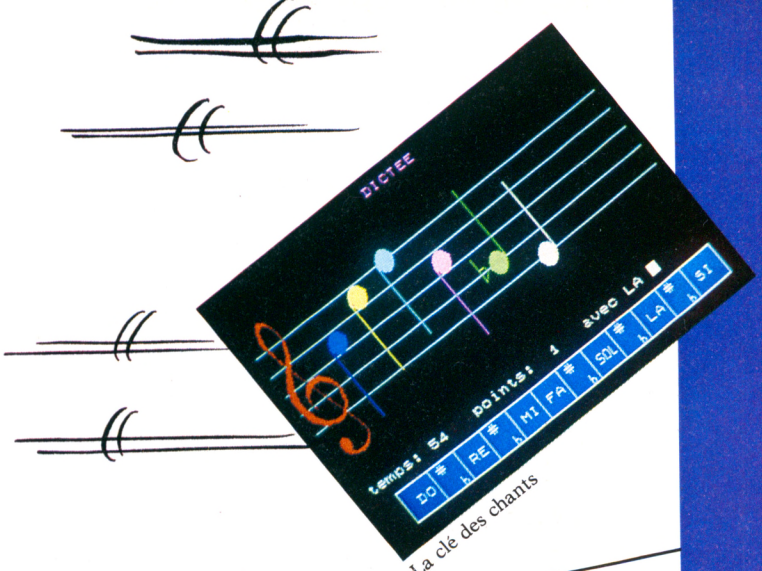
```
10 PLAY « DO#FASO »
20 PLAY « DObMIbSOb »
```

A

Nous avons vu que la durée de chaque note pouvait être fixée par référence à la ronde, qui est la note la plus longtemps tenue. Mais, alors que l'on joue la note suivante, celles qui ont précédé continuent à résonner. C'est ce qu'on appelle la durée du son. On peut agir aussi sur la durée de cette résonance, comme le pianiste avec ses pédales. On dispose pour cela de 255 durées possibles ! Cela va du son continu jusqu'à des sons très secs, très brefs, immédiatement amortis. C'est l'instruction A dont on se sert pour cela. En la faisant suivre d'un chiffre, de 0 (pour la résonance la plus longue) à 255 (pour la note la plus amortie).



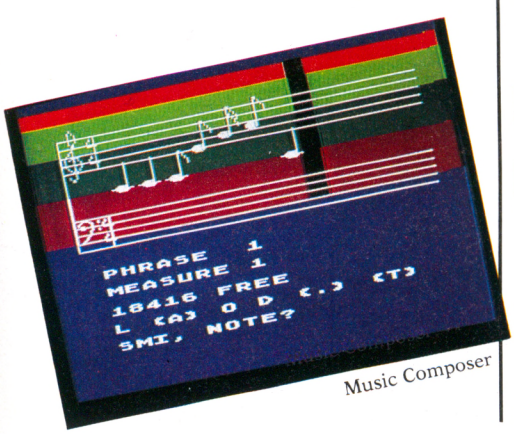




La clé des chants

Envoyez la musique !

Si vous comptez sur votre ordinateur personnel pour vous enseigner la musique, munissez-vous de patience et ayez déjà une oreille à toute épreuve. Car si vous ne savez même pas reconnaître le *do* du *si* bémol, vous risquez de n'y plus rien entendre. On ne peut pas dire, en effet, que la qualité de restitution des sons générés par un micro-ordinateur soit excellente. Bien souvent, le mimétisme instrumental de l'ordinateur reste loin de la réalité. Par ailleurs, les logiciels d'auto-apprentissage de la musique pour néophytes complets ne sont pas légion. On vous proposera plutôt des programmes de type éditeur ou synthétiseur musical que de véritables leçons de solfège. Toutefois, si vous préférez vous faire corriger par votre micro-ordinateur plutôt que par un professeur impatient, ou si vous voulez composer de la musique digitalisée, voici quelques logiciels de musique pour micro-ordinateurs.



Music Composer

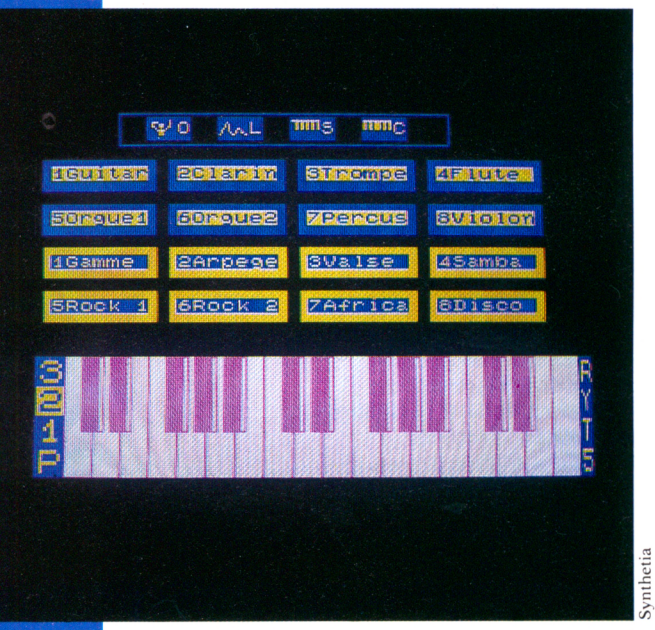
Music composer

Sur Atari 800, ce logiciel ne permet pas d'apprendre le b-a-ba de la musique. Il s'adresse à des utilisateurs déjà initiés.
Il propose quatre synthétiseurs de sons, chacun sur 3,5 octaves ; on peut composer ses propres mélodies à l'aide des touches du clavier, mais il faut savoir que tout se passe en anglais, *A* pour *la*, *B* pour *si*, etc. La manipulation du logiciel nécessite donc une bonne assimilation préalable de la syntaxe en anglais.
MUSIC COMPOSER peut recevoir en édition dix phrases de musique ; on peut archiver les partitions, modifier les structures musicales en agissant sur les notes, le volume sonore, le rythme, la clé et le *tempo*. Les phrases peuvent être rejouées et combinées sur quatre voix simultanément. L'affichage sous forme graphique de la phrase, ainsi que l'émission du son s'effectuent simultanément à la saisie des données. La qualité auditive est moyenne. Ce logiciel peut constituer un outil d'approfondissement des connaissances sur la création de structures musicales.

La clé des chants

Édité par Vifi-Nathan pour TO 7 ou MO5, ce programme est plus adapté à l'apprentissage même de la musique, pour les enfants ou les adultes. La représentation graphique des notes est bien conçue pour une mémorisation rapide.
LA CLE DES CHANTS propose plusieurs exercices qui nécessitent tous la manipulation du crayon optique. Le premier exercice consiste en une lecture de notes à partir d'une portée en *clé de sol* ou en *clé de fa*, avec quatre niveaux de difficulté, dont le niveau débutant. A l'écran s'affichent les sept notes ainsi que la portée et la clé choisies.

Un compteur de temps ajoute une dimension ludique à l'exercice. L'utilisateur doit identifier les notes dans la durée impartie, et sa dextérité s'exprimera par un score en nombre de points.
On peut regretter cependant que le programme ne présente pas les notes une par une pour permettre à l'utilisateur, avant la lecture d'une portée, de se familiariser avec elles.
Les exercices suivants portent sur une dictée musicale avec notes altérées, l'ordinateur proposant des notes sonores et graphiques qu'il faut reconnaître le plus vite possible, puis des dictées de rythme ; le programme présente alors des options de mesure, de longueur des notes, de silence ou non (pause, demi-pause, soupir, etc.).
Ce logiciel, s'il ne permet pas de composer soi-même des morceaux de musique, offre une bonne initiation et un entraînement agréable au solfège.



Synthetia

Synthetia

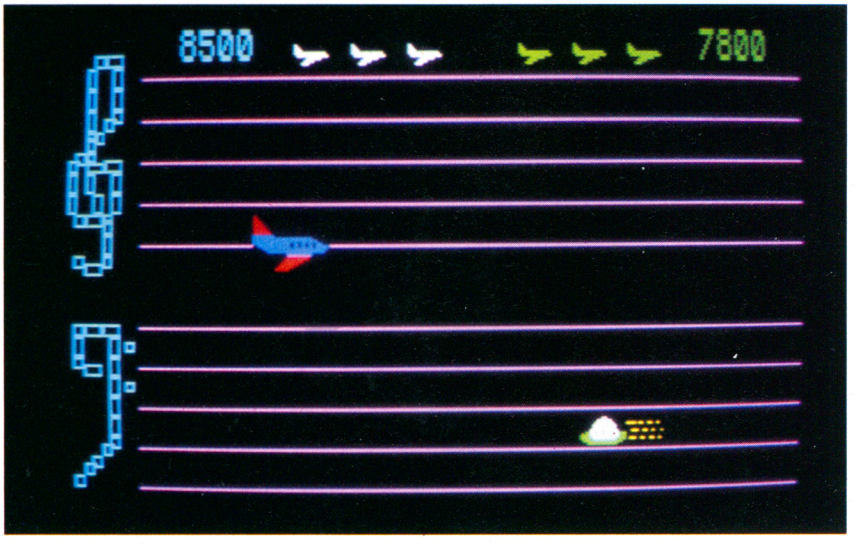
Édité également par Vifi-Nathan pour TO 7 ou MO5, SYNTHETIA est un synthétiseur musical, que l'on manipule à l'aide du crayon optique. Le menu propose une série d'instruments (huit instruments de départ : guitare, clarinette, orgue, violon, trompette, etc.).
Le clavier de l'instrument choisi par l'utilisateur s'affiche à l'écran avec ses caractéristiques ; il appartient au mélomane de modifier ensuite l'enveloppe et les harmoniques de la note, de travailler le son pour créer mélodies, rythmes, nouveaux instruments... La multiplicité des sons disponibles est assez étendue ; cependant la restitution sonore au niveau instrumental laisse encore à désirer. Précisons par ailleurs que ce logiciel n'offre pas la possibilité d'éditer des partitions et de les archiver ; il constitue surtout un bon outil d'étude sur la structure d'un son et la synthèse d'une note.

Melodia

Également sur MO5. Son intérêt pour l'apprentissage n'est pas négligeable, car il permet de faire apparaître les mélodies sur l'écran sous la forme de portées traditionnelles (les lignes parallèles sur lesquelles les musiciens inscrivent leurs notes). On peut écouter ce qui est inscrit, et, en le modifiant à partir du clavier selon les instructions, voir ces modifications s'inscrire dans les règles du solfège. C'est un excellent instrument d'initiation, qui permet de « penser solfège » couramment, en très peu de temps.
On peut ainsi faire changer la durée des notes entre 5 standards différents : double croche, croche, noire, blanche, ronde. Et voir comment cela s'écrit. Introduire dièses et bémols, choisir un chiffre d'octave (de 1 à 5) et en voir apparaître la notation traditionnelle. Pour modifier (on dit **éditer**), on peut se servir d'un crayon optique que l'on pointe directement sur les signes de l'écran. Si on n'en a pas, on peut se servir du clavier, mais c'est évidemment un peu plus long.
Au moment de l'exécution du chef-d'œuvre, on indique à la machine un *tempo*, entre 9 possibilités différentes.
Pour revenir sur ce qu'on a écrit, il suffit d'agir sur les touches fléchées du clavier pour remonter très loin en arrière dans la partition, dont les pages successives défilent en continu sur l'écran. Enfin, si l'on veut, on peut ensuite grâce à une imprimante, reporter toute la partition sur papier.
Vous avez sans doute remarqué que les possibilités de ce programme sont un peu en dessous de celles du MO5 tel quel : moins de rapidité des notes (5 au lieu de 96), moins de *tempi* possibles (9 au lieu de 256). Cela ne présente pas d'inconvénient, dans la mesure où on ne se sert jamais que d'une petite partie de ces possibilités d'origine. En revanche, c'est un plus considérable que de voir la partition s'inscrire automatiquement et se modifier à volonté, sans que l'on ait à connaître la moindre notion de solfège au départ.

Et bien d'autres !

Il existe des programmes comparables, mais en anglais pour la plupart, conçus pour d'autres micro-ordinateurs : Apple, Atari, Commodore, Tandy/Radio Shack, Texas Instruments...
Tous présentent le même avantage : il est possible aujourd'hui, grâce aux micro-ordinateurs, d'apprendre la musique individuellement (même dans les écoles), chacun pouvant progresser à son rythme (et en général très rapidement), indépendamment des autres.
Notons, pour finir, chez Logimus, les programmes plus spécialisés que sont : MELODIMUS, ASTROMUS et LA FOIRE AUX RYTHMES.



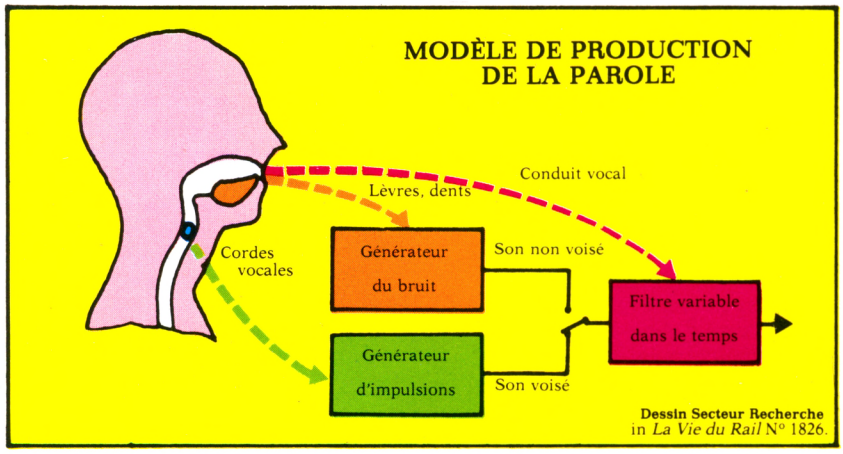
Astromus

Parole d'ordinateur !



Dans ses labos équipés de machines « à puces » et de matériels électroniques en tous genres, une petite équipe de chercheurs officie avec passion au sein du Département d'Études, de Planification et de Recherche de la SNCF. But : faire parler les ordinateurs, c'est-à-dire approfondir toutes les connaissances actuelles sur le traitement de la parole et réaliser des maquettes-prototypes testées *in situ* dans les gares, pour aboutir prochainement à une application généralisée dans tous les services de la SNCF, qu'il s'agisse des annonces aux voyageurs ou de l'aiguillage des trains.
Le traitement de la parole par ordinateur comporte deux directions essentielles de recherche : la synthèse et la reconnaissance de la parole. La synthèse de la parole, ou parole synthétique, peut être obtenue par différents moyens ; à la SNCF, la technique utilisée est celle de la « synthèse par mots », qui s'appuie sur la méthode dite de « prédiction linéaire », issue des analyses sur le fonctionnement de l'appareil phonatoire humain.

Le principe de la prédiction linéaire est en effet de définir deux types de production de sons : les sons voisés, provoqués par la vibration des cordes vocales (exemple : les voyelles, les lettres « m », « n »), et les sons non voisés, produits par la génération de bruit à l'intérieur du conduit vocal (ainsi par exemple les sons « s » et « ch »).



Dessin Secteur Recherche
in *La Vie du Rail* N° 1826.

A partir de cette distinction entre les sons, la production d'une parole synthétique reproduisant le plus fidèlement possible la voix humaine s'effectue en deux temps :
– en studio d'enregistrement, la voix d'un speaker énonce les messages-types, permettant ainsi la constitution d'un vocabulaire de base qui pourra être utilisé dans toutes les combinaisons voulues (banque de données vocales). Cette voix est ensuite analysée, « découpée » en pavés de mots, codée et mémorisée dans un puissant ordinateur. L'ordinateur traite alors les caractéristiques essentielles de la voix, à l'aide de calculs mathématiques permettant la « compression » des mots : on détermine le type de sons (voisé, non voisé), et on dégage ensuite les paramètres fondamentaux de la voix (fréquence, énergie, coefficients de timbres). Cette phase de mémorisation et de compression est actuellement très performante grâce à la méthode de prédiction linéaire qui permet de réduire considérablement le nombre des informations nécessaires au traitement de la parole, et donc de stocker ces informations dans un micro-ordinateur dont la densité de mémoire est plus limitée, mais dont l'utilisation s'avère nettement plus souple ;
– tous les paramètres de la voix étant déterminés et stockés en

mémoire, on passe à la phase de restitution qui réalise la synthèse proprement dite de la parole. Les sons voisés sont fabriqués par des cordes vocales électroniques, les sons non voisés par un générateur artificiel de bruit ; le timbre de la voix est créé à l'aide de filtres qui reconstituent le conduit vocal et font varier le timbre dans le temps.
Mais pourquoi fabriquer des « machines parlantes » ?
A la SNCF, l'utilité de mise en application de tels procédés apparaît évidente, aux dires de leurs auteurs : un système automatisé d'annonces aux voyageurs, par exemple, autorise non seulement un gain de temps et de fiabilité par opposition aux bandes enregistrées actuellement en service, mais aussi une grande souplesse d'utilisation, puisque l'on peut combiner les éléments de vocabulaire, par l'intermédiaire de la banque de données, et disposer ainsi d'une multiplicité de messages créés instantanément ; il suffit, à partir du clavier du micro-ordinateur, de saisir les informations choisies, et l'annonce sera générée par un logiciel qui effectue la recherche, la combinaison, et provoque la sonorisation des phrases.
Ce système d'annonces aux voyageurs a d'ailleurs été testé en gare de Reims, où l'on a pu éprouver la qualité de restitution de la parole et son adaptabilité à l'environnement bruyant d'une gare.
Apparemment, l'expérience s'est déroulée sans accroc technique, et les voyageurs n'auraient perçu aucune différence notable avec les bandes enregistrées. Le test se poursuit actuellement en gare des Invalides.
Mais les ambitions des chercheurs de la SNCF ne s'en tiennent pas là : d'autres projets sont en préparation, notamment celui d'un système de télé-affichage, qui permettra de diffuser les annonces simultanément par la voix et par l'image, sur de superbes écrans couleur composés en pages Vidéotex.
Verra-t-on bientôt des voyageurs manquer leur train, absorbés dans la contemplation de ces images inédites dans les gares et saisis par la voix enjôleuse de l'ordinateur ?

Les recherches sur la communication homme-machine au CRIN

Une voie de recherche actuelle importante en informatique concerne l'amélioration de la communication entre l'homme et la machine.
L'équipe « Reconnaissance des Formes et Intelligence Artificielle » du CRIN (Centre de Recherche en Informatique de Nancy), dirigée par J.P. Haton, s'attache depuis plus de dix ans à résoudre ces problèmes, en particulier par l'étude de modes de communication homme-machine non conventionnels tels que la parole, l'écriture ou l'image.
Les recherches dans ce domaine concernent à la fois les phénomènes de perception (ce que l'on appelle la reconnaissance des formes) et de raisonnement sur ce que la machine a perçu (on est alors dans le champ de l'intelligence artificielle).

La reconnaissance de la parole

La reconnaissance de la parole consiste à faire identifier, et, dans une certaine mesure, comprendre par une machine des mots ou des phrases prononcés par un locuteur.
On conçoit l'intérêt de la parole pour s'adresser à une machine : efficacité, naturel, possibilité d'interaction avec d'autres modes de communication, etc.
Les applications des entrées vocales – souvent liées d'ailleurs à l'existence de sorties vocales, c'est-à-dire à la possibilité pour une machine de synthétiser la parole – sont très nombreuses tant dans le domaine industriel (saisie de données, commande de machines, etc.) que pour le grand public (dictée vocale, accès téléphonique à des centres de renseignements, etc.).
La parole naturelle est un phénomène acoustique essentiellement continu, sans pauses systématiques entre les mots. Or, actuellement les techniques de reconnaissance automatique imposent au locuteur de s'exprimer par mots isolés ; c'est ce qui se passe dans la plupart des systèmes commercialisés.
Les recherches se poursuivent donc selon plusieurs axes : augmentation de la taille du vocabulaire jusqu'à plusieurs milliers de mots, possibilité d'enchaîner les mots continûment, par exemple une suite de chiffres, fonctionnement des systèmes en mode multi-locuteur, évitant ainsi d'avoir à effectuer un apprentissage préalable pour utiliser un tel système.
Compte tenu de l'évolution de ces recherches, qui ont déjà donné lieu à la réalisation de maquettes de systèmes assez performants (système Myrtille), on peut penser que des applications de dialogue oral verront le jour au cours des dix ans à venir.

Parole, Sons et Enseignement Assisté par Ordinateur (EAO)

Le traitement automatique de la parole est susceptible de permettre d'autres applications, en particulier dans le domaine de l'EAO. Les travaux du CRIN dans ce cadre portent sur deux aspects :
- l'éducation vocale des enfants sourds (système Sirène) ;
- l'utilisation de la parole et des sons dans des systèmes d'EAO, par exemple en dictée, pour l'apprentissage de la musique ou pour l'envoi de messages à l'élève.

La parole est un mode de communication homme-machine dont l'importance est appelée à croître dans l'avenir. De nombreux problèmes restent néanmoins à résoudre pour réaliser de vrais systèmes de dialogue oral. Ces problèmes relèvent pour une bonne part de l'intelligence artificielle et de ses techniques.

Diva ?

À défaut de rêver, l'ordinateur peut-il chanter ? Voilà qui parle à l'imagination : le phonographe pressenti par Jules Verne, la fabuleuse diva du *Château des Carpathes* incarnée par une encore plus mystérieuse machine... Pourtant, rien d'utopique. À Paris, l'Institut de Recherche et de Coordination Acoustique-Musique (IRCAM) a réalisé cette gageure. L'art rencontre la science. Le bel canto sort du néant.

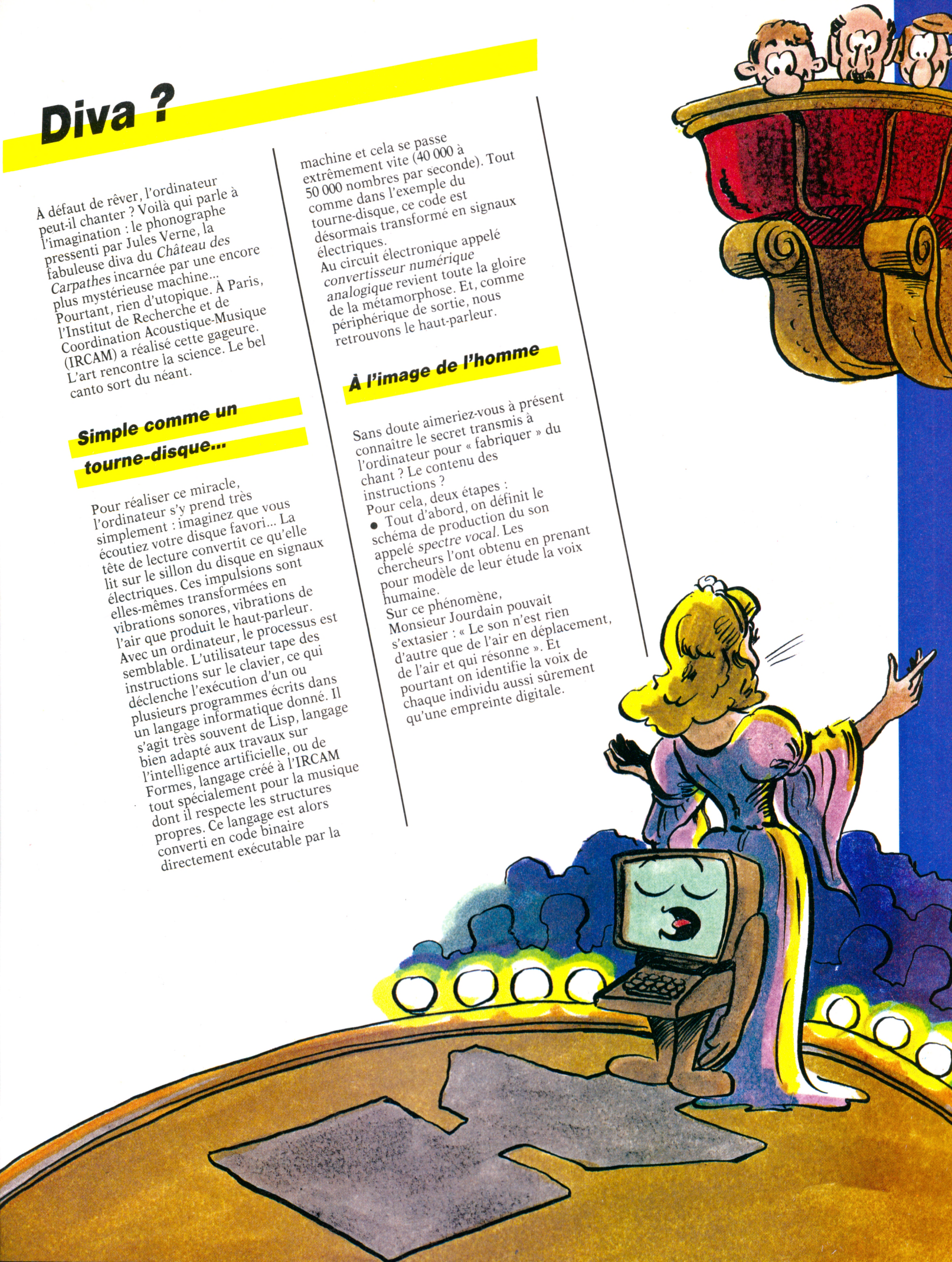
Simple comme un tourne-disque...

Pour réaliser ce miracle, l'ordinateur s'y prend très simplement : imaginez que vous écoutiez votre disque favori... La tête de lecture convertit ce qu'elle lit sur le sillon du disque en signaux électriques. Ces impulsions sont elles-mêmes transformées en vibrations sonores, vibrations de l'air que produit le haut-parleur. Avec un ordinateur, le processus est semblable. L'utilisateur tape des instructions sur le clavier, ce qui déclenche l'exécution d'un ou plusieurs programmes écrits dans un langage informatique donné. Il s'agit très souvent de Lisp, langage bien adapté aux travaux sur l'intelligence artificielle, ou de Formes, langage créé à l'IRCAM tout spécialement pour la musique dont il respecte les structures propres. Ce langage est alors converti en code binaire directement exécutable par la machine et cela se passe extrêmement vite (40 000 à 50 000 nombres par seconde). Tout comme dans l'exemple du tourne-disque, ce code est désormais transformé en signaux électriques.
Au circuit électronique appelé *convertisseur numérique analogique* revient toute la gloire de la métamorphose. Et, comme périphérique de sortie, nous retrouvons le haut-parleur.

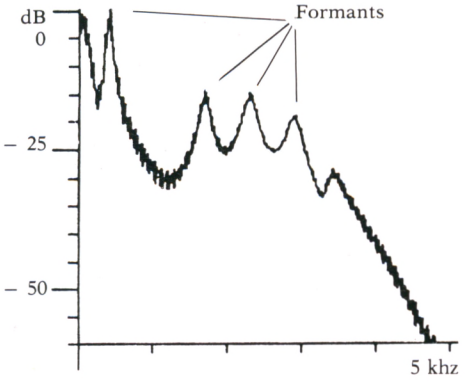
À l'image de l'homme

Sans doute aimeriez-vous à présent connaître le secret transmis à l'ordinateur pour « fabriquer » du chant ? Le contenu des instructions ?
Pour cela, deux étapes :
- Tout d'abord, on définit le schéma de production du son appelé *spectre vocal*. Les chercheurs l'ont obtenu en prenant pour modèle de leur étude la voix humaine.

Sur ce phénomène, Monsieur Jourdain pouvait s'extasier : « Le son n'est rien d'autre que de l'air en déplacement, de l'air et qui résonne ». Et pourtant on identifie la voix de chaque individu aussi sûrement qu'une empreinte digitale.



L'explication se trouve dans ce graphique :



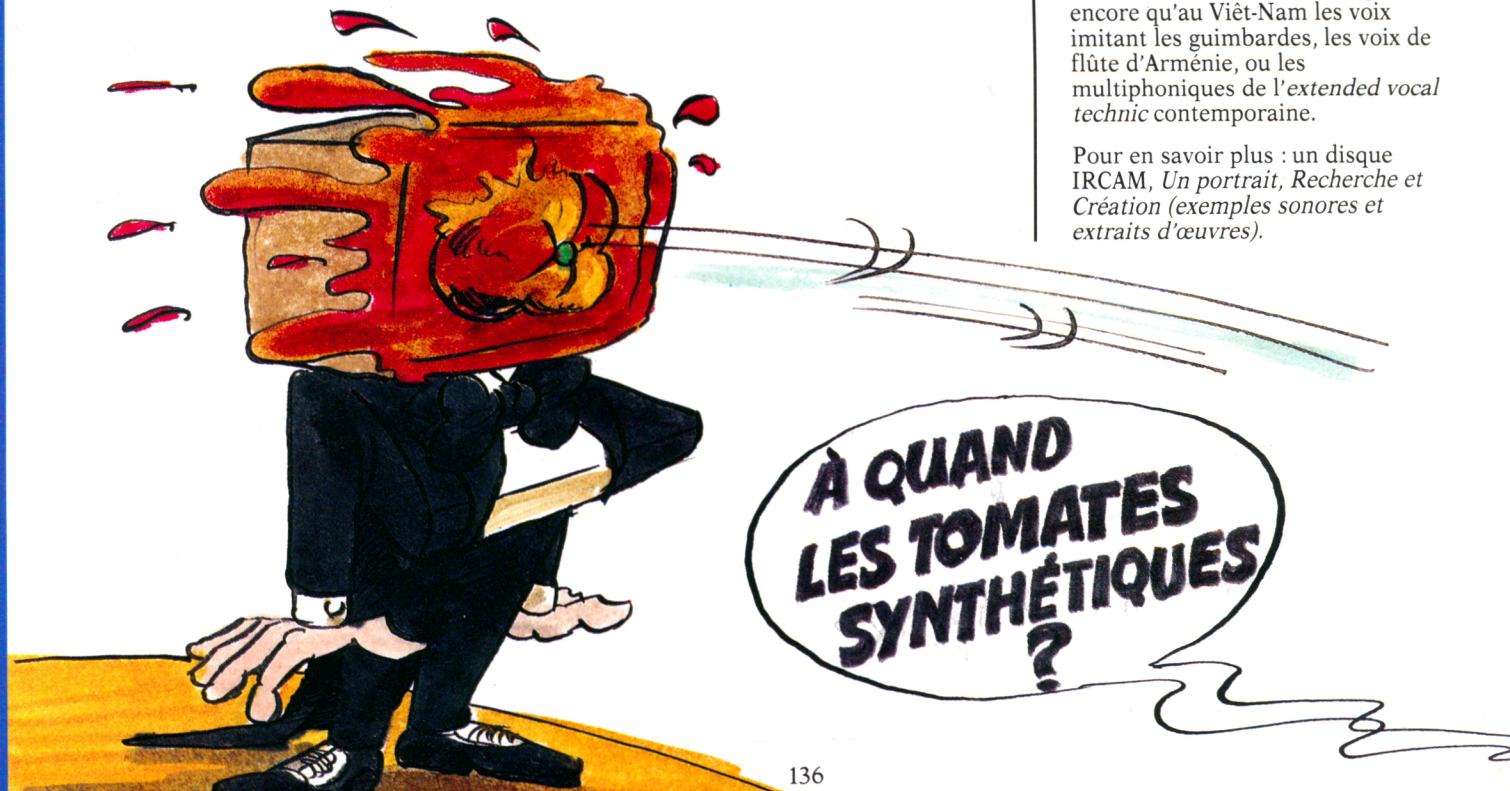
– en ordonnée, l'amplitude (intensité de la voix) ;
– en abscisse, la fréquence (nombre de vibrations sonores par unité de temps) mesurée en hertz.
La courbe ainsi obtenue caractérise le spectre vocal.
Xavier Rodet, responsable du projet Chant de l'IRCAM, peut, par exemple, définir le spectre de chaque voyelle. Pour chacune d'elles on observe une position différente des formants, ces sommets d'intensité mis en évidence par la courbe.
Ce schéma connaît pour chacune, des variations individuelles et, en outre, des variations circonstancielles : par exemple, selon l'âge du chanteur, les formants changent de position sur les axes de fréquence ; le *vibrato* (oscillation plus ou moins grande de la fréquence fondamentale) est plus rapide chez les femmes que chez les hommes. « Ou encore, remarque Xavier Rodet, chez un chanteur qui chante fort le signal émis par les cordes vocales qui vont exciter le mécanisme résonateur est tout à fait différent de celui produit quand il chante doucement. En l'occurrence il est beaucoup plus riche en hautes fréquences ». La même différence subsiste entre les notes dans l'aigu d'un registre et celles du grave du registre à cause de l'effort physique nécessaire pour produire les notes élevées.
Et l'excellent chanteur, à quoi attribuer son « génie » ?
Uniquement à l'originalité de son spectre modifié pour obtenir le « beau timbre » propre à un style. Après des années de travail un baryton peut obtenir un *vibrato* très grand et très régulier. « Ici, précise Xavier Rodet, les résonances des formants sont mises en valeur les unes après les autres pour obtenir l'effet perceptuel d'une voix plus grande et plus massive. »

• Lorsqu'on a défini le spectre recherché, il suffit, dans une seconde étape, de le chiffrer et de transmettre ces données à la machine. L'ordinateur, à qui on indiquera aussi la composition et la mélodie, produira une voix plus colorée, plus lyrique, ou plus timbrée...

De l'imitation à la création

Alors le génie sur commande ? Nous avons pu réduire le talent d'un chanteur aux variations particulières d'une courbe... Les chanteurs au chômage ? La Scala bientôt envahie par des robots aussi insensibles aux vivats qu'aux tomates bien mûres ?
Ne craignons rien : il ne faut guère compter sur l'ordinateur pour chauffer les salles...
« Sans doute, pourrons-nous un jour « fabriquer » du Maria Calas, remarque Jean-Baptiste Barrière, responsable de la recherche à l'IRCAM, mais quel intérêt ? Pour nous, l'ordinateur est avant tout un outil de connaissance et de création nouvelle. Nous simulons la voix humaine à la fois pour apprendre à la connaître et pour élargir son champ expressif pour la composition. »
Prenons un cor anglais : on observe que l'anche, cette petite languette qui produit les sons, fait office de glotte, comme pour la voix humaine. Mais le registre et les fréquences possibles sont différents, on peut passer plus rapidement d'une note à une autre, produire plusieurs sons simultanés, faire une attaque plus brutale. On peut alors partir d'un spectre vocal et le transformer peu à peu en celui d'un son instrumental. Et Jean-Baptiste Barrière nous fait entendre une voix qui peu à peu « s'instrumente »... Une musique venue d'ailleurs... Plus étrange encore qu'au Viêt-Nam les voix imitant les guimbardes, les voix de flûte d'Arménie, ou les multiphoniques de l'*extended vocal technic* contemporaine.

Pour en savoir plus : un disque IRCAM, *Un portrait, Recherche et Création (exemples sonores et extraits d'œuvres).*



Le Fairlight ou « les secrets d'un générique »

Si vous voulez en savoir plus sur la façon dont a été composé le générique-musique des émissions TIFY, vous allez être comblés. Nous sommes allés interroger Michel Geiss, son compositeur, qui nous a raconté en détail la façon dont il s'y est pris :

« Je rêvais, pour ce générique, de partir d'un son de voix, étrange et répétitif, que j'avais dans la tête. Et, le Fairlight, que je connaissais bien, m'a semblé l'instrument idéal pour cette réalisation.

Je suis donc allé au studio de La Frette, où officie Olivier Bloch-Lainé, et j'ai cherché dans la collection de disquettes de sons tout faits fournies par le constructeur, un son de voix correspondant à celui que j'avais imaginé. Ensuite, j'ai transféré certains des sons inscrits, sous forme numérisée, sur ces disquettes, dans la mémoire de l'ordinateur, ce qui m'a permis de les entendre immédiatement en les jouant sur le clavier/piano du Fairlight ; à ce moment-là, tout le clavier correspondait à ce même son mais chaque touche en donnait une hauteur différente.

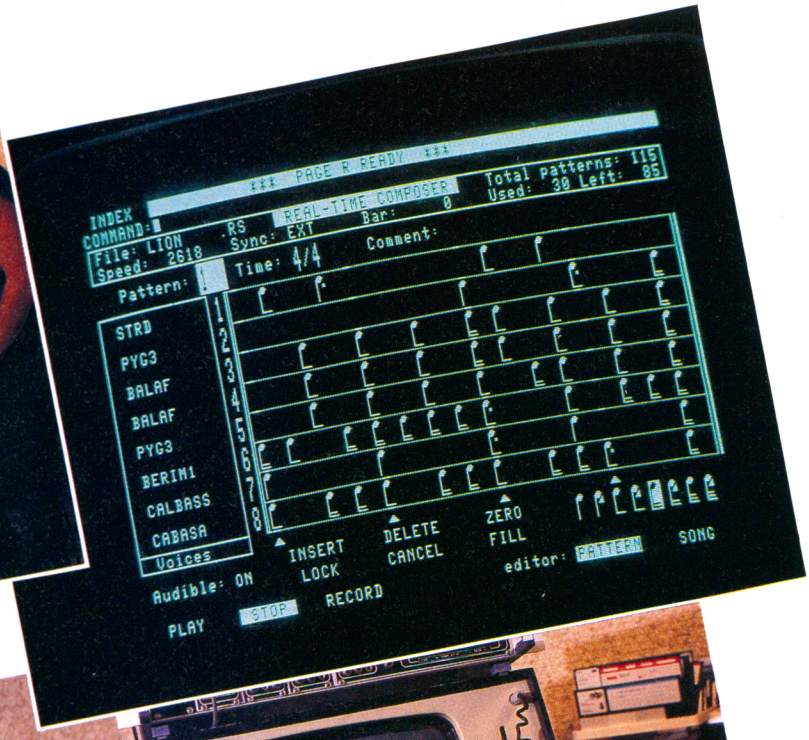
J'avais, bien sûr, au préalable, branché des câbles entre les huit sorties-sons de l'instrument et la console d'enregistrement, afin de pouvoir régler les volumes et les timbres des différents sons (les timbres se règlent avec des égaliseurs, sortes de réglages de tonalité très perfectionnés).

A noter que, dans ce cas de prise de son, il n'y a pas de micro, le son est enregistré directement sans passer par ses vibrations dans l'air.

Le son que j'entendais n'était d'ailleurs pas celui de l'instrument lui-même, mais le son qui, grâce aux oscillations électriques produites, venait des haut-parleurs. Au bout d'un moment, j'ai trouvé ce que je cherchais. J'ai donc enregistré ce









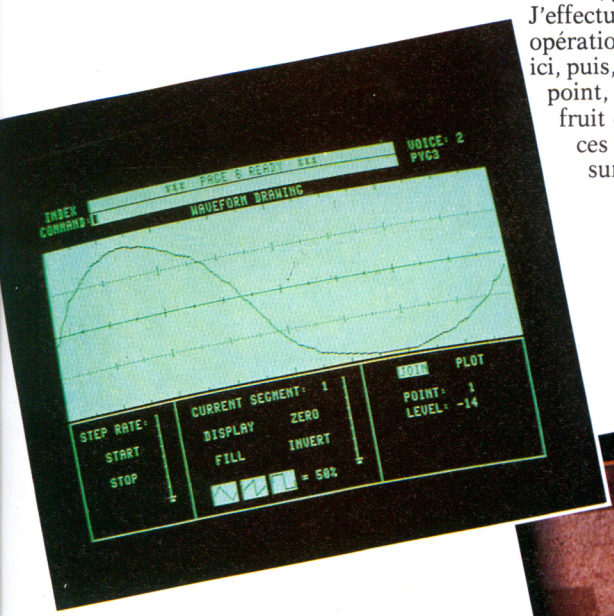
son sur une disquette neuve, qui devait ensuite me servir de base de travail. Il ne s'agissait là que d'un transfert de données numériques, donc sans problème et sans aucune détérioration du son d'origine.
Maintenant, ce que je voulais, c'était l'utiliser en séquence, c'est-à-dire le faire se répéter selon un certain rythme.
Facile. Une page de fonctionnement du Fairlight, la page R, est prévue pour cela.
Après avoir obtenu cette page sur l'écran, j'ai pu y installer huit sons différents, sur des lignes différentes et les faire jouer automatiquement.
J'ai donc transféré la voix sur une des lignes au moyen du crayon optique que j'ai ensuite pointé sur une case marquée PLAY : le système s'est mis en route, et j'ai alors entendu, venant de l'instrument, une sorte de métronome électronique.
J'ai donc pu me mettre au clavier, et m'entraîner à jouer les notes à l'endroit de la mesure où je les avais prévues.
Une fois prêt, je n'eus plus qu'à les rejouer tout en pointant, sur l'écran, la case RECORD. Mes notes furent aussitôt enregistrées dans la mémoire de l'ordinateur.
Je m'aperçus alors que j'avais fait, en jouant, une petite erreur : l'une des notes n'était pas très bien placée et il me fallait la déplacer. Sur l'écran, étaient inscrites toutes les notes que j'avais jouées, et il m'a suffi, pour la supprimer, de pointer la case DELETE tout d'abord, puis la note à modifier. Cette dernière a disparu immédiatement et j'ai pu en enregistrer une autre à la place. Tout cela en quelques secondes.

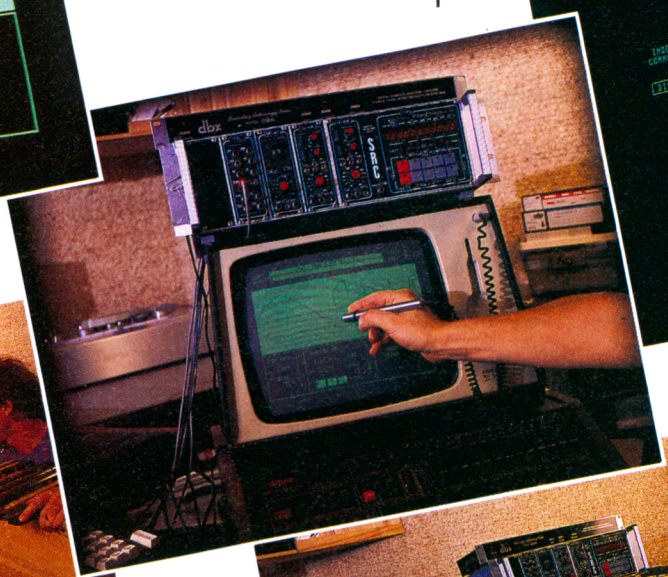
Une fois ce petit travail terminé, j'ai décidé d'enregistrer le résultat sur l'une des 24 pistes du magnétophone du studio. Je voulais, en effet, ajouter à ce son répétitif d'autres sons qui devaient se positionner avec précision par rapport à celui-ci.
Une solution simple : enregistrer, sur une autre piste du magnétophone, le signal de synchronisation donné par l'instrument. Ce que j'ai fait.
Désormais, il m'était facile de rentrer autant de sons que je voulais dans le Fairlight pour les superposer à la voix du départ.
Aucun souci à me faire, d'ailleurs, pour retrouver telle ou telle partie de mon travail, tout avait été enregistré fidèlement et automatiquement sur ma disquette.
La synchronisation enregistrée précédemment me permit de passer à un autre ordinateur que le Fairlight – une boîte à rythmes, la

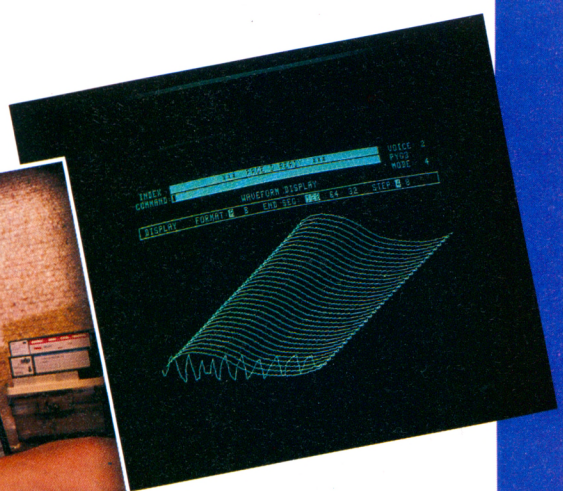
Comme les traits dans les camées
J'ai voulu que les voix aimées
Soient un bien qu'on garde à jamais
Et puissent répéter le rêve
Musical de l'heure trop brève.
Le temps veut fuir, je le soumets.

Charles Cros

Linn – et de chercher, parmi les sons (enregistrés à partir de vrais sons de batterie) inscrits dans ses mémoires mortes, un rythme avec des percussions.
Une fois le rythme trouvé : enregistrement direct sur la bande du magnétophone, un son (caisse claire, grosse caisse, cymbale) par piste.
Pour opposer un côté humain au côté électronique de cette musique, j'ai demandé à une cantatrice, Nicole Subtil, de chanter réellement le thème que j'avais composé.
J'ai donc enregistré sa voix telle quelle. Mais, à la fin de l'enregistrement, je lui ai demandé la permission d'en utiliser quelques échantillons pour les introduire dans le Fairlight et m'en servir comme son de début pour le générique.
Une fois ma cantatrice partie, il me suffit de relire la bande magnétique pour emmagasiner les sons qu'elle contenait dans la mémoire du Fairlight. C'est la page 8 qui m'a amené le programme nécessaire : sur l'écran, tous les renseignements utiles concernant l'échantillon devinrent visibles : fréquence d'échantillonnage, filtrage, instructions de déclenchement de l'enregistrement ; et je pus intervenir, si nécessaire, sur chacun d'eux.
L'instruction S me permit d'inscrire sur l'écran la forme du son enregistré et de voir s'il était trop fort ou trop faible. Arrivé à cette étape, je pus même, pour modifier le son, agir, comme un magicien, directement sur son dessin sur l'écran, grâce au crayon optique.
J'effectuai encore quelques opérations un peu longues à décrire ici, puis, mes échantillons étant au point, pour ne pas perdre le fruit de mon travail, j'enregistrai ces nouveaux paramètres sur ma disquette.
Tous ces échantillons, j'allais maintenant pouvoir les jouer. Je m'étais limité, je le savais, à l'utilisation d'une partie des possibilités du Fairlight. C'était un choix et une question de temps. Il ne me restait plus, maintenant, qu'à mélanger les sons, un peu à la manière d'un chef d'orchestre. On appelle cette phase, le mixage ; il permet de concentrer tous les sons, avec leurs réglages respectifs, sur une même piste, ce qui lui permet de passer sur un seul canal (la télévision n'en possède qu'un pour le moment). »
En résumé, ce qui fait l'originalité du Fairlight, instrument qui permet de partir de n'importe quel son, musical ou non, et de jouer dessus, de jouer aussi sur différents sons, c'est la possibilité qu'il offre de tout voir sur un écran : tout sur les sons : mais aussi tout sur les réglages. Et puis, non seulement on voit, mais aussi on modifie, on transforme toujours en jouant, si on le désire, sur l'écran.











IMAGERIE PELLERIN

LES FÉES JOUJOUX

IMAGERIE D'ÉPINAL, N° 1224



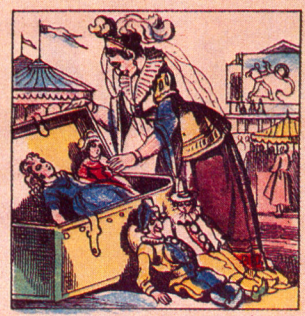
Les fées se réunirent un jour dans un vaisseau aérien qui les transporta sur une haute montagne.



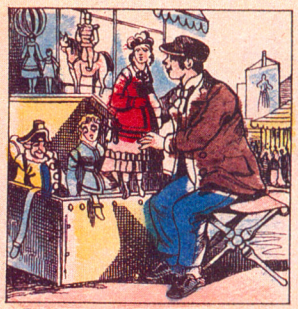
Les vieilles y prirent leur retraite, mais il fut déclaré à quatre des plus jeunes, qu'elles reparaîtraient dans le monde sous la forme de joujoux, pour surveiller les petits enfants.



On les affubla de suite, les unes en pantins, les autres en poupées, en épargnant rien pour leur donner de l'attrait.



Le lendemain la doyenne des fées les glissa dans les bagages d'un colporteur qui se rendait à la foire.



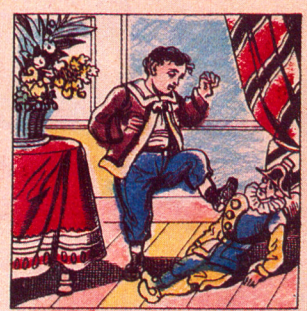
En dressant sa boutique, le marchand émerveillé de l'augmentation de son matériel, leur donna la place d'honneur sur son étalage.



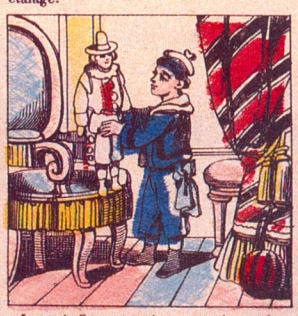
Une dame en fit l'achat pour récompenser ses quatre enfants, Paul, Georges, Marie et Eugénie.



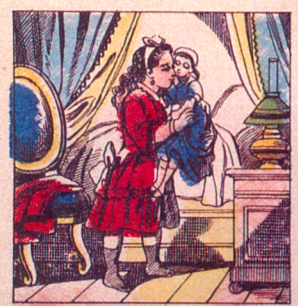
La joie fut grande au logis, lorsque la bonne mère fit ses cadeaux à la petite famille.



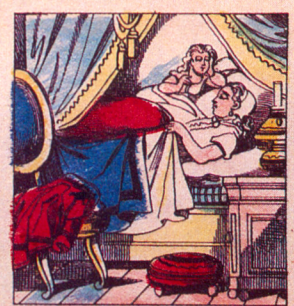
Mais Paul, le plus bruyant des quatre, dès le soir même disloqua son polichinel et le jeta dans un coin.



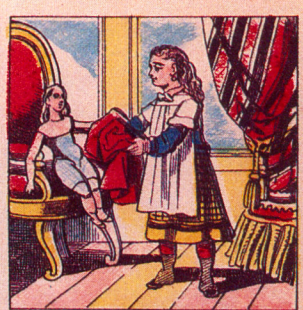
Le petit Georges qui au contraire avait un caractère doux et paisible, soigna et dorlota son pantin comme lui-même.



Vu la couleur de la robe de sa poupée, Marie en l'embrassant lui donna le nom de Lili-Bluette et la fit coucher avec elle.



Elle eut toute la nuit des rêves charmants, et comme elle parlait en dormant, la petite poupée connut vite tous les replis de son cœur.



Eugénie qui au contraire était très orgueilleuse, déshabilla sa poupée en prétendant qu'elle était on ne peut plus mal mise.



Ne la trouvant pas digne de coucher près d'elle, elle la déposa sur un fauteuil avec ses vêtements.



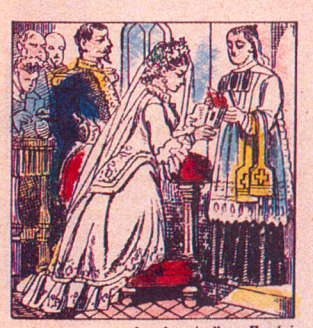
Lorsque les quatre enfants furent endormis, les fées se réunirent en conseil dans le grand salon.



Connaissant suffisamment les défauts et les qualités de leurs petits maîtres, elles leur laissèrent des joujoux qui leur ressemblaient et partirent aussitôt.



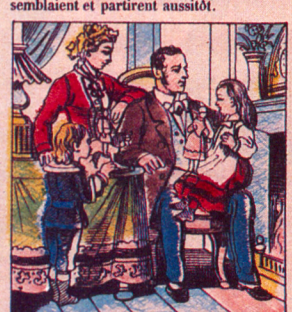
En arrivant au vaisseau aérien les petites fées firent minutieusement leur rapport à la plus ancienne des fées, et voici ce qu'il en résulta.



Devenue grande demoiselle, Eugénie l'orgueilleuse ne trouva personne qui la voulut pour femme, tandis que la bonne Marie épousa un jeune général.



Paul, bruyant et querelleur, trouva la mort dans un duel.



Georges, toujours doux et affable, se fit généralement aimer et devint l'époux d'une riche héritière qui fit son bonheur.



MORALITÉ.

Enfants, soyez bons, doux, sages, obéissants,
Vos joujoux ont peut-être une fée au-dedans.

© Avec l'aimable autorisation de l'Imagerie d'Épinal.

Les jeux

Nous avons vu comment l'ordinateur peut dessiner, peindre, jouer de la musique et aider à la composer, chanter, parler, et « entendre ». Tout cela au moyen d'astuces exploitant à fond une idée très simple, qui est de... décortiquer du courant électrique. Quel rapport avec les jeux ?

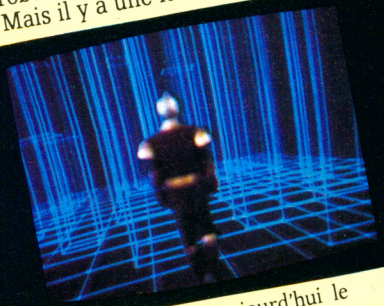
D'abord, parce que 80 % des programmes vendus pour les micro-ordinateurs sont des jeux. Le premier contact familial avec la micro-informatique se fait à travers un jeu dans 80 % des cas.

Il y a donc eu imbrication entre le développement des jeux électroniques et celui de la micro-informatique dans le grand public. Ce sont deux aspects d'un même phénomène de société.

Parce que, par les images et les sons, l'ordinateur a aussi été mis au service des artistes. Or, l'art et le jeu sont des activités comparables, en marge de la vie pratique et de ses pesantes nécessités. La « re-création » d'images et de sons peut offrir de magnifiques récréations, nous l'avons entrevu dès le début.

Mais surtout parce que, les philosophes et les scientifiques sont tous d'accord sur ce point, le jeu constitue une activité humaine essentielle et d'une grande importance.

Monsieur Plumeau, employé modèle, s'endort régulièrement sur son clavier... Il se transforme alors en un abominable robot, Intox 639, qui décide, avec l'aide de son complice, l'ordinateur numéro 1, de mettre l'univers à ses pieds ! Mais il y a une faille...



Intox conçoit aujourd'hui le projet de diviser sa ville, Intoxville, en deux camps qu'il fera jouer l'un contre l'autre.



Avec la complicité de son ordinateur préféré, il programme même, pour piloter l'ensemble des combats, un ange de la guerre.



Mais Zoé ne se laisse pas impressionner : « Vous croyez vraiment qu'il faut encore inventer des jeux de destruction, que...

... ça ne suffit pas avec les vraies guerres que l'on invente tous les jours un peu partout ? »

GAME OVER

L'amour du jeu

Déjà, les anciens Romains disaient que le peuple avait besoin avant tout de deux choses : du pain et des jeux. C'est toujours vrai.
Aujourd'hui, pour l'homme d'Occident si privilégié, le pain n'est plus que rarement un problème, et l'évolution semble nous conduire vers un avenir où nous pourrons travailler de moins en moins. Le jeu vient donc au premier plan. Robert Oppenheimer (l'un des « pères » de l'atome) et le philosophe Raymond Aron se sont rencontrés au cours d'un colloque très solennel, il y a une vingtaine d'années, pour réfléchir sur l'avenir de l'humanité. Ils évoquèrent la possibilité que, à la fin de ce siècle, « le jeu et l'amour soient les seules choses importantes ». C'était une boutade, sans doute, mais en partie seulement.
Depuis toujours, les enfants jouent pour apprendre la vie et le monde, pour s'y préparer. Pour les adultes, le jeu n'est pas seulement une détente. Il permet de vivre, en les limitant à l'essentiel, les problèmes de la vie courante ; « pour rire »..., avec des enjeux limités et librement choisis, sans risque majeur (sauf dans les casinos !). On y expérimente des comportements après avoir fixé une règle du jeu dont dépendra que l'on gagne ou que l'on perde. La règle traduit ce que l'on veut retenir des contraintes de la vie. Le jeu, c'est la vie, la vie transposée.
Le jeu est au centre de la culture au même titre que l'art. Et l'informatique s'y est introduite à toute vitesse, parce qu'elle résoud beaucoup de vieux problèmes et fait franchir aux hommes un nouveau seuil de développement. Comme l'imprimerie dès son invention par Gutenberg, comme l'électricité, l'informatique va alléger des contraintes, supprimer des limites, changer en profondeur les façons de vivre et diversifier les façons de penser.
Parce que les jeux reproduisent la vie et permettent de s'y préparer, d'explorer « à blanc » toutes les possibilités qui peuvent se présenter, leur évolution renseigne sur celle de la société. Du côté de l'informatique, nous allons le voir, c'est très instructif et encourageant. Car, abstraction faite du risque d'apocalypse nucléaire, cela a de quoi faire envisager l'avenir avec optimisme. Cela ne s'est pas fait du jour au lendemain, mais dès le début, on a vu dans les ordinateurs des jouets magnifiques.

« Ainsi les enfants dépassent les adultes dans leurs capacités de représenter les objets du monde technique, mais cette représentation n'est qu'un simulacre qui leur permet d'accomplir des actes similaires à ceux des adultes. Les jeux n'entretiennent-ils pas les enfants dans une illusion de puissance ? Il semble que la réponse soit négative car à mesure que l'enfant acquiert une capacité technique, il se heurte à la réalité qu'il veut maîtriser et il prend conscience du décalage entre ses moyens et les fins qu'il poursuit. Le jouet est une représentation de la réalité, mais il n'est pas l'objet réel, cet écart entre la représentation et le modèle fait le charme aussi du jouet. L'enfant joue à l'adulte et il sait qu'il joue. »

in *Les jouets des enfants Baoulé*, par Chantal Lombard (Quatre Vents Éditeur, 1978).

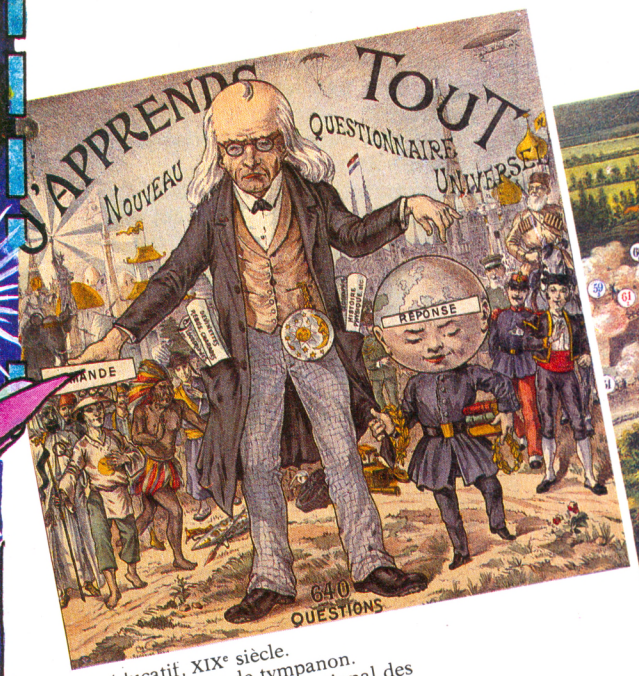
Des savants pas sérieux...

En 1950, nous le savons, les premiers ordinateurs emplissaient de leurs installations gigantesques d'immenses salles climatisées. Des savants en blouse blanche veillaient jalousement sur eux et mettaient au point des programmes très sérieux : calculs scientifiques qui auraient, « à la main », nécessité des dizaines d'années, calculs de gestion financière à l'échelle de sociétés géantes ou de budgets d'États, pour tester les conséquences de toutes les décisions possibles.
Tout cela était un peu... rébarbatif. Alors, pour se détendre, les scientifiques, qui sont des hommes comme tout le monde, et parfois un peu gamins, les utilisaient à d'autres fins. A l'heure du déjeuner, ni vu ni connu, ils concevaient des programmes pour faire de leur ordinateur un super-partenaire à la bataille navale, aux échecs, ou au poker... En 1952, l'un d'eux met au point un programme de jeu de dames qui envisage tous les coups possibles.

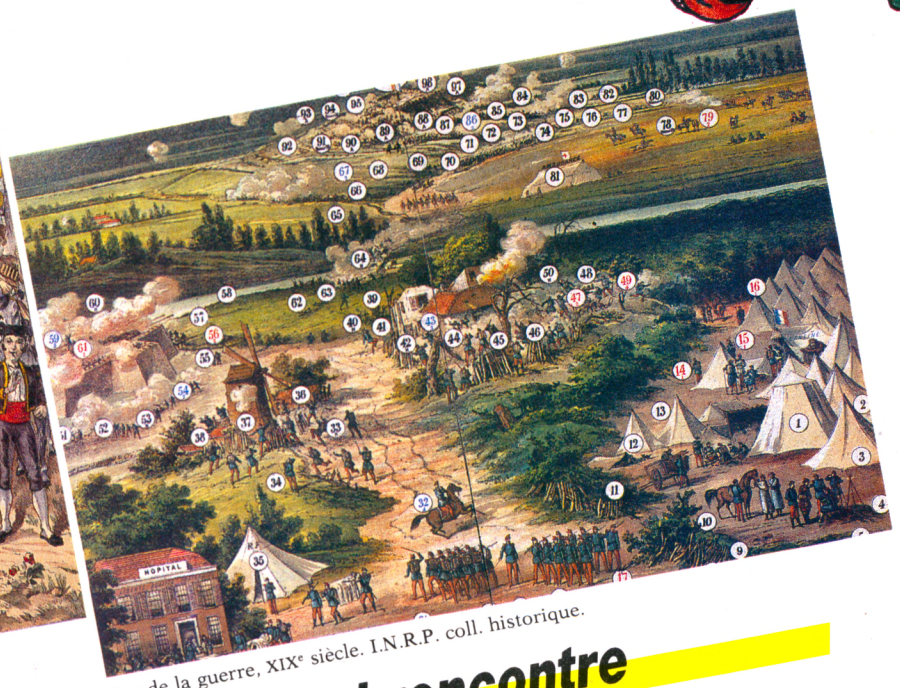
Boîte de Loto, 1870. I.N.R.P. coll. historique.



L'amour du jeu

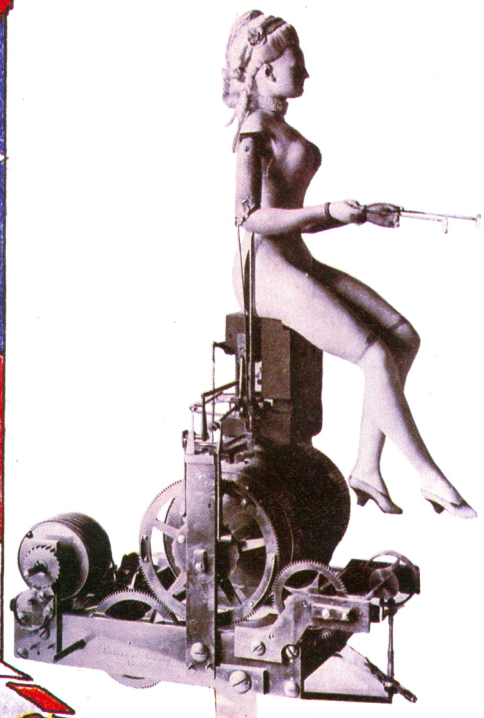


Jeu éducatif, XIXe siècle.
En bas : Joueuse de tympanon.
Cliché et coll. du Musée National des Techniques CNAM-Paris.



Jeu de la guerre, XIXe siècle. I.N.R.P. coll. historique.

Quand un mini rencontre un autre mini



Deux choses vont encourager cette tendance à jouer avec les grosses machines. D'abord, on va les raccorder, les interconnecter dans des réseaux, pour que leurs mémoires et les capacités de traitement de leurs circuits s'additionnent. Possibilités accrues donc... Y compris pour jouer, et les informaticiens ne vont pas s'en priver. Sans en parler, ils vont organiser leurs petites olympiades, échanger leurs idées d'informatique amusante.

De plus, et c'est le second point déterminant, les grosses machines vont maigrir. Devenir, non pas encore des « micros », mais, dès 1960, des mini-ordinateurs valant encore quelques millions de dollars..., mais à la portée de nombreuses entreprises, qui y trouvent leur compte et engagent des informaticiens. Il y a aux Etats-Unis, nous l'avons vu, une sorte de « super grande école », le M.I.T. *(Massachusetts Institute of Technology)*. C'est là qu'a été mis au point le premier de ces mini-ordinateurs encore chers, mais plus trop. Les chercheurs, pour le mettre à l'épreuve, s'en servirent pour imaginer un scénario de guerre spatiale : *Space war*. Ils se donnèrent le mot et, dans cette profession toute neuve, ce nouveau jeu devint la grande folie. L'heure du déjeuner ne suffisait plus, on y jouait la nuit. D'autant que, de New York à San Francisco, il y a 3 heures de décalage, et que les services informatiques exigent une « garde de nuit », comme les hôpitaux. Tout cela joue, c'est le cas de le dire. Bien sûr, l'heure d'ordinateur coûte cher, à cause de l'amortissement du matériel, le téléphone longue distance aussi, mais les employeurs ferment les yeux. On a trop besoin des informaticiens, qui font par ailleurs économiser tellement d'argent à l'entreprise... Et puis, quand ils jouent à *Space war* la nuit au lieu de dormir, quand ils mènent des parties interminables qui les mobilisent tous, de l'Atlantique au Pacifique, cela les entraîne à maîtriser des systèmes bien complexes, et à en explorer les possibilités dans un climat de compétition entre confrères...

GAME OVER

L'amour du jeu

Cela reste quand même, par la force des choses, réservé aux spécialistes. Et comme il faudra attendre les microprocesseurs pour que cela change, le besoin de jouer avec les nouvelles techniques va s'engouffrer ailleurs et dans l'intervalle, il va se passer des choses...

Au-delà de l'écran

Un homme va, à ce moment, jouer un rôle déterminant. Il s'appelle Nolan Bushnell. A l'Université, il a utilisé des ordinateurs et s'en est servi surtout... pour jouer à la guerre spatiale. Puis il est devenu ingénieur chez Ampex, une société de vidéo qui fabrique des magnétoscopes. Et comme il s'y ennuie, il se souvient des bons moments passés à jouer à la guerre spatiale. Alors, dans le garage de son pavillon, il bricole quelque chose. Pas question de recourir à l'informatique, c'est encore trop cher et trop encombrant. Mais avec un poste de télévision et pour quelques transistors de plus, il met au point un *Space computer*. *Computer*, cela veut dire ordinateur, et pourtant il n'y en a pas – pas encore – dans ce jeu. En revanche, cela impressionne peut-être trop les acheteurs. Et Nolan, puni de son petit mensonge, ne vend que 2000 jeux, ce qui, en Amérique, n'est rien. Mais il a compris, et fait plus simple. Cela s'appelle le *Pong*. Sur l'écran de télévision, il y a un trait blanc que l'on déplace à volonté (avec une petite manette, reliée à la télévision par un fil), et un rond, blanc également. Le trait, c'est une raquette de ping-pong schématisée, le rond, une balle qui va rebondir sur le bord de l'écran, sous un angle qui dépend de la façon dont on l'a touchée avec la raquette. Il faut avoir de bons réflexes pour déplacer très vite la raquette et se trouver sur le trajet de la balle. Cela paraît très élémentaire, mais, tel qu'il est, ce nouveau jeu d'adresse est si excitant que tous les bars des États-Unis vont l'installer à côté des traditionnels flippers et autres machines à sous. De même, les « arcades », ces galeries de jeux où le public trouve à sa disposition, côte à côte, tous les jeux de ce genre, vont s'arracher le *Pong* et ses imitations. Bushnell a baptisé sa société « Atari », un terme emprunté au plus vieux jeu du monde (peut-être), le *Go*, et qui veut dire (comme mat aux échecs) que l'on a perdu. Cela ne lui porte pas malheur, Bushnell vend 100 000 jeux de *Pong* en deux ans. Philips, qui fabrique des téléviseurs, est attentif à ce succès. Selon les mêmes techniques électroniques, toujours avec des transistors et un téléviseur, il met au point un jeu, l'*Odissey*, destiné au téléviseur familial. Cela se passe en 1975. Atari riposte, en proposant au public une console familiale de *Pong*. Ces deux premières « consoles vidéo », qui transforment le téléviseur en terrain de jeux et le téléspectateur passif en joueur actif, se vendent à 13 millions d'exemplaires en trois ans.
Ensuite, Nolan Bushnell vend sa société, Atari, au géant du cinéma, Warner. Il n'a pas fini de jouer pour autant. Il prépare actuellement le lancement d'un robot de compagnie qui comprendra la voix humaine, parlera, fera le ménage ou jouera à volonté... Cela grâce aux techniques de l'informatique que nous avons décrites.





A gauche : Imagerie de Metz, 1842.
A droite : Jeu de Dames militaire. Image d'Épinal, XIXe siècle. I.N.R.P. coll. historique.

GAME OVER



Usine Atari.

Demandez le programme...

Mais jusque-là, il n'y avait pas d'informatique dans ce que l'on appelait les consoles vidéo, d'arcades ou familiales. L'invention des microprocesseurs va tout changer. Les ordinateurs vont devenir beaucoup moins encombrants, et surtout beaucoup moins chers. Atari ne perd pas de temps et, renouant avec la tradition des informaticiens joueurs, sort en 1977 la première console programmable. C'est le *Video Computer System. Video,* parce que cela se branche toujours sur le téléviseur. Mais *Computer,* parce que, cette fois-ci, ça y est, l'ordinateur entre dans la famille. La console est une sorte de micro-ordinateur pouvant recevoir plusieurs programmes qui sont autant de microprocesseurs distincts, présentés dans des cassettes que l'on engage dans la console : une par jeu. Avec la même console, on peut jouer à beaucoup de jeux différents : il suffit de changer de cassette.
La console programmable devient, à partir de ce moment, le jeu électronique familial par excellence. Retenons simplement que c'est par ce biais du jeu que les familles se servent pour la première fois, à domicile, de ce microprocesseur qui est au cœur de l'informatique d'aujourd'hui. Bien sûr, les usagers ne programment pas encore et, pour la majorité d'entre eux, ce terme de microprocesseur ne veut rien dire, mais l'informatique a fait son entrée dans la maison.
De 1977 à aujourd'hui, ces consoles vidéo programmables vont connaître leur âge d'or, marqué par des perfectionnements constants. Mais il existe d'autres types de jeux. Et surtout, ceux qui ont été conçus pour les arcades, ces lieux de jeux où les flippers d'antan ont été peu à peu détrônés par des consoles très perfectionnées. Comme ces jeux d'arcades sont destinés à une exploitation commerciale (on paie pour jouer), on peut les vendre plus cher. Ces appareils beaucoup plus performants servent de modèles pour les futures consoles familiales.

Les samouraï s'amusent...

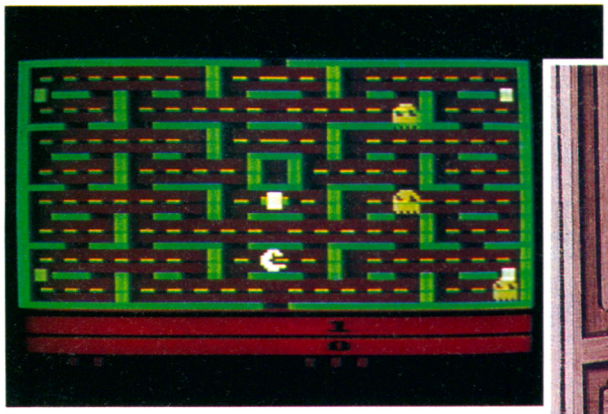
Ce sont les Japonais qui, en 1979, introduisent l'informatique dans les jeux d'arcades, avec le désormais fameux *Space Invaders.* Les joueurs revivent la « Guerre des Mondes », l'émission avec laquelle Orson Welles avait fait trembler l'Amérique..., un peu simplifiée quand même. Ils doivent anéantir, sans les laisser atteindre la terre (le bas de l'écran), des envahisseurs venus de l'espace avec de mauvaises intentions. Certes, les envahisseurs ne sont que de petites bestioles schématiques (E.T. n'existe pas encore), mais le jeu est très vivant, le tir des lasers est précis, le bruitage très bien trouvé, les envahisseurs explosent en plein ciel... Le public s'amuse follement avec ces *Space Invaders.* On en trouve dans toutes les arcades et dans la plupart des cafés, en Amérique d'abord, puis en Europe.

Un jeu de *Pong.*

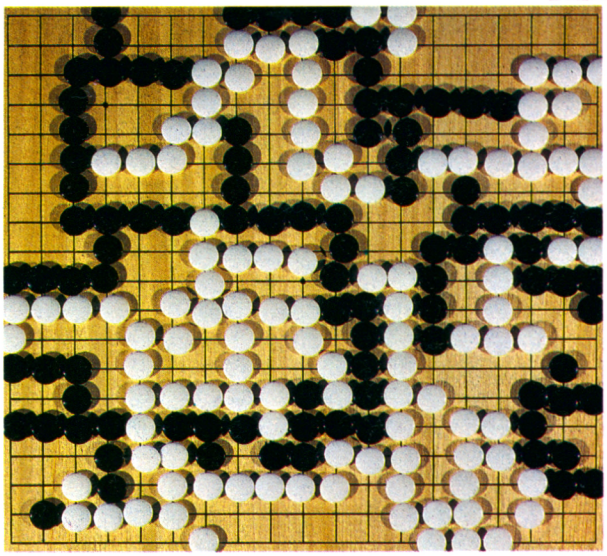


L'amour du jeu

Les Japonais, véritables *Space Invaders* eux-mêmes, trompant la vigilance des inventeurs américains, enchaînent avec deux autres jeux (toujours pour les arcades) plus pacifiques et très drôles : *Pac man* et *Donkey Kong* (voir plus loin). Les Américains d'Atari, ébranlés, répliquent en 1980 avec un jeu d'arcades analogue au *Space Invaders* et qui s'appelle *Asteroïds*. A titre indicatif, notons que les bénéfices d'Atari sont multipliés par dix en 1980... Ce qui permet la mise au point d'un programme familial inspiré du *Pac man*.
À partir de ce moment, l'industrie des jeux électroniques a trouvé son processus naturel d'évolution : les jeux sont d'abord mis au point, dans une version très complète, pour les arcades, et, en cas de succès, ils sont édités dans une version simplifiée, à usage familial. C'est dans ce cadre que vont entrer en scène les micro-ordinateurs, qui peuvent être utilisés comme des super-consoles de jeux, par la simple adjonction de manettes de commande éventuellement, et d'un programme conçu pour leurs circuits. Avant de décrire la situation actuelle des jeux électroniques, voyons rapidement comment on utilise le microprocesseur (celui d'un micro-ordinateur ou celui d'une console de jeux) pour jouer.



Pac man.



Jeu de Go.



Jeu chinois, aquarelle XIXe siècle.

GAME OVER

Comment ça marche ?

Pour un microprocesseur, les jeux sont des programmes comme les autres. Le micro-ordinateur les utilise comme n'importe quel logiciel. Sa mémoire morte lit, au fur et à mesure du déroulement du jeu, la règle stockée dans la mémoire additionnelle que représente la cartouche enfichable (il s'agit en fait d'un autre microprocesseur), ou dans la cassette ou la disquette.

Une partie gratuite ?

Prenons l'exemple du traditionnel billard électrique, ou flipper. D'abord, et c'est là l'information spécifique, le microprocesseur aménage l'écran en espace de jeu selon les indications du programme : un flipper schématisé.

Ensuite, quand le joueur, d'un coup de flipper bien ajusté, envoie la bille (l'image de la bille) toucher un plot, l'ordinateur, qui a fait tous les calculs nécessaires pour représenter la trajectoire de la bille et sa rencontre avec le plot, reçoit du programme l'instruction d'attribuer « n » points au compte du joueur, et de calculer les positions nécessaires pour représenter la bille rebondissant dans une direction donnée. Si le joueur a réagi trop tardivement et si la bille, par conséquent, tombe dans le trou, la mémoire centrale, qui gère l'image de l'écran (nous avons vu qu'elle mobilisait en permanence le nombre d'octets nécessaire à cette représentation), reçoit pour instruction de totaliser les points du coup et d'ouvrir le compte du joueur suivant tout en reformant l'image de la bille en position de départ.

La bille du flipper, les obstacles qu'elle rencontre, les petites battes qui servent à la relancer, tout cela n'est constitué bien sûr que de dessins que réalise l'ordinateur sur l'écran.







Il y a donc une image statique (le décor, les plots et autres obstacles, le trou de sortie), et des images en mouvement : la bille et les battes. Nous savons comment l'ordinateur représente l'image : il suit bêtement l'ordre du programme en lisant pour chaque pixel (point) de l'écran s'il doit rester éteint ou s'allumer et, si oui, dans quelle couleur (couleur 1, oui ou non ? Couleur 2, oui ou non ? Couleur 3, oui ou non ?... Et ainsi de suite).

Le mot informatique signifie la science du traitement de l'information. Le terme équivalent utilisé par les Anglo-Saxons est « data processing » signifiant « traitement des données » - une donnée est une information élémentaire, par exemple le montant d'un compte en banque. Le mot microprocesseur désigne donc un composant électronique contenant une minuscule puce de silicium capable de traiter (to process = traiter) de l'information.

Comme il passe en revue pour les actualiser (les mettre à jour) tous les points de l'écran, de gauche à droite et de haut en bas, 25 fois par seconde (rythme des images de films à la télévision), il peut représenter tous les mouvements, qui ne sont pour lui qu'une séquence très rapide d'images statiques. Pour cela, il consulte à chaque fois le programme spécifique du jeu, après avoir répercuté vers ce programme les informations constituées par l'intervention des joueurs. Ceci pour connaître le nouvel aspect que doit prendre, dans le 1/25 de seconde à venir, l'image de l'écran.

Pour les déplacements de la bille, en fonction de l'impact des battes, le programme lui donne des instructions pour effectuer le calcul de chaque position successive, dont l'enchaînement constituera le parcours visible. Ce parcours traduit les caractéristiques du jeu : la bille accélère après avoir rebondi sur un plot, par exemple.
Il détermine également la commande des sons, d'une fréquence et d'une forme d'onde données.

Les types de jeux

Depuis 1980, les consoles de jeux bénéficient d'un maximum de perfectionnements, sous la forme de périphériques que l'on peut y ajouter : des commandes très pratiques et précises, sous forme de manettes spéciales (joy-sticks), des synthétiseurs de voix, des lunettes qui, pour certains programmes, permettent de voir l'espace en trois dimensions.



Mais c'est peut-être le bouquet final des consoles programmables. Deux évolutions se dessinent :
– les meilleurs informaticiens se désintéressent du matériel *(hardware)* pour s'intéresser aux logiciels, c'est-à-dire à l'invention de nouveaux jeux sous forme de programmes *(software) ;*



En haut : Super Roller, CBS.
Ci-contre : Super Controller, CBS.

– parallèlement, du fait de la baisse du prix des microprocesseurs, les micro-ordinateurs deviennent les concurrents directs des consoles de jeux. Il suffit pour cela de leur adjoindre des accessoires (manettes, etc.) relativement bon marché. Et ils peuvent faire bien d'autres choses que jouer. Ils ont, en outre, un meilleur graphisme (couleur). Surtout, c'est leur capacité de mémoire qui fait la différence, car elle autorise des jeux plus savants, plus complexes.

C'est donc maintenant aux consoles vidéo qu'il appartient de se transformer en micro-ordinateurs, par l'addition de mémoires plus importantes, de claviers, etc. Mais leurs constructeurs ne pourront pas tous se faire une place sur ce marché s'ils arrivent en retard.
La plupart des jeux sont donc édités en plusieurs versions, sous forme de programmes adaptés aux :
– jeux d'arcades ;
– consoles vidéo programmables ;
– micro-ordinateurs ;
– jeux de table ou de poche.

Grandes familles de programmes

Les jeux les plus célèbres sont les jeux d'arcades où l'action et l'adresse ont une importance primordiale.
D'autres jeux sont, en revanche, basés sur la réflexion. Ils sont souvent inspirés de jeux de société (tels que les échecs, le bridge, le Monopoly...) ou adaptés de jeux de rôle *(Donjons et Dragons)* ou bien se servent de l'ordinateur pour simuler une situation complexe (*War games,* simulation de gestion d'entreprises...). On les rencontre sur les consoles vidéo-familiales et sur les micro-ordinateurs, ou sur des supports spécialisés (échecs).
On distingue en général les jeux spatiaux, d'action, d'adresse, de labyrinthe, de sport, de pilotage, de rôle et d'aventure, de stratégie et de simulation. Cette classification est

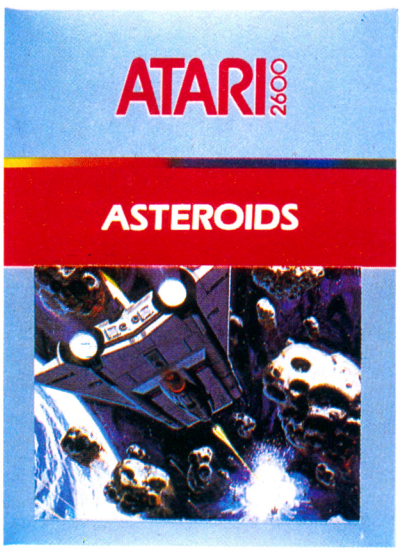
Les types de jeux

un peu arbitraire car de nombreux jeux appartiennent à plusieurs catégories à la fois.

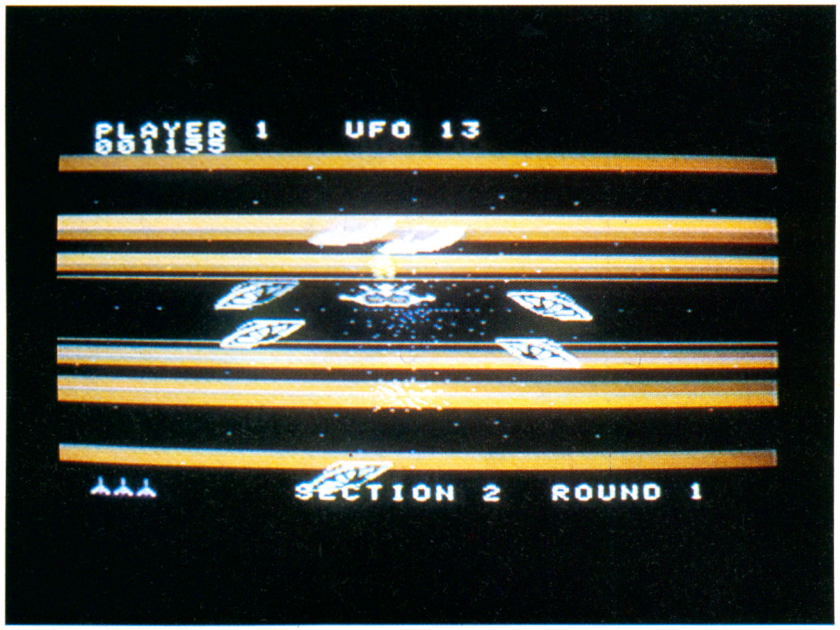
Jeux spatiaux

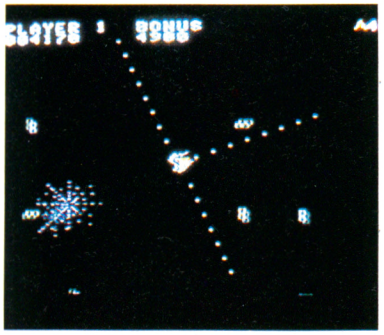
Le plus connu des jeux spatiaux est, avec l'ancêtre *Space war*, le jeu *Space invaders*. *Asteroïds* d'Atari est également un grand classique. De nombreux jeux sont directement inspirés de films ou de bandes dessinées de science-fiction (« E.T. », « La Guerre des étoiles », « L'Empire contre-attaque », « Le retour du Jedi », « Alien », « Buck Rogers »).

- *Omega race :* vous pilotez le vaisseau spatial Omega et devez lutter contre la flotte ennemie des Droïds tout en évitant des obstacles. Dans la version pour deux joueurs, ceux-ci essaient de se détruire tout en subissant les attaques des Droïds (CBS-Coleco).



- *Météorites :* vous traversez un champ de météorites que vous devez détruire en les faisant exploser, tout en vous défendant contre des vaisseaux ennemis et en aidant les vaisseaux alliés (Hanimex, Rollet-Vidéocolor).
- *Évasion extra-terrestre :* dans ce jeu, inspiré du film « E.T. », vous devez aider un extra-terrestre à retourner chez lui (Rollet-Vidéocolor).
- *Vanguard :* vous devez, à bord de votre engin spatial, atteindre la Cité des Mystères pour détruire le Grand Gond. Il vous faut pour cela traverser des tunnels remplis d'obstacles, éviter des nuages mortels, des tentacules (Atari).
- *Martian :* vous êtes attaqué par des monstres de l'espace (Hanimex, Rollet-Vidéocolor).
- *Star strek :* vous êtes le capitaine de l'U.S.S. Enterprise. Votre ennemi est le Nomad. Vous devez détruire les projectiles qu'il vous envoie et vous avez le droit de regagner votre base pour vous réapprovisionner. Originalité : le jeu se déroule sur trois zones de l'écran (RCV pour Atari).
- *Attaque de l'espace :* inspiré des *Envahisseurs* (Rollet-Vidéocolor et Hanimex).
- *Subroc :* vous affrontez des bateaux et des soucoupes volantes qui vous lancent des projectiles en zigzag. Adaptation très réussie (effets de relief) d'un jeu d'arcades célèbre (CBS-Coleco).
- *Buck Rogers :* vous êtes le célèbre héros de cette bande dessinée à la tête d'une escadre de cinq vaisseaux et vous devez défendre la planète Zoom. Le graphisme est en trois dimensions (CBS-Coleco).
- *Les aventuriers de l'espace :* vous défendez la terre à l'aide de missiles et de fusées. Inspiré du jeu *Defender* (Hanimex).
- *Phœnix :* vous êtes dans un char et vous attaquez un vaisseau spatial défendu par des oiseaux extra-terrestres qui renaissent après avoir été tués (Atari).
- *Space panic :* vous êtes un astronaute prisonnier sur une planète gardée par des monstres. Vous essayez de vous échapper en passant par des labyrinthes (CBS-Coleco).
- *L'étoile de la mort :* c'est le dernier épisode du film « Le retour du Jedi » (Parker pour Atari).
- *Space fury :* votre ennemi est le commandant Alien. Ses vaisseaux se regroupent, si vous ne les abattez pas, en un super-vaisseau encore plus dangereux. Vous devez essayer de vous amarrer au vaisseau amiral (CBS-Coleco).
- *Moon patrol :* vous vous promenez sur la lune au volant d'une jeep spatiale (Atari).





En haut : *Buck Rogers*, CBS.
En bas : *Space fury*, CBS.

GAME OVER

Les types de jeux

Jeux d'action

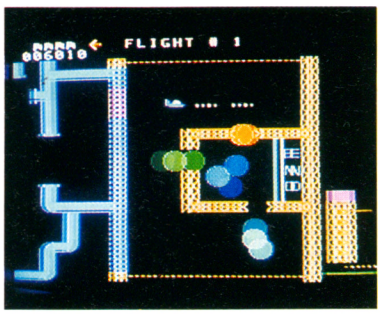


• *River raid :* vous survolez une rivière à bord d'un avion en détruisant le plus possible de pétroliers, de dépôts de carburant et d'avions ennemis (Activision pour Atari).
• *Artillery duel :* tir d'artillerie prenant en compte la vitesse du vent, les angles de tir, et la quantité de poudre se trouvant dans le canon (RCV pour Atari).



En haut à gauche : *River raid.*
En haut à droite : *Looping.*
Ci-dessus : *Battle zone.*
A droite : *Donkey Kong.*

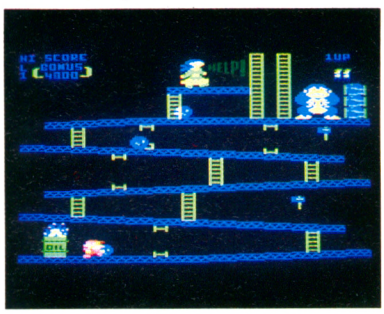
• *Super Kung Fu :* vous devez libérer un prisonnier se trouvant dans un monastère. Vous êtes ceinture jaune au début des combats et vous rentrez dans le monastère lorsque vous obtenez votre ceinture verte. La partie comporte 7 tableaux (RCV pour Atari).
• *Robot tank :* combat de chars au milieu d'une tempête de neige, de trombes d'eau et enfin dans l'obscurité. Vous pilotez un char à l'aide d'un radar (Activision pour Atari).
• *Battle zone :* à bord du dernier tank, vous défendez la terre contre les envahisseurs. Vous pilotez à l'aide d'un radar (Atari).



• *Looping :* à bord d'un avion, vous devez détruire une fusée pour pouvoir ensuite entrer dans un labyrinthe (CBS-Coleco).
• *Time pilot :* aux commandes de votre machine à remonter le temps, vous affrontez des avions de différentes époques : biplans de 1914, dirigeables, bombardiers, chasseurs, hélicoptères, vaisseaux spatiaux (CBS-Coleco).

Jeux d'adresse

Ils ont souvent des points communs avec les jeux spatiaux. Il s'agit en général de jeux guerriers dans lesquels le joueur doit viser des cibles, tels que des avions, des bateaux (*Air-sea-battle* d'Atari). D'autres jeux d'adresse sont plus pacifiques. Par exemple, le célèbre *Casse-briques* (ou *Break out*) et ses dérivés qui consistent à casser un mur de briques à l'aide d'une balle et d'une raquette.



Inspiré du célèbre King Kong, *Donkey Kong*, le gorille, enlève la fiancée de Mario, le maçon. Celui-ci, pour la sauver, grimpe sur des

GAME OVER

Les jeux

Nous avons vu comment l'ordinateur peut dessiner, peindre, jouer de la musique et aider à la composer, chanter, parler, et « entendre ». Tout cela au moyen d'astuces exploitant à fond une idée très simple, qui est de... décortiquer du courant électrique. Quel rapport avec les jeux ?

D'abord, parce que 80 % des programmes vendus pour les micro-ordinateurs sont des jeux. Le premier contact familial avec la micro-informatique se fait à travers un jeu dans 80 % des cas.

Il y a donc eu imbrication entre le développement des jeux électroniques et celui de la micro-informatique dans le grand public. Ce sont deux aspects d'un même phénomène de société.

Parce que, par les images et les sons, l'ordinateur a aussi été mis au service des artistes. Or, l'art et le jeu sont des activités comparables, en marge de la vie pratique et de ses pesantes nécessités. La « re-création » d'images et de sons peut offrir de magnifiques récréations, nous l'avons entrevu dès le début.

Mais surtout parce que, les philosophes et les scientifiques sont tous d'accord sur ce point, le jeu constitue une activité humaine essentielle et d'une grande importance.

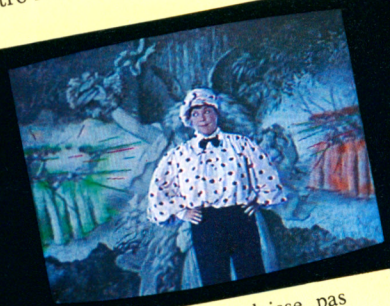
Monsieur Plumeau, employé modèle, s'endort régulièrement sur son clavier... Il se transforme alors en un abominable robot, Intox 639, qui décide, avec l'aide de son complice, l'ordinateur numéro 1, de mettre l'univers à ses pieds ! Mais il y a une faille...



Intox conçoit aujourd'hui le projet de diviser sa ville, Intoxville, en deux camps qu'il fera jouer l'un contre l'autre.



Avec la complicité de son ordinateur préféré, il programme même, pour piloter l'ensemble des combats, un ange de la guerre.



Mais Zoé ne se laisse pas impressionner : « Vous croyez vraiment qu'il faut encore inventer des jeux de destruction, que...

... ça ne suffit pas avec les vraies guerres que l'on invente tous les jours un peu partout ? »

GAME OVER

L'amour du jeu

Déjà, les anciens Romains disaient que le peuple avait besoin avant tout de deux choses : du pain et des jeux. C'est toujours vrai.
Aujourd'hui, pour l'homme d'Occident si privilégié, le pain n'est plus que rarement un problème, et l'évolution semble nous conduire vers un avenir où nous pourrons travailler de moins en moins. Le jeu vient donc au premier plan. Robert Oppenheimer (l'un des « pères » de l'atome) et le philosophe Raymond Aron se sont rencontrés au cours d'un colloque très solennel, il y a une vingtaine d'années, pour réfléchir sur l'avenir de l'humanité. Ils évoquèrent la possibilité que, à la fin de ce siècle, « le jeu et l'amour soient les seules choses importantes ». C'était une boutade, sans doute, mais en partie seulement.
Depuis toujours, les enfants jouent pour apprendre la vie et le monde, pour s'y préparer. Pour les adultes, le jeu n'est pas seulement une détente. Il permet de vivre, en les limitant à l'essentiel, les problèmes de la vie courante ; « pour rire »..., avec des enjeux limités et librement choisis, sans risque majeur (sauf dans les casinos !). On y expérimente des comportements après avoir fixé une règle du jeu dont dépendra que l'on gagne ou que l'on perde. La règle traduit ce que l'on veut retenir des contraintes de la vie. Le jeu, c'est la vie, la vie transposée.
Le jeu est au centre de la culture au même titre que l'art. Et l'informatique s'y est introduite à toute vitesse, parce qu'elle résoud beaucoup de vieux problèmes et fait franchir aux hommes un nouveau seuil de développement. Comme l'imprimerie dès son invention par Gutenberg, comme l'électricité, l'informatique va alléger des contraintes, supprimer des limites, changer en profondeur les façons de vivre et diversifier les façons de penser.
Parce que les jeux reproduisent la vie et permettent de s'y préparer, d'explorer « à blanc » toutes les possibilités qui peuvent se présenter, leur évolution renseigne sur celle de la société. Du côté de l'informatique, nous allons le voir, c'est très instructif et encourageant. Car, abstraction faite du risque d'apocalypse nucléaire, cela a de quoi faire envisager l'avenir avec optimisme. Cela ne s'est pas fait du jour au lendemain, mais dès le début, on a vu dans les ordinateurs des jouets magnifiques.

« Ainsi les enfants dépassent les adultes dans leurs capacités de représenter les objets du monde technique, mais cette représentation n'est qu'un simulacre qui leur permet d'accomplir des actes similaires à ceux des adultes. Les jeux n'entretiennent-ils pas les enfants dans une illusion de puissance ? Il semble que la réponse soit négative car à mesure que l'enfant acquiert une capacité technique, il se heurte à la réalité qu'il veut maîtriser et il prend conscience du décalage entre ses moyens et les fins qu'il poursuit. Le jouet est une représentation de la réalité, mais il n'est pas l'objet réel, cet écart entre la représentation et le modèle fait le charme aussi du jouet. L'enfant joue à l'adulte et il sait qu'il joue. »

in *Les jouets des enfants Baoulé*, par Chantal Lombard (Quatre Vents Éditeur, 1978).

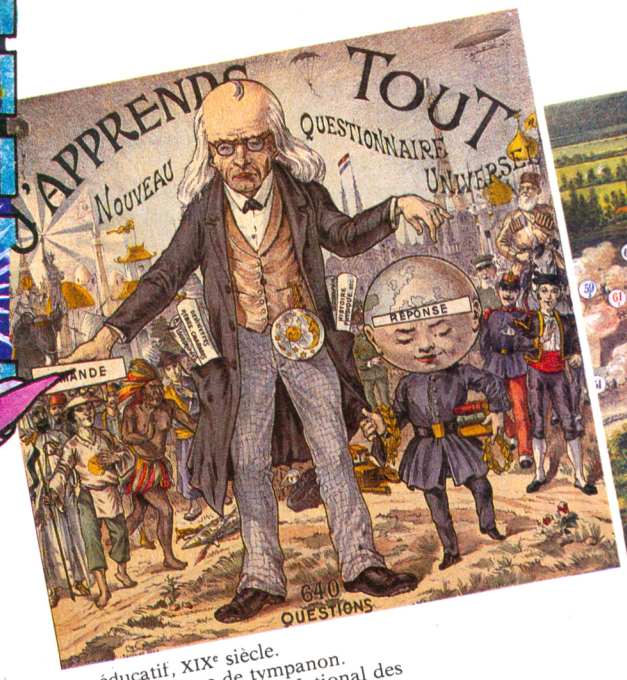
Des savants pas sérieux...

En 1950, nous le savons, les premiers ordinateurs emplissaient de leurs installations gigantesques d'immenses salles climatisées. Des savants en blouse blanche veillaient jalousement sur eux et mettaient au point des programmes très sérieux : calculs scientifiques qui auraient, « à la main », nécessité des dizaines d'années, calculs de gestion financière à l'échelle de sociétés géantes ou de budgets d'États, pour tester les conséquences de toutes les décisions possibles.
Tout cela était un peu... rébarbatif. Alors, pour se détendre, les scientifiques, qui sont des hommes comme tout le monde, et parfois un peu gamins, les utilisaient à d'autres fins. A l'heure du déjeuner, ni vu ni connu, ils concevaient des programmes pour faire de leur ordinateur un super-partenaire à la bataille navale, aux échecs, ou au poker... En 1952, l'un d'eux met au point un programme de jeu de dames qui envisage tous les coups possibles.

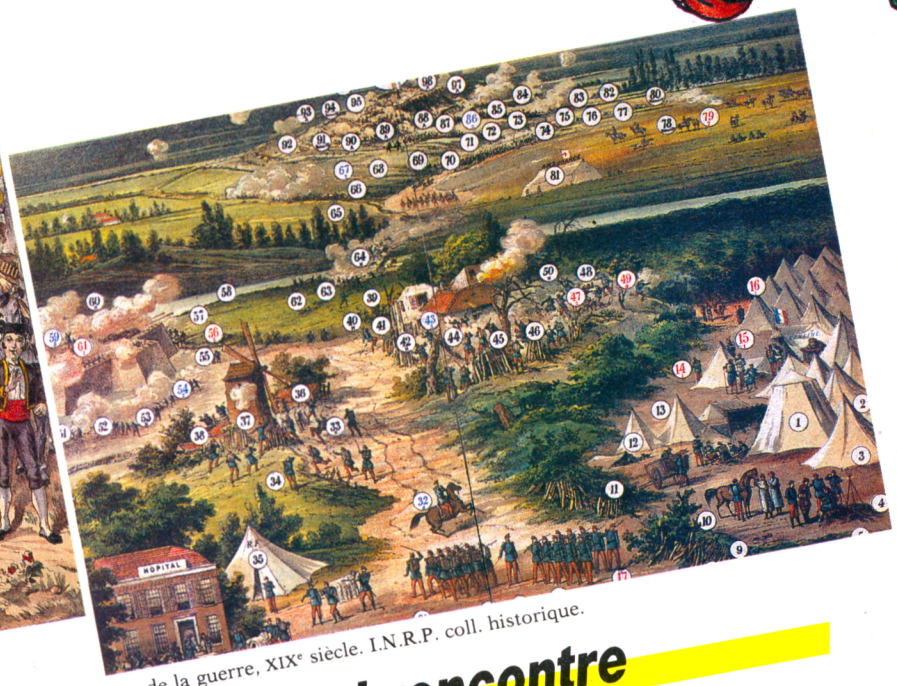
Boîte de Loto, 1870. I.N.R.P. coll. historique.



L'amour du jeu

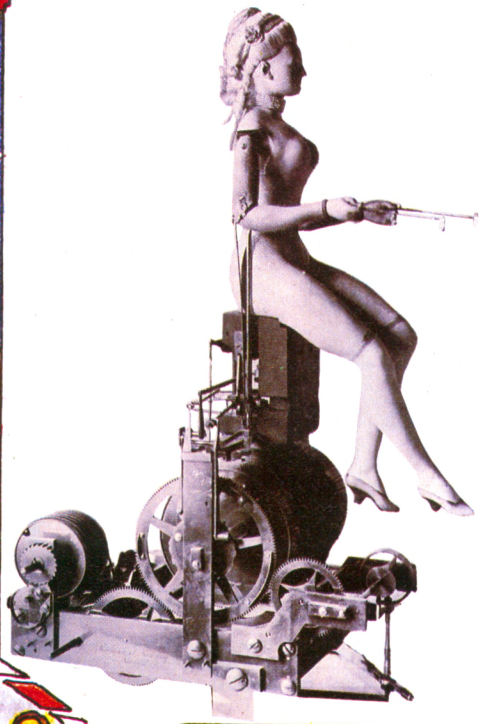


Jeu éducatif, XIX^e siècle.
En bas : Joueuse de tympanon.
Cliché et coll. du Musée National des Techniques CNAM-Paris.



Jeu de la guerre, XIX^e siècle. I.N.R.P. coll. historique.

Quand un mini rencontre un autre mini



Deux choses vont encourager cette tendance à jouer avec les grosses machines. D'abord, on va les raccorder, les interconnecter dans des réseaux, pour que leurs mémoires et les capacités de traitement de leurs circuits s'additionnent. Possibilités accrues donc... Y compris pour jouer, et les informaticiens ne vont pas s'en priver. Sans en parler, ils vont organiser leurs petites olympiades, échanger leurs idées d'informatique amusante.

De plus, et c'est le second point déterminant, les grosses machines vont maigrir. Devenir, non pas encore des « micros », mais, dès 1960, des mini-ordinateurs valant encore quelques millions de dollars..., mais à la portée de nombreuses entreprises, qui y trouvent leur compte et engagent des informaticiens. Il y a aux Etats-Unis, nous l'avons vu, une sorte de « super grande école », le M.I.T. *(Massachusetts Institute of Technology)*. C'est là qu'a été mis au point le premier de ces mini-ordinateurs encore chers, mais plus trop. Les chercheurs, pour le mettre à l'épreuve, s'en servirent pour imaginer un scénario de guerre spatiale : *Space war*. Ils se donnèrent le mot et, dans cette profession toute neuve, ce nouveau jeu devint la grande folie. L'heure du déjeuner ne suffisait plus, on y jouait la nuit. D'autant que, de New York à San Francisco, il y a 3 heures de décalage, et que les services informatiques exigent une « garde de nuit », comme les hôpitaux. Tout cela joue, c'est le cas de le dire. Bien sûr, l'heure d'ordinateur coûte cher, à cause de l'amortissement du matériel, le téléphone longue distance aussi, mais les employeurs ferment les yeux. On a trop besoin des informaticiens, qui font par ailleurs économiser tellement d'argent à l'entreprise... Et puis, quand ils jouent à *Space war* la nuit au lieu de dormir, quand ils mènent des parties interminables qui les mobilisent tous, de l'Atlantique au Pacifique, cela les entraîne à maîtriser des systèmes bien complexes, et à en explorer les possibilités dans un climat de compétition entre confrères...

GAME OVER

L'amour du jeu

Cela reste quand même, par la force des choses, réservé aux spécialistes. Et comme il faudra attendre les microprocesseurs pour que cela change, le besoin de jouer avec les nouvelles techniques va s'engouffrer ailleurs et dans l'intervalle, il va se passer des choses...

Au-delà de l'écran

Un homme va, à ce moment, jouer un rôle déterminant. Il s'appelle Nolan Bushnell. A l'Université, il a utilisé des ordinateurs et s'en est servi surtout... pour jouer à la guerre spatiale. Puis il est devenu ingénieur chez Ampex, une société de vidéo qui fabrique des magnétoscopes. Et comme il s'y ennuie, il se souvient des bons moments passés à jouer à la guerre spatiale. Alors, dans le garage de son pavillon, il bricole quelque chose. Pas question de recourir à l'informatique, c'est encore trop cher et trop encombrant. Mais avec un poste de télévision et pour quelques transistors de plus, il met au point un *Space computer. Computer,* cela veut dire ordinateur, et pourtant il n'y en a pas – pas encore – dans ce jeu. En revanche, cela impressionne peut-être trop les acheteurs. Et Nolan, puni de son petit mensonge, ne vend que 2000 jeux, ce qui, en Amérique, n'est rien. Mais il a compris, et fait plus simple. Cela s'appelle le *Pong.* Sur l'écran de télévision, il y a un trait blanc que l'on déplace à volonté (avec une petite manette, reliée à la télévision par un fil), et un rond, blanc également. Le trait, c'est une raquette de ping-pong schématisée, le rond, une balle qui va rebondir sur le bord de l'écran, sous un angle qui dépend de la façon dont on l'a touchée avec la raquette. Il faut avoir de bons réflexes pour déplacer très vite la raquette et se trouver sur le trajet de la balle. Cela paraît très élémentaire, mais, tel qu'il est, ce nouveau jeu d'adresse est si excitant que tous les bars des États-Unis vont l'installer à côté des traditionnels flippers et autres machines à sous. De même, les « arcades », ces galeries de jeux où le public trouve à sa disposition, côte à côte, tous les jeux de ce genre, vont s'arracher le *Pong* et ses imitations. Bushnell a baptisé sa société « Atari », un terme emprunté au plus vieux jeu du monde (peut-être), le *Go,* et qui veut dire (comme mat aux échecs) que l'on a perdu. Cela ne lui porte pas malheur, Bushnell vend 100 000 jeux de *Pong* en deux ans. Philips, qui fabrique des téléviseurs, est attentif à ce succès. Selon les mêmes techniques électroniques, toujours avec des transistors et un téléviseur, il met au point un jeu, l'*Odissey,* destiné au téléviseur familial. Cela se passe en 1975. Atari riposte, en proposant au public une console familiale de *Pong.* Ces deux premières « consoles vidéo », qui transforment le téléviseur en terrain de jeux et le téléspectateur passif en joueur actif, se vendent à 13 millions d'exemplaires en trois ans.
Ensuite, Nolan Bushnell vend sa société, Atari, au géant du cinéma, Warner. Il n'a pas fini de jouer pour autant. Il prépare actuellement le lancement d'un robot de compagnie qui comprendra la voix humaine, parlera, fera le ménage ou jouera à volonté... Cela grâce aux techniques de l'informatique que nous avons décrites.





A gauche : Imagerie de Metz, 1842.
A droite : Jeu de Dames militaire. Image d'Épinal, XIXe siècle. I.N.R.P. coll. historique.

GAME OVER

L'amour du jeu



Usine Atari.

Demandez le programme...

Mais jusque-là, il n'y avait pas d'informatique dans ce que l'on appelait les consoles vidéo, d'arcades ou familiales. L'invention des microprocesseurs va tout changer. Les ordinateurs vont devenir beaucoup moins encombrants, et surtout beaucoup moins chers. Atari ne perd pas de temps et, renouant avec la tradition des informaticiens joueurs, sort en 1977 la première console programmable. C'est le *Video Computer System. Video,* parce que cela se branche toujours sur le téléviseur. Mais *Computer,* parce que, cette fois-ci, ça y est, l'ordinateur entre dans la famille. La console est une sorte de micro-ordinateur pouvant recevoir plusieurs programmes qui sont autant de microprocesseurs distincts, présentés dans des cassettes que l'on engage dans la console : une par jeu. Avec la même console, on peut jouer à beaucoup de jeux différents : il suffit de changer de cassette.
La console programmable devient, à partir de ce moment, le jeu électronique familial par excellence. Retenons simplement que c'est par ce biais du jeu que les familles se servent pour la première fois, à domicile, de ce microprocesseur qui est au cœur de l'informatique d'aujourd'hui. Bien sûr, les usagers ne programment pas encore et, pour la majorité d'entre eux, ce terme de microprocesseur ne veut rien dire, mais l'informatique a fait son entrée dans la maison.
De 1977 à aujourd'hui, ces consoles vidéo programmables vont connaître leur âge d'or, marqué par des perfectionnements constants. Mais il existe d'autres types de jeux. Et surtout, ceux qui ont été conçus pour les arcades, ces lieux de jeux où les flippers d'antan ont été peu à peu détrônés par des consoles très perfectionnées. Comme ces jeux d'arcades sont destinés à une exploitation commerciale (on paie pour jouer), on peut les vendre plus cher. Ces appareils beaucoup plus performants servent de modèles pour les futures consoles familiales.

Les samouraï s'amusent...

Ce sont les Japonais qui, en 1979, introduisent l'informatique dans les jeux d'arcades, avec le désormais fameux *Space Invaders.* Les joueurs revivent la « Guerre des Mondes », l'émission avec laquelle Orson Welles avait fait trembler l'Amérique..., un peu simplifiée quand même. Ils doivent anéantir, sans les laisser atteindre la terre (le bas de l'écran), des envahisseurs venus de l'espace avec de mauvaises intentions. Certes, les envahisseurs ne sont que de petites bestioles schématiques (E.T. n'existe pas encore), mais le jeu est très vivant, le tir des lasers est précis, le bruitage très bien trouvé, les envahisseurs explosent en plein ciel... Le public s'amuse follement avec ces *Space Invaders.* On en trouve dans toutes les arcades et dans la plupart des cafés, en Amérique d'abord, puis en Europe.

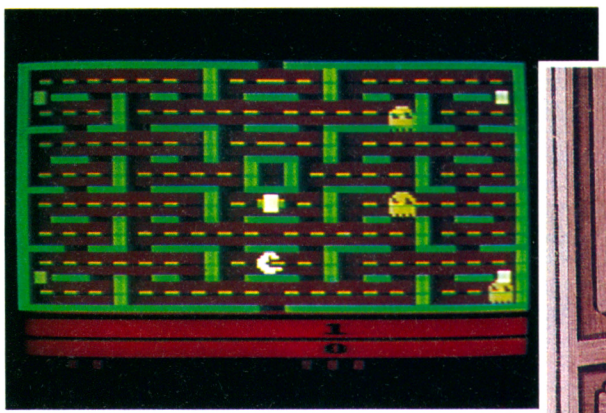
Un jeu de *Pong.*



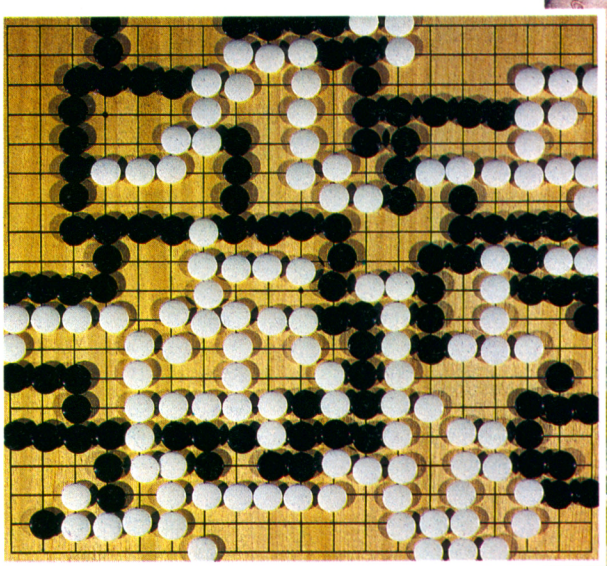
GAME OVER

L'amour du jeu

Les Japonais, véritables *Space Invaders* eux-mêmes, trompant la vigilance des inventeurs américains, enchaînent avec deux autres jeux (toujours pour les arcades) plus pacifiques et très drôles : *Pac man* et *Donkey Kong* (voir plus loin). Les Américains d'Atari, ébranlés, répliquent en 1980 avec un jeu d'arcades analogue au *Space Invaders* et qui s'appelle *Asteroïds*. A titre indicatif, notons que les bénéfices d'Atari sont multipliés par dix en 1980... Ce qui permet la mise au point d'un programme familial inspiré du *Pac man*.
À partir de ce moment, l'industrie des jeux électroniques a trouvé son processus naturel d'évolution : les jeux sont d'abord mis au point, dans une version très complète, pour les arcades, et, en cas de succès, ils sont édités dans une version simplifiée, à usage familial. C'est dans ce cadre que vont entrer en scène les micro-ordinateurs, qui peuvent être utilisés comme des super-consoles de jeux, par la simple adjonction de manettes de commande éventuellement, et d'un programme conçu pour leurs circuits. Avant de décrire la situation actuelle des jeux électroniques, voyons rapidement comment on utilise le microprocesseur (celui d'un micro-ordinateur ou celui d'une console de jeux) pour jouer.



Pac man.



Jeu de Go.



Jeu chinois, aquarelle XIXe siècle.

Comment ça marche ?

Pour un microprocesseur, les jeux sont des programmes comme les autres. Le micro-ordinateur les utilise comme n'importe quel logiciel. Sa mémoire morte lit, au fur et à mesure du déroulement du jeu, la règle stockée dans la mémoire additionnelle que représente la cartouche enfichable (il s'agit en fait d'un autre microprocesseur), ou dans la cassette ou la disquette.

Une partie gratuite ?

Prenons l'exemple du traditionnel billard électrique, ou flipper. D'abord, et c'est là l'information spécifique, le microprocesseur aménage l'écran en espace de jeu selon les indications du programme : un flipper schématisé.

Ensuite, quand le joueur, d'un coup de flipper bien ajusté, envoie la bille (l'image de la bille) toucher un plot, l'ordinateur, qui a fait tous les calculs nécessaires pour représenter la trajectoire de la bille et sa rencontre avec le plot, reçoit du programme l'instruction d'attribuer « n » points au compte du joueur, et de calculer les positions nécessaires pour représenter la bille rebondissant dans une direction donnée. Si le joueur a réagi trop tardivement et si la bille, par conséquent, tombe dans le trou, la mémoire centrale, qui gère l'image de l'écran (nous avons vu qu'elle mobilisait en permanence le nombre d'octets nécessaire à cette représentation), reçoit pour instruction de totaliser les points du coup et d'ouvrir le compte du joueur suivant tout en reformant l'image de la bille en position de départ.

La bille du flipper, les obstacles qu'elle rencontre, les petites battes qui servent à la relancer, tout cela n'est constitué bien sûr que de dessins que réalise l'ordinateur sur l'écran.







Il y a donc une image statique (le décor, les plots et autres obstacles, le trou de sortie), et des images en mouvement : la bille et les battes. Nous savons comment l'ordinateur représente l'image : il suit bêtement l'ordre du programme en lisant pour chaque pixel (point) de l'écran s'il doit rester éteint ou s'allumer et, si oui, dans quelle couleur (couleur 1, oui ou non ? Couleur 2, oui ou non ? Couleur 3, oui ou non ?... Et ainsi de suite).

Le mot informatique signifie la science du traitement de l'information. Le terme équivalent utilisé par les Anglo-Saxons est « data processing » signifiant « traitement des données » - une donnée est une information élémentaire, par exemple le montant d'un compte en banque. Le mot microprocesseur désigne donc un composant électronique contenant une minuscule puce de silicium capable de traiter (to process = traiter) de l'information.

Comme il passe en revue pour les actualiser (les mettre à jour) tous les points de l'écran, de gauche à droite et de haut en bas, 25 fois par seconde (rythme des images de films à la télévision), il peut représenter tous les mouvements, qui ne sont pour lui qu'une séquence très rapide d'images statiques. Pour cela, il consulte à chaque fois le programme spécifique du jeu, après avoir répercuté vers ce programme les informations constituées par l'intervention des joueurs. Ceci pour connaître le nouvel aspect que doit prendre, dans le 1/25 de seconde à venir, l'image de l'écran.

Pour les déplacements de la bille, en fonction de l'impact des battes, le programme lui donne des instructions pour effectuer le calcul de chaque position successive, dont l'enchaînement constituera le parcours visible. Ce parcours traduit les caractéristiques du jeu : la bille accélère après avoir rebondi sur un plot, par exemple.
Il détermine également la commande des sons, d'une fréquence et d'une forme d'onde données.

Les types de jeux

Depuis 1980, les consoles de jeux bénéficient d'un maximum de perfectionnements, sous la forme de périphériques que l'on peut y ajouter : des commandes très pratiques et précises, sous forme de manettes spéciales (joy-sticks), des synthétiseurs de voix, des lunettes qui, pour certains programmes, permettent de voir l'espace en trois dimensions.



Mais c'est peut-être le bouquet final des consoles programmables. Deux évolutions se dessinent :
– les meilleurs informaticiens se désintéressent du matériel *(hardware)* pour s'intéresser aux logiciels, c'est-à-dire à l'invention de nouveaux jeux sous forme de programmes *(software)* ;
– parallèlement, du fait de la baisse du prix des microprocesseurs, les micro-ordinateurs deviennent les concurrents directs des consoles de jeux. Il suffit pour cela de leur adjoindre des accessoires (manettes, etc.) relativement bon marché. Et ils peuvent faire bien d'autres choses que jouer. Ils ont, en outre, un meilleur graphisme (couleur). Surtout, c'est leur capacité de mémoire qui fait la différence, car elle autorise des jeux plus savants, plus complexes.

C'est donc maintenant aux consoles vidéo qu'il appartient de se transformer en micro-ordinateurs, par l'addition de mémoires plus importantes, de claviers, etc. Mais leurs constructeurs ne pourront pas tous se faire une place sur ce marché s'ils arrivent en retard.
La plupart des jeux sont donc édités en plusieurs versions, sous forme de programmes adaptés aux :
– jeux d'arcades ;
– consoles vidéo programmables ;
– micro-ordinateurs ;
– jeux de table ou de poche.



En haut : Super Roller, CBS.
Ci-contre : Super Controller, CBS.

Grandes familles de programmes

Les jeux les plus célèbres sont les jeux d'arcades où l'action et l'adresse ont une importance primordiale.
D'autres jeux sont, en revanche, basés sur la réflexion. Ils sont souvent inspirés de jeux de société (tels que les échecs, le bridge, le Monopoly...) ou adaptés de jeux de rôle *(Donjons et Dragons)* ou bien se servent de l'ordinateur pour simuler une situation complexe (*War games,* simulation de gestion d'entreprises...). On les rencontre sur les consoles vidéo-familiales et sur les micro-ordinateurs, ou sur des supports spécialisés (échecs).
On distingue en général les jeux spatiaux, d'action, d'adresse, de labyrinthe, de sport, de pilotage, de rôle et d'aventure, de stratégie et de simulation. Cette classification est

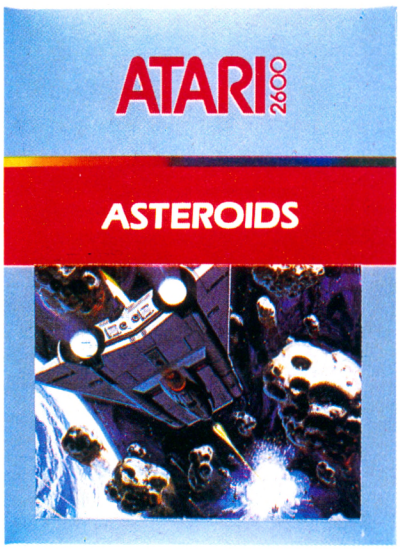
Les types de jeux

un peu arbitraire car de nombreux jeux appartiennent à plusieurs catégories à la fois.

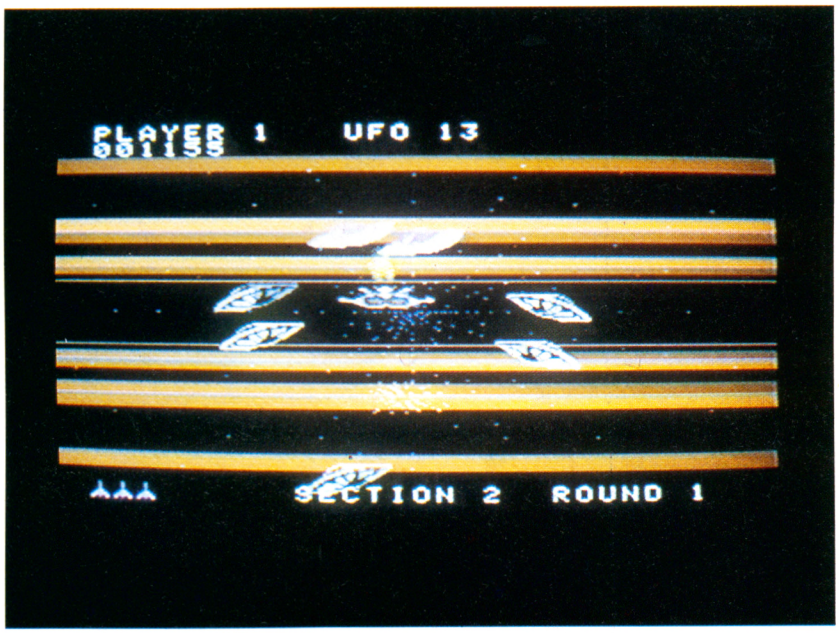
Jeux spatiaux

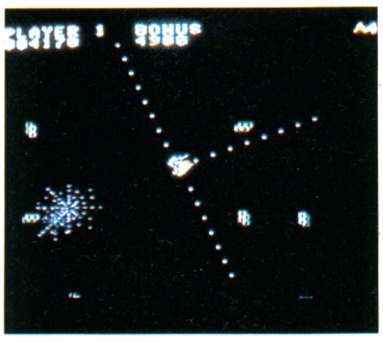
Le plus connu des jeux spatiaux est, avec l'ancêtre *Space war*, le jeu *Space invaders*. *Asteroïds* d'Atari est également un grand classique. De nombreux jeux sont directement inspirés de films ou de bandes dessinées de science-fiction (« E.T. », « La Guerre des étoiles », « L'Empire contre-attaque », « Le retour du Jedi », « Alien », « Buck Rogers »).

- *Omega race :* vous pilotez le vaisseau spatial Omega et devez lutter contre la flotte ennemie des Droïds tout en évitant des obstacles. Dans la version pour deux joueurs, ceux-ci essaient de se détruire tout en subissant les attaques des Droïds (CBS-Coleco).



- *Météorites :* vous traversez un champ de météorites que vous devez détruire en les faisant exploser, tout en vous défendant contre des vaisseaux ennemis et en aidant les vaisseaux alliés (Hanimex, Rollet-Vidéocolor).
- *Évasion extra-terrestre :* dans ce jeu, inspiré du film « E.T. », vous devez aider un extra-terrestre à retourner chez lui (Rollet-Vidéocolor).
- *Vanguard :* vous devez, à bord de votre engin spatial, atteindre la Cité des Mystères pour détruire le Grand Gond. Il vous faut pour cela traverser des tunnels remplis d'obstacles, éviter des nuages mortels, des tentacules (Atari).
- *Martian :* vous êtes attaqué par des monstres de l'espace (Hanimex, Rollet-Vidéocolor).
- *Star strek :* vous êtes le capitaine de l'U.S.S. Enterprise. Votre ennemi est le Nomad. Vous devez détruire les projectiles qu'il vous envoie et vous avez le droit de regagner votre base pour vous réapprovisionner. Originalité : le jeu se déroule sur trois zones de l'écran (RCV pour Atari).
- *Attaque de l'espace :* inspiré des *Envahisseurs* (Rollet-Vidéocolor et Hanimex).
- *Subroc :* vous affrontez des bateaux et des soucoupes volantes qui vous lancent des projectiles en zigzag. Adaptation très réussie (effets de relief) d'un jeu d'arcades célèbre (CBS-Coleco).
- *Buck Rogers :* vous êtes le célèbre héros de cette bande dessinée à la tête d'une escadre de cinq vaisseaux et vous devez défendre la planète Zoom. Le graphisme est en trois dimensions (CBS-Coleco).
- *Les aventuriers de l'espace :* vous défendez la terre à l'aide de missiles et de fusées. Inspiré du jeu *Defender* (Hanimex).
- *Phœnix :* vous êtes dans un char et vous attaquez un vaisseau spatial défendu par des oiseaux extra-terrestres qui renaissent après avoir été tués (Atari).
- *Space panic :* vous êtes un astronaute prisonnier sur une planète gardée par des monstres. Vous essayez de vous échapper en passant par des labyrinthes (CBS-Coleco).
- *L'étoile de la mort :* c'est le dernier épisode du film « Le retour du Jedi » (Parker pour Atari).
- *Space fury :* votre ennemi est le commandant Alien. Ses vaisseaux se regroupent, si vous ne les abattez pas, en un super-vaisseau encore plus dangereux. Vous devez essayer de vous amarrer au vaisseau amiral (CBS-Coleco).
- *Moon patrol :* vous vous promenez sur la lune au volant d'une jeep spatiale (Atari).





En haut : *Buck Rogers*, CBS.
En bas : *Space fury*, CBS.

GAME OVER

Les types de jeux

Jeux d'action

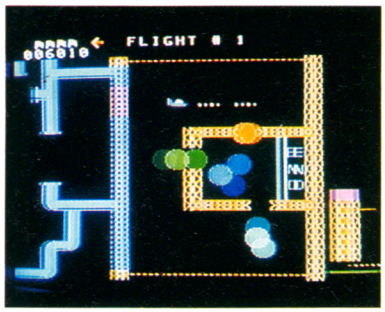


• *River raid :* vous survolez une rivière à bord d'un avion en détruisant le plus possible de pétroliers, de dépôts de carburant et d'avions ennemis (Activision pour Atari).
• *Artillery duel :* tir d'artillerie prenant en compte la vitesse du vent, les angles de tir, et la quantité de poudre se trouvant dans le canon (RCV pour Atari).



En haut à gauche : *River raid.*
En haut à droite : *Looping.*
Ci-dessus : *Battle zone.*
A droite : *Donkey Kong.*

• *Super Kung Fu :* vous devez libérer un prisonnier se trouvant dans un monastère. Vous êtes ceinture jaune au début des combats et vous rentrez dans le monastère lorsque vous obtenez votre ceinture verte. La partie comporte 7 tableaux (RCV pour Atari).
• *Robot tank :* combat de chars au milieu d'une tempête de neige, de trombes d'eau et enfin dans l'obscurité. Vous pilotez un char à l'aide d'un radar (Activision pour Atari).
• *Battle zone :* à bord du dernier tank, vous défendez la terre contre les envahisseurs. Vous pilotez à l'aide d'un radar (Atari).



• *Looping :* à bord d'un avion, vous devez détruire une fusée pour pouvoir ensuite entrer dans un labyrinthe (CBS-Coleco).
• *Time pilot :* aux commandes de votre machine à remonter le temps, vous affrontez des avions de différentes époques : biplans de 1914, dirigeables, bombardiers, chasseurs, hélicoptères, vaisseaux spatiaux (CBS-Coleco).

Jeux d'adresse

Ils ont souvent des points communs avec les jeux spatiaux. Il s'agit en général de jeux guerriers dans lesquels le joueur doit viser des cibles, tels que des avions, des bateaux (*Air-sea-battle* d'Atari). D'autres jeux d'adresse sont plus pacifiques. Par exemple, le célèbre *Casse-briques* (ou *Break out*) et ses dérivés qui consistent à casser un mur de briques à l'aide d'une balle et d'une raquette.



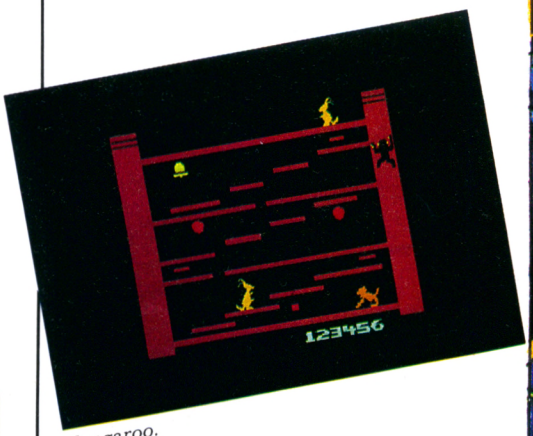
Inspiré du célèbre King Kong, *Donkey Kong,* le gorille, enlève la fiancée de Mario, le maçon. Celui-ci, pour la sauver, grimpe sur des

GAME OVER

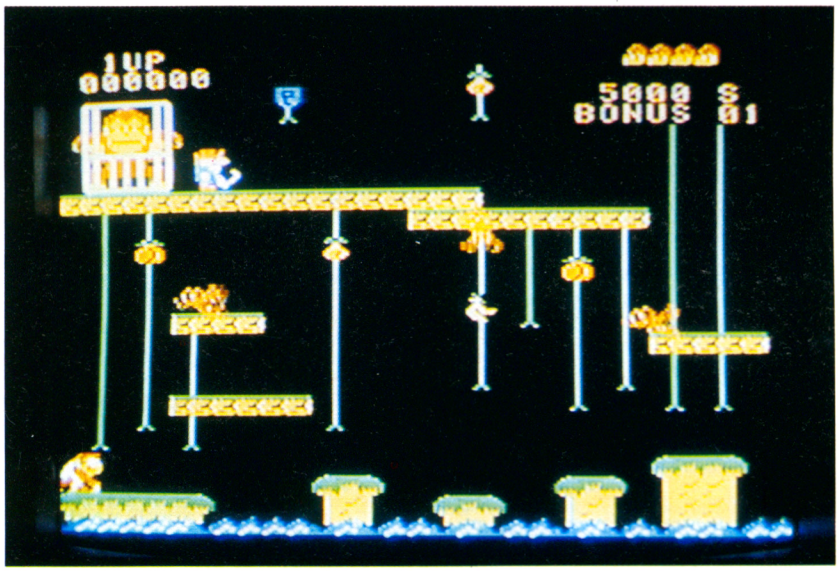
Les types de jeux

échafaudages, en essayant d'éviter les tonneaux que lui lance Donkey Kong (CBS-Coleco).
Le gorille a donné naissance à toute une famille de jeux d'adresse dans lesquels il faut grimper sur des échelles en évitant des obstacles pour délivrer le prisonnier.
Les jeux vidéo ayant détrôné les flippers dans les cafés, ils se devaient de leur réserver une place dans les programmes. C'est chose faite avec les *Pinballs*, ces flippers électroniques où l'action se passe sur l'écran de la console-vidéo. Certains *Pinballs* sont très élaborés et permettent au joueur de placer lui-même les bumpers et les battes de renvoi.

un grand magasin (Activision pour Atari).
- *Kangaroo :* jeu inspiré de *Donkey Kong*. Maman Kangourou essaie de sauver son petit (Atari).
- *Q. Bert :* Q. Bert saute sur les blocs d'une pyramide qui changent de couleur au fur et à mesure. Il doit arriver à colorier toute la pyramide en évitant ses ennemis (CBS-Coleco).
- *Spider fighter :* armé d'une bombe insecticide, vous protégez votre jardin (Activision pour Atari).
- *Carnival :* stand de tir (CBS-Coleco).
- *Mur de briques :* adaptation du *Break out* (Hanimex, Rollet-Vidéocolor).



Kangaroo.



Donkey Kong junior.

- *Donkey Kong junior :* suite du célèbre jeu ; le fils de Donkey Kong veut venger son père fait prisonnier par Mario (CBS-Coleco).
- *Le Trésor du Pharaon - La Chambre piégée :* vous pénétrez dans des pièces piégées. Vous disposez de clés pour neutraliser les pièges et passer dans la pièce suivante (Hanimex, Rollet-Vidéocolor).
- *Plaque attack :* armé d'un tube de dentifrice, vous devez sauver des dents menacées par des aliments. Commençant le jeu avec huit dents, votre mâchoire gagne une dent supplémentaire tous les 2000 points (Activision pour Atari).
- *Keystone Klappers :* vous êtes un agent poursuivant un gangster dans

Jeux de destruction

- *Super-cobra :* aux commandes d'un hélicoptère, vous devez parcourir 16 000 km dans un décor changeant continuellement tout en évitant les attaques ennemies (Activision pour Atari).
- *Oink :* l'histoire des petits cochons et du grand méchant loup (Activision pour Atari).

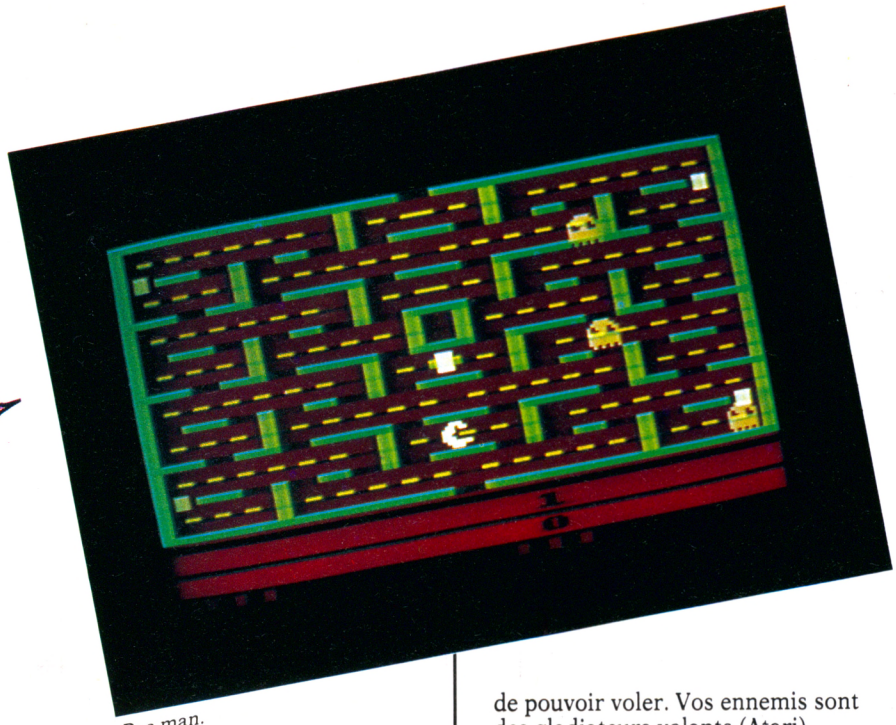
Jeux de labyrinthe

Ce sont des jeux d'adresse perfectionnés.
- *Pac man* est un sympathique enzyme glouton qui se déplace dans

Les jeux vidéo sont construits à la chaîne.



Les types de jeux



Pac man.

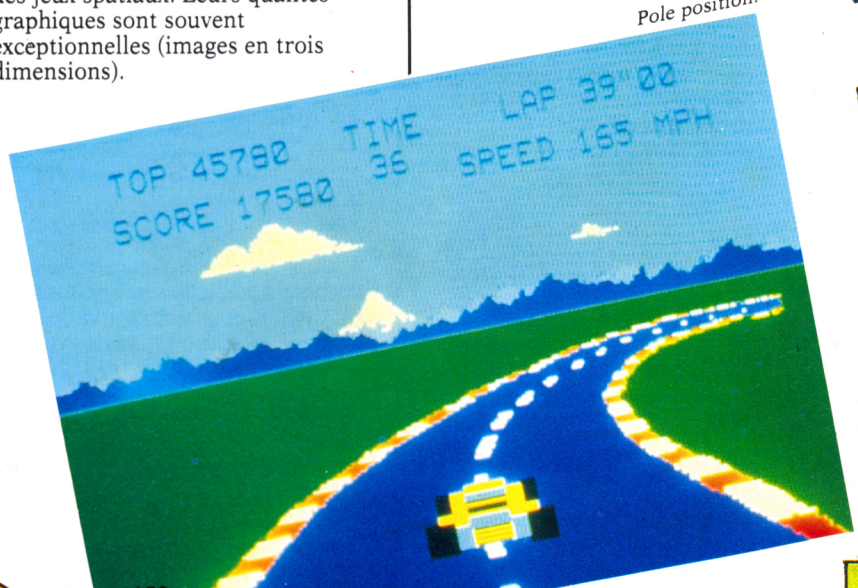
un labyrinthe et gagne des points en gobant tout ce qui lui tombe sous le bec. Il est poursuivi par des méchants fantômes qui essaient de l'avaler (Atari). Ce jeu a, lui aussi, une nombreuse descendance. Un grand nombre de jeux sont, en effet, basés sur le thème de la course-poursuite dans des labyrinthes peuplés de pièges et d'animaux peu sympathiques.

- *Gobeur :* inspiré de *Pac man* (Hanimex).
- *Happy trails :* ce sont les pistes du désert qui constituent le labyrinthe. Vous êtes le shérif et vous devez capturer des bandits en évitant des pièges et en parant les attaques des hors-la-loi (Activision pour Atari).
- *Labyrinthe* (Course à la tortue) : pris au piège dans un labyrinthe, vous cherchez à vous nourrir malgré les tortues (Rollet-Vidéocolor, Hanimex).
- *Dig Dug :* vous êtes un mineur. Vous devez trouver de la nourriture qui vous permettra de survivre dans les galeries de la mine. Vous affrontez deux monstres que vous pouvez neutraliser en branchant votre bouteille d'air comprimé sur leur nombril (Atari).
- *Joust :* votre monture est une autruche qui offre la particularité de pouvoir voler. Vos ennemis sont des gladiateurs volants (Atari).
- *Tuttenkham :* des créatures surnaturelles hantent la pyramide, mais votre pistolet-laser vous permet de parcourir le labyrinthe et de pénétrer dans la chambre de la momie remplie de trésors (Parker pour Atari).

Jeux de pilotage

Ils forment un groupe particulier. Certains d'entre eux se rapprochent des jeux spatiaux. Leurs qualités graphiques sont souvent exceptionnelles (images en trois dimensions).

Pole position.

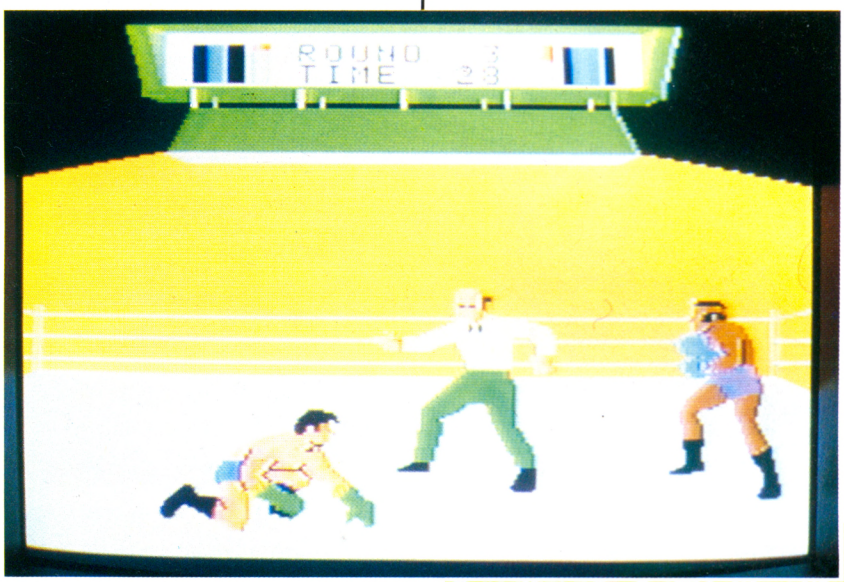


Les types de jeux

Jeux d'aventure

Avec ces jeux, le joueur se trouve dans la situation d'un explorateur qui découvre de nouvelles situations au fur et à mesure qu'il surmonte les obstacles et avance dans le jeu. Certains sont de véritables feuilletons se déroulant sur plusieurs cassettes. *Pittfall* en est l'un des grands classiques (Activision pour Atari).

- *Congo Bongo :* vous participez à un safari dont le but est la capture du gorille Congo Bongo.
- *Ghost manor :* vous affrontez pendant cinq tableaux les sorcières, les lutins, les fantômes du manoir hanté pour retrouver l'imprudent qui s'y est égaré (RCV pour Atari).
- *Spike's peak :* vous affrontez la montagne, les ours et les aigles dans une course contre la montre (RCV pour Atari).
- *Les Aventuriers de l'Arche perdue :* vous êtes Indiana Jones à la recherche de l'Arche perdue (Atari).



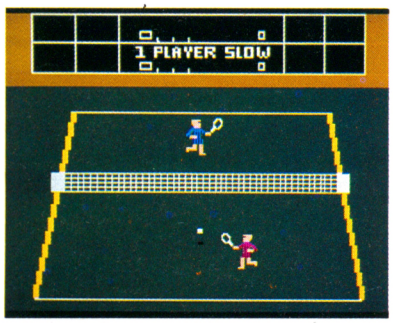
Les dangers de la jungle vous guettent. Jeu en trois dimensions (RCV pour Atari).

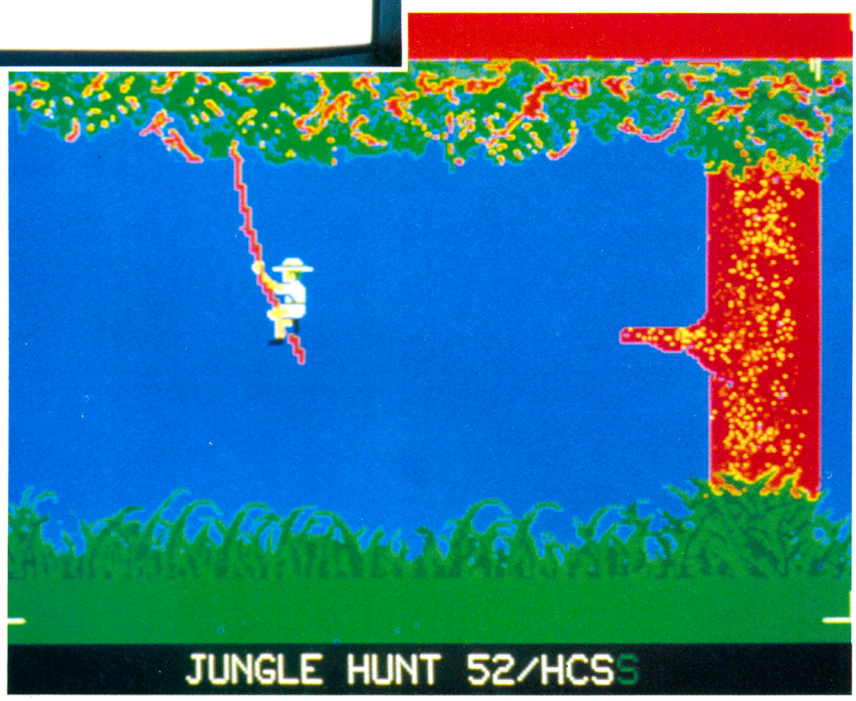
- *Jungle hunt :* deux cannibales ont enlevé votre fiancée. Vous traversez la jungle en sautant de liane en liane, vous affrontez les crocodiles et vous devez éviter les rochers qui roulent vers vous pour arriver jusqu'au village où votre fiancée est prisonnière (Atari).
- *Sir Lancelot :* Lancelot doit libérer une jeune fille prisonnière d'un dragon. Ce jeu se déroule en huit tableaux (RCV pour Atari).
- *Robin Hood :* Robin des Bois doit échapper aux pièges de la forêt avant d'entrer dans le château où le shérif de Nottingham retient Marianne en otage (RCV pour Atari).
- *Slither :* vous affrontez dans le désert des hommes et des monstres préhistoriques (CBS-Coleco).

Jeux de sport

Ces jeux sont parmi les premiers jeux vidéo. Ils ont cependant considérablement évolué et ajoutent aux qualités d'adresse nécessaires, la réalité d'un graphisme souvent saisissant. Tous les sports sont représentés, du tennis à la boxe, en passant par le décathlon, le ski et le football.

- *Décathlon :* chaque athlète a droit à trois essais par épreuve (Activision pour Atari).
- *Rocky :* championnat du monde de boxe (CBS-Coleco).
- *Tennis :* match en trois sets (Atari).





Ci-dessus : *Tennis.*
Ci-contre : *Rocky.*
Ci-dessous : *Jungle hunt.*

GAME OVER

Les types de jeux

Jeux de rôle

Ces jeux de société sont souvent très complexes ; les joueurs y ont chacun un rôle à jouer dans une histoire codifiée. Le plus célèbre est *Donjons et Dragons*. Dans l'adaptation de ce jeu faite pour les consoles et pour les micro-ordinateurs, c'est l'ordinateur qui tient le rôle de « Maître du jeu », si important dans les jeux de ce type.

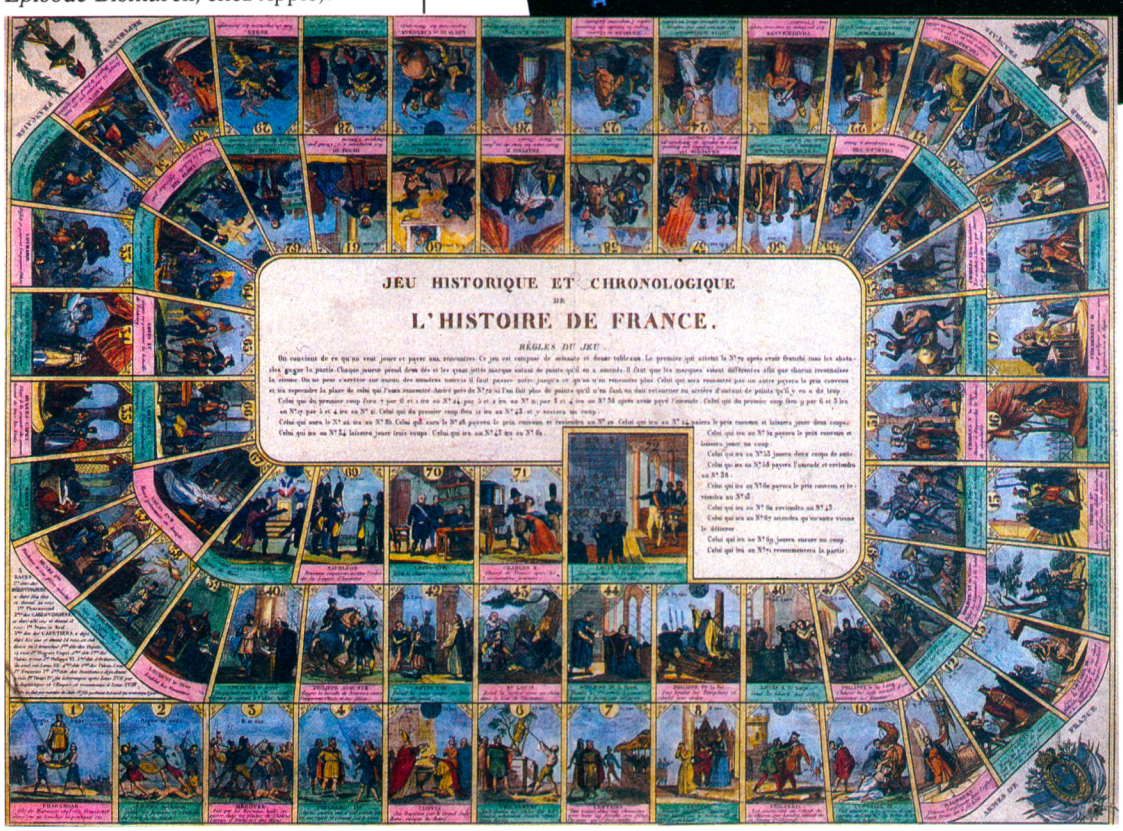
War games

Ils permettent aux joueurs de reconstituer des batailles à l'aide de cartes et de pions symbolisant les forces en présence. La console de jeux vidéo et souvent le micro-ordinateur (à cause de la dimension des programmes) sont tout indiqués pour servir de support à ces jeux en représentant et en arbitrant les forces en présence, ou même pour servir de partenaire (*Opération Apocalypse*, *Episode Bismarck*, chez Apple).

Jeux de stratégie

Ce sont les proches parents des war games. Les règles du jeu sont peut-être plus abstraites et moins proches des champs de bataille, mais la démarche est semblable. L'un des jeux de stratégie les plus connus dans le monde des jeux vidéo est *Othello*. Il s'agit, là encore, d'une adaptation d'un jeu de société. D'autres jeux de sociétés, tels que le *Tic-Tac-Toc* (ou *Morpion*), les jeux de dames et d'échecs peuvent être inclus dans cette catégorie.





Jeu de l'oie historique XIXe siècle – Musée National de l'Éducation, Rouen.

GAME OVER

Les types de jeux

Jeux de simulation économique

Le joueur est placé dans la situation d'un chef d'entreprise *(Cartels and Cutthroats)* ou d'un chef d'État *(Utopia)* devant gérer et planifier. La console ou le micro-ordinateur servent alors à simuler l'effet des décisions sur les plans économique, social et politique.

Jeux pour jeunes enfants

Ils sont souvent inspirés de bandes dessinées : Mickey *(L'Apprenti sorcier)*, Snoopy *(Snoopy et le Baron Rouge)*, Astérix. Ils sont destinés aux consoles familiales. Le microprocesseur s'introduit aussi dans les jeux éducatifs *(La Ronde des chiffres, Synthétia)*, et les jouets parlants *(La dictée magique)*.

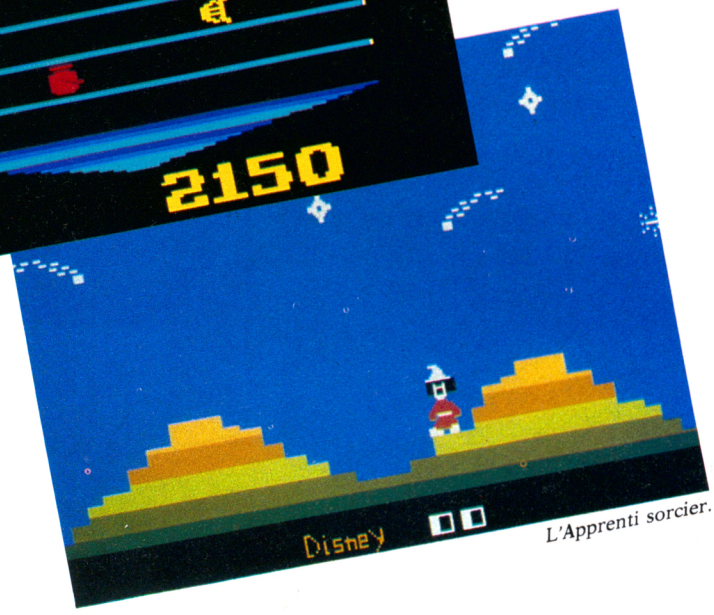
- *L'Apprenti sorcier :* Mickey est l'apprenti sorcier du film « Fantasia ». Vous devez l'aider à éviter la catastrophe (Atari).
- *Astérix :* Astérix doit ramasser le plus d'objets possible sur le champ de bataille (Atari).
- *Snoopy :* à bord de sa niche volante, Snoopy est à la poursuite de l'avion du Baron Rouge (CBS-Coleco).
- *Cookie Monster Munch :* il faut ramasser le maximum de gâteaux dans le labyrinthe et les remettre dans la boîte (Atari).
- *Alpha beam :* votre fusée est en panne de carburant. Les réservoirs sont marqués par des lettres. Il faut trouver les barils portant les lettres correspondant aux réservoirs pour que la fusée reparte. Pour apprendre l'alphabet (Atari).
- *Big bird's egg catch :* il faut aider Big bird à ramasser les œufs qui dégringolent des toboggans.

Vocation : pirate

Déplomber un logiciel, c'est ce que l'on peut appeler un acte de piratage, parfaitement illégal bien entendu. Et en plus, neuf fois sur dix, cela ne rapporte rien (financièrement) au déplombeur. Alors, c'est quoi, cette étrange vocation ? D'abord, il faut savoir que déplomber un logiciel, cela veut dire « aller fourrer son nez là où l'on ne devrait pas », dans le programme lui-même, là où le concepteur a installé — quelle gageure ! — un plombage (ainsi appelé dans le jargon des informaticiens), qui sert à empêcher le recopiage d'une disquette ou l'accès à un programme. En effet, imaginez la catastrophe si, pour une disquette vendue normalement, on voyait circuler entre les mains des utilisateurs un certain nombre de copies pirates qui, si elles coûtent à leur propriétaire le prix d'une disquette vierge, ne rapportent en revanche pas un centime au distributeur officiel. Vous imaginez ? Très bien. C'est exactement ce qui se passe. Surtout sur Apple, un peu sur IBM, moins sur d'autres machines mais cela ne saurait tarder. Quant aux logiciels enregistrés sur cassette, ils sont recopiés comme un morceau de musique. On s'attaque moins aux cartouches, car le prix de revient des composants serait plus élevé pour un particulier que celui de la cartouche vendue dans le commerce. On veut bien se dévouer pour la cause, mais enfin...
On recense environ une cinquantaine de déplombeurs en France. Et il existe une concurrence féroce entre eux. Les très bons sont rares et... recherchés, aussi bien par les utilisateurs de copies que par les firmes que ce trafic met d'assez mauvaise humeur... D'autant plus qu'elles n'ont même pas la ressource de produire des logiciels inintéressants, bêtes et inutiles : le but du déplombeur n'est pas forcément d'avoir un logiciel, c'est de déplomber, pour l'amour de l'art, en quelque sorte. Comme les Shadoks qui pompaient, pompaient, pompaient...



Astérix.



L'Apprenti sorcier.

GAME OVER

Les types de jeux

Jeux d'arcades

Ces jeux sont les plus évolués techniquement (utilisation du vidéodisque à lecture laser) et les plus performants en ce qui concerne la qualité de l'image et des bruitages. *Pole position* est un jeu de pilotage donnant des images impressionnantes... *Zaxon* (pilotage d'un avion de chasse) et *Subroc* (tir) sont des jeux où l'image est en trois dimensions.

Les jeux d'arcades suivent les dernières nouveautés du cinéma mais bien souvent aussi les précèdent. Le fameux film « Tron » (tron comme « électronique »), où le héros est un concepteur de jeux électroniques pourchassé à l'intérieur d'un ordinateur par ses propres créatures, a donné naissance à un jeu vidéo. La sortie de la série de films de science-fiction « La Guerre des étoiles » a été orchestrée avec la sortie des jeux vidéo correspondants. La puissance des ordinateurs qui sont à l'intérieur des jeux d'arcades permet la production d'images synthétiques particulièrement réussies.

Une nouvelle étape est franchie actuellement avec l'utilisation du vidéodisque à lecture laser. Dans ce cas, l'image n'est plus le résultat d'un calcul fait par l'ordinateur, mais une image de film, par exemple un dessin animé. Les séquences du dessin animé sont réparties sur un disque. A chaque manipulation de la manette de jeu, l'ordinateur va chercher sur le disque la séquence d'images correspondant à l'action du joueur pour la projeter sur l'écran. Le déroulement du jeu devient alors un film projeté sur l'écran de la console, l'histoire du film étant



Jeu de pilotage.



Tron.



Dragon's lear.

Les types de jeux

constituée par les aventures vécues par le joueur. Le joueur est donc le héros d'un film dont il est en même temps le metteur en scène et le scénariste.
Dans *Dragon's lear,* le héros doit délivrer une princesse prisonnière dans un château en évitant les pièges qui se dressent sur son chemin. Différentes solutions



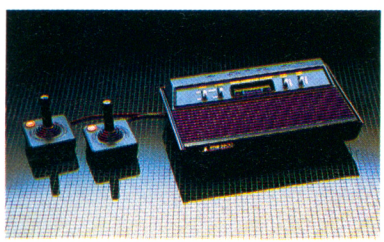
s'offrent au joueur pour éviter les oubliettes, contourner un obstacle, etc. Chaque choix du joueur (ouvrir une porte, prendre la fuite...) détermine la séquence suivante, projetée sur l'écran à partir de la série d'images « piochées » dans le vidéodisque par l'ordinateur.
Il existe plus réaliste encore. Le vidéodisque contient, non plus des bouts de dessins animés, mais de véritables séquences filmées. Dans l'un de ces jeux, vous faites partie d'une équipe de football. La partie se déroule en direct comme si vous étiez sur le terrain, recevant et passant le ballon.
Bientôt le joueur ne s'identifiera plus comme d'habitude à l'acteur principal, mais il le sera vraiment.
Les jeux d'arcades ouvrent la voie aux jeux vidéo destinés aux consoles familiales et aux micro-ordinateurs.

Consoles familiales

Comme on l'a vu, ces consoles se branchent en général sur la télévision. Certaines ont un écran indépendant (Vidéopac).
Elles sont livrées avec des accessoires de plus en plus sophistiqués appelés périphériques (crayons optiques, synthétiseurs musicaux, synthétiseurs de voix, lunettes permettant de voir en trois dimensions). Certaines extensions les transforment en micro-ordinateurs : claviers numériques pour taper les programmes, imprimantes pour garder une trace sur papier, lecteurs de bandes ou de disquettes magnétiques.
Les manettes de jeu sont de plus en plus élaborées de façon à réagir instantanément aux ordres du joueur. Elles comportent en général un manche à balai (joy-stick) servant à indiquer la direction dans laquelle le joueur veut se déplacer, et un ou plusieurs boutons utilisés dans de nombreux jeux pour tirer sur une cible. Il existe aussi des manettes constituées d'une grosse molette (commande à raquette ou *paddle*) plus précises pour certains jeux (pilotage, jeux d'adresse). Certaines offrent même un volant et une pédale pour les jeux de pilotage (CBS).
Certains jeux éducatifs ou de réflexion nécessitent l'introduction de lettres ou de chiffres. Les consoles qui sont adaptées à ces jeux possèdent des mini-claviers vidéo d'une douzaine de touches.

A gauche : *Dragon's lear.*
Au centre : Console Atari.
Ci-dessous : Micro-ordinateur Atari.





Jeux pour micro-ordinateurs

Les programmes de jeu sont les plus répandus parmi les programmes pour micro-ordinateurs. On retrouve tous les jeux fonctionnant sur les consoles-vidéo.
La puissance du micro-ordinateur permet l'implantation de jeux dont les programmes sont très gourmands en puces-mémoires tels que les programmes de simulation ou les war games.
Le jeu est vendu sous forme de disquette magnétique et recopié par le micro-ordinateur à partir de la disquette sur ses puces-mémoires (appelées RAM).

Simulation économique

- *Geser :* « Gestion par seuil de rentabilité » familiarise l'utilisateur avec les notions de base de la comptabilité (Apple II).
- *Exige :* « Exercice informatisé de gestion d'entreprise » est une simulation d'affrontements entre entités économiques rivales dirigées par les joueurs (Apple II).

Jeux d'aventure

- *Sorcellerie :* adaptation française du célèbre *Wizardry.*
- *Advanced Dungeons and Dragons :* nouvelle version du célèbre jeu de rôle, *Donjons et dragons* (Mattel-Intellivision).
- *Jungle hunt* et *Pitfall :* adaptation française de ces jeux best-sellers (Activision pour Atari).
- *Trésor de Tarmin :* vous affrontez le Minotaure, gardien du sanctuaire (Mattel-Intellivision et Aquarius).
- *Silver raid :* raid à bord d'un bombardier (Activision).
- *Pharaon's curse :* les aventures de l'explorateur du film « Les Aventuriers de l'Arche perdue » (Atari).

Reportage à la Sogitec

La simulation constitue l'un des domaines d'application de l'informatique les plus opérationnels, puisqu'elle permet de recréer des conditions et une mise en situation fictives pour apprendre à les maîtriser sans recourir à des expérimentations sur le terrain.
Ainsi la Sogitec, qui s'est spécialisée dans la Conception Assistée par Ordinateur, a-t-elle mis au point un simulateur de vol géré par ordinateur.
Sous la conduite d'un instructeur qui dirige la mission, le simulateur est utilisé par des pilotes déjà formés, pour s'entraîner aux procédures de navigation, d'attaque et de tir.
On installe donc le pilote dans une cabine qui est la réplique d'une cabine d'avion, munie d'instruments animés reproduisant les conditions de vol normales.
Devant lui, un système optique projette une scène en temps réel calculée par ordinateur ; cette scène représente un paysage théorique qui s'anime en fonction des gestes du pilote - s'il tire sur le manche, l'avion monte, et le paysage va plonger, etc.



Simulation d'atterrissage.





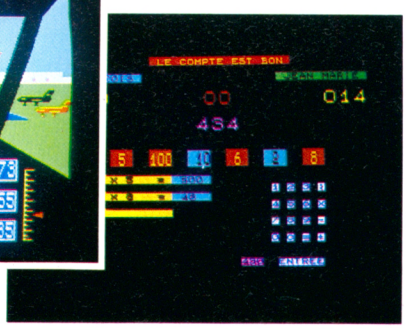
Au fur et à mesure du pilotage, les données correspondantes se chargent dans l'ordinateur qui calcule alors la couleur de chaque point de l'écran en 1/25 de seconde. L'image se trouve ainsi recomposée avec ses nouvelles caractéristiques, à la vitesse d'une image de télévision, pour figurer l'évolution du paysage sous les yeux du pilote et de l'instructeur.
Devant ces images sans cesse en mouvement, le pilote dispose dans sa cabine d'une glace sur laquelle se projettent des réticules, dont la position est calculée par l'ordinateur, et qui figurent le but de la navigation ou la cible fictive de l'avion. À tout moment, le pilote peut appeler ces informations par l'intermédiaire de la base de données sur l'image synthétisée en temps réel ; les réticules marqueront sur l'image nouvelle le positionnement de l'objectif, par exemple.
Grâce à la simulation par ordinateur de ces essais, le pilote peut enregistrer les différentes étapes du vol et rectifier à posteriori ses erreurs de manipulation, puis reprendre l'expérimentation dans des conditions équivalentes.
Le simulateur permet de recréer non seulement l'image de façon simultanée aux mouvements de pilotage, mais également de générer les sons : bruits du moteur, du train d'atterrissage, etc.

Micros : les derniers-nés

Les logiciels de toutes natures sur micro-ordinateurs affluent sur le marché. Pour la micro-informatique familiale, quelques logiciels de gestion de portefeuille, comptes, etc. ; des logiciels didacticiels comme le *Cube* et le *Cartable,* sur Thomson TO 7/70 et MO5 ; et beaucoup de logiciels de jeu, sur cassettes, cartouches, disquettes, pour micros et consoles de jeu.
Voici un modeste panorama des parutions récentes. Beaucoup sont en français.
Chez Thomson, on apprend à piloter. *Airbus,* c'est un simulateur de vol pour TO 7/70 et MO5. Un jeu assez complexe, qui utilise deux joy-sticks et un certain nombre de touches au clavier. Six cadrans apparents à l'écran vous permettent de contrôler vitesse, altitude, etc., et, réagissant à vos manœuvres de façon très précise, de doser subtilement celles-ci pour décoller, voler et atterrir sans problème.
Et puis, Pierre Bellemare vous parle. Sur cassette et sur cartouche, toujours pour TO 7/70 ou MO5, *Enigmatika* est un jeu qui permet d'exercer sa curiosité, son intelligence. Découvrirez-vous la solution des cinq séries d'énigmes qui vous sont proposées ? L'ordinateur vous propose des pistes. Vous devrez en choisir une et la suivre. Le suspense est assuré.
Et toujours sur TO 7/70 ou sur MO5, vous pourrez jouer à votre jeu favori : *Des chiffres et des lettres.* En collaboration avec Armand Jammot, Thomson vous propose le jeu tel qu'il se joue au cours de l'émission. Trois options, cependant : *Des chiffres et des lettres* où alternent deux tours du *Mot le plus long* et un tour du *Compte est bon; Le mot le plus long* seul, ou *Le compte est bon* seul.
Pas mal de choses aussi sur Commodore 64.
Mandragore qui est le premier jeu de rôle en français sur cette machine. Avec les personnages que vous aurez créés, vous partirez dans le royaume de Mandragore combattre les armées infernales et les monstres sans pitié.
Utilisateurs de Texas TI 99 4A, trouverez-vous le code secret pour entrer dans *La tombe du sorcier* et fouiller ses nombreuses pièces piégées où s'entassent trésors mirifiques et secrets diaboliques ?
Sur les consoles de jeu CBS, un bon choix de cartouches, des jeux d'arcades surtout.
Antarctic adventure vous propose de guider Freddie, le petit pingouin, à travers les pièges du pôle Sud.
Dans *Tarzan,* de liane en liane, le héros va affronter gorilles, serpents, crocodiles et chasseurs pour délivrer les singes.
Dans *Rock'n rope,* vous devez, au péril de votre vie, aller chercher l'oiseau d'or qui est perché tout en haut d'une montagne. Difficile de s'en sortir, entre les adversaires qui vous traquent et les difficultés de l'escalade...
Vous aimez jouer au foot ? Dans *Football,* tous les joueurs ont une importance. Mais, ce n'est pas si facile de shooter du bout des doigts ! Un jeu d'adresse pour sportifs entraînés.
Au pays de *Patouf,* on découvre toutes sortes de paysages. Pas toujours inoffensifs, d'ailleurs, et vous avez tout intérêt à vous méfier des étangs, des nénuphars, des racines traîtresses et autres obstacles incongrus. Un graphisme de B.D. désopilant.
Victory : aux commandes de votre vaisseau, vous devez faire attention à deux graves menaces : la baisse du niveau de fuel et l'attaque à bout portant des vaisseaux ennemis qui ont l'audace de se rendre invisibles pour vous attaquer en traître. Ne fonctionne qu'avec le Roller Controller.
Apple et sa célèbre ludothèque propose de nouveaux logiciels :
Sky fox, par exemple, un simulateur de vol hautement performant qui vous met aux commandes d'un avion de chasse.
L'Enlèvement, un jeu d'aventure en français qui vous fait voyager des États-Unis jusqu'à Paris sur les ailes du Concorde pour aller à la recherche d'une jeune fille kidnappée.
Paranoiak, un jeu d'aventure psychanalytique où vous poursuivez un but : vous débarrasser de vos complexes.
Dans la gamme SSI, toujours sur Apple, deux war games :
Objectif Kursk, qui reprend le rapport de force des armées nazie et soviétique, pendant la seconde guerre mondiale, à la bataille de Kursk.
Reforger 88, une simulation d'un conflit hypothétique entre les forces de l'OTAN et les forces du Pacte de Varsovie, en Allemagne de l'Est.

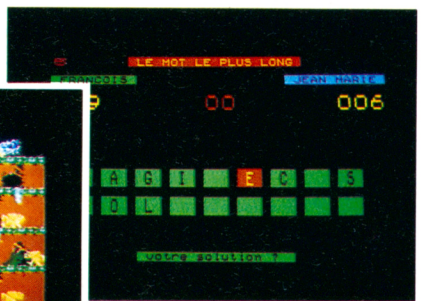
Alors, amateurs éclairés, bonne chasse, et amusez-vous bien !





Patouf.





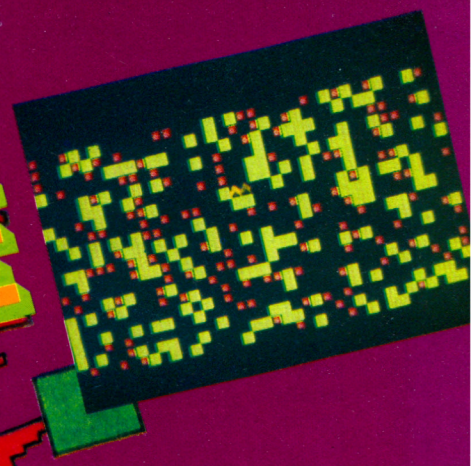
Rock'n rope.



GAME OVER

TIFY a programmé pour vous

GRIGNOTE et VOLTIGE



présentation musicale

définition de grignote

tracé aléatoire du labyrinthe avec les pilules et leur total

modification des coordonnées en fonction de la touche appuyée

délimitation du parcours de grignote

impression de grignote ouverte ou fermée

parcours aléatoire de la dévoreuse

impression des dévoreuses

vous avez gagné

vous avez été dévoré

FIN

```
10 CLS:SCREEN 0,0,0:FOR J= 1 TO 200:COLO
R INT(1+10*RND),0:LOCATE INT(1+40*RND),I
NT(1+20*RND),1:PRINT CHR$(127):NEXT J
20 PLAY"SOSOSOSODOSODOMIDOSO":LOCATE 2,3
0,1:COLOR 2,0:ATTRB 1,1:PRINT"LA GRIGNOT
E":ATTRB 0,0:PRINT "AVEC GRIGNOTE MANGEZ
 LES PILULES SANS   VOUS FAIRE DEVORER.L
E J FAIT ALLER A    GAUCHE,LE L,A DROITE
, LE Z EN HAUT, LE WEN BAS."
30 COLOR 1,0:INPUT "ETES-VOUS PRET A JOU
ER ";K$:IF K$= "NON" THEN GOTO 30
40 CLEAR,,40:DEFGR$(1)=24,60,124,255,255
,124,60,24:DEFGR$(2)=129,129,195,231,255
,124,60,24
60 CLS:SCREEN 0,0,0:FOR J= 1 TO 200:COLO
R 2,0:LOCATE INT(40*RND)+1,INT(20*RND)+1
: PRINT CHR$(127): NEXT J
70 C=0:COLOR 1,0 :FOR J= 1 TO 200:  X=IN
T(1+40*RND):Y=INT(1+20*RND):BC=SCREEN(X,
Y):LOCATE X,Y,1 :IF BC=127 THEN GOTO 90:
ELSE  PRINT "*":R=R+1
90 NEXT J:LOCATE 20,15,1:COLOR 3,0:PRINT
 GR$(1);:FOR J= 1 TO 40:NEXT J
92 F=20:G=15:P=20:O=15:OM=0:OP=P:C=0
99 REM DEPLACEMENT
100 D=0:E=0:  C$=INKEY$:IF C$="J" THEN D=
-1:M=M+1
101 IF C$="L" THEN D=1:M=M+1
102 IF C$="Z" THEN E=-1:M=M+1
103 IF C$="W" THEN E=1:M=M+1
105  LOCATE F,G,1:COLOR 0,0:PRINT GR$(1)
107 F=F+D:G=G+E
109 V=SCREEN(F,G):IF V=127 THEN F=F-D:G=
G-E
111 D=0:E=0:IF V= 42 THEN C=C+1
120 LOCATE F,G,1:COLOR 3,0:PRINT GR$(1);
:LOCATE F,G,1:COLOR 3,0:PRINT GR$(2);
133 IF M<15 THEN GOTO 100
134 IF C=R-1 THEN GOTO 300
136 GR=INT(1+4*RND):LOCATE OP,OM,1:COLOR
 0,0:PRINT GR$(1);:IF F=P AND G+2=O THEN
 GOTO 310
140 REM MOREL
141 IF GR=1 AND O<21 AND O>0 THEN O=O-1
142 IF GR=2 AND O<21 AND O>0 THEN  O=O+1
143 IF GR =3 AND P<41 AND P>0 THEN P=P-1
144 IF GR=4 AND P<41 AND P>0 THEN P=P+1
145 Q=SCREEN(P,O):IF Q=127 OR Q=42 THEN
GOTO 136
146 LOCATE P,O,1:COLOR 4,0:PRINT GR$(1);
:LOCATE P,O,1:COLOR 4,0:PRINT GR$(2):OP=
P:OM=O
155  GOTO 100
300 LOCATE 2,0,1:COLOR 1,0:PRINT "VOUS A
VEZ MANGE TOUTES LES PASTILLES... BRAVO!
":PLAY"SOSOSOSODOSOLASISOSIDOMI"
305 INPUT"VOULEZ-VOUS FAIRE UNE AUTRE PA
RTIE ";S$:IF S$="OUI" THEN GOTO 60:ELSE
GOTO 320
306 PLAY"DOREMIDOREFAREDODO":LOCATE O,P,
1:COLOR 4,7:PRINT GR$(1):LOCATE O,P,1:CO
LOR 4,2:PRINT GR$(2);
310 LOCATE 2,0,1:COLOR 1,0:PLAY"SILASOFA
MIREDODODODO":PRINT "VOUS VOUS ETES FAIT
 DEVORER EN NE       MANGEANT QUE";C;"PA
STILLES... VOUS AVEZ   PERDU!":GOTO 305
320 END
```

présentation musicale

donnée de difficulté

définition de l'avion

modification des coordonnées en fonction de la touche appuyée

situation de vol

impression des cubes

montée des cubes

choc avec cubes

impression avion

retour

vous avez perdu

vous êtes en panne de carburant

score

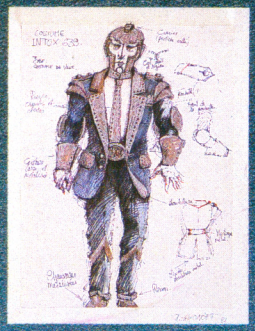
voulez-vous rejouer ?

FIN

```
1 SCREEN 0,0,0:COLOR 1,2:ATTRB 1,1:LOCAT
E 10,5,0:PRINT "VOLTIGE";: ATTRB 0,0
2 PLAY "SISISISISISISISODOSOSISISI"
3 REM VOLTIGE MOREL
4 COLOR 2,0:N=0:CLEAR,,6
5 PRINT:PRINT:PRINT:PRINT"SURVOLEZ
 LES CUBES ET PARCOUREZ LE  PLUSDE KM PO
SSIBLE.VOUS ETES EN PIQUE, VOUS CONSOMME
Z MOINS MAIS IL Y A DES RISQUES EN MONTE
E:PLUS DE RISQUES MAIS LE       CARBURAN
T DESCEND TRES VITE"
6 PRINT "LE J FAIT ALLER A GAUCHE, LE L:
 A DROITELE Z :EN MONTEE, LE X EN PIQUE"
7 PRINT: PRINT:PRINT "CHOISISSEZ VOTRE N
IVEAU DE DIFFICULTE ENCARBURANT DE 20000
 A 40000";
8 INPUT BN:E=BN
10 CLS: SCREEN 2,2,0
20 B=20:B$="PIQUE":A=0
25 REM AVION
30 DEFGR$(0)= 28,8,8,127,62,28,8,8
60 C=0:A$=INKEY$:IF A$="J"AND B>1 THEN C
=-1
70 IF A$="L"AND B<38 THEN C=1
75 IF A$="Z" THEN B$="MONTEE":A=A+10:BN=
BN-150:GOTO 60
80 IF A$="X"THEN B$="PIQUE":A=A+30:GOTO
60
85 LOCATE2,0,1:COLOR 5,2:PRINT"POSITION:
  ";B$;"   CARBURANT: ";BN;"    KM: ";A;
90  B=B+C
100 A=A+10:BN=BN-50
110 FOR J= 1 TO 5:D=1+INT(39*RND):LOCATE
 D,23,1:
120 COLOR INT(D/3):IF INT(D/3)=2 THEN CO
LOR 0
125 PRINT CHR$(127):NEXT J
130  LOCATE 1,24,1:COLOR 2,2:PRINT
145 IF B$="MONTEE" THEN GOTO 165
150 T=SCREEN(B-(C),10):IF T=127  THEN GO
TO 187
151 A=A+10:BN=BN+30
160 IF B$="PIQUE" THEN GOTO 170
165 S=SCREEN(B,10)
170 BEEP :IF A>=5000 THEN GOTO 200
180 IF S=127 THEN GOTO 188
182 LOCATE B,10,1:COLOR 1,2:PRINT GR$(0)
;:FOR J= 1 TO INT(E/800):NEXT J:LOCATE B
,10,1:COLOR 2,2:PRINT GR$(0);
186 GOTO 60
187 CLS:SCREEN 6,4,1:PLAY"DOSI":SCREEN 2
,1,5:PLAY"MISI":SCREEN 10,7,4:PLAY"LADO"
:SCREEN 6,0,0:LOCATE 1,5,1:PRINT "VOUS V
OUS ETES CRACHE : VOUS AVEZ PERDU":GOTO
220
188 S=0:LOCATE B,9,1:COLOR 10,1:PRINT CH
R$(127);    :GOTO 182
190 CLS: SCREEN 6,0,0:LOCATE 5,10,1:PRIN
T "PANNE SECHE, VOUS AVEZ ATTERRI. ":FOR
 J= 1 TO 400:NEXT J
200 CLS: SCREEN 6,0:LOCATE 4,10:PRINT "V
OUS AVEZ VOLE ";A;" KM AVEC ";E-BN;"  LI
TRES";
210  FOR J= 1 TO 6:PRINT:NEXT J
220 INPUT  "VOULEZ-VOUS FAIRE UNE AUTRE
PARTIE,OUI  OU NON";D$
230 IF D$="OUI" THEN GOTO 7:ELSE GOTO 25
0
250 END
```

© ALP. Création Jacques Morel.

... et pour que vous compreniez mieux ces programmes, TIFY vous indique leurs différentes phases.



Un super jeu

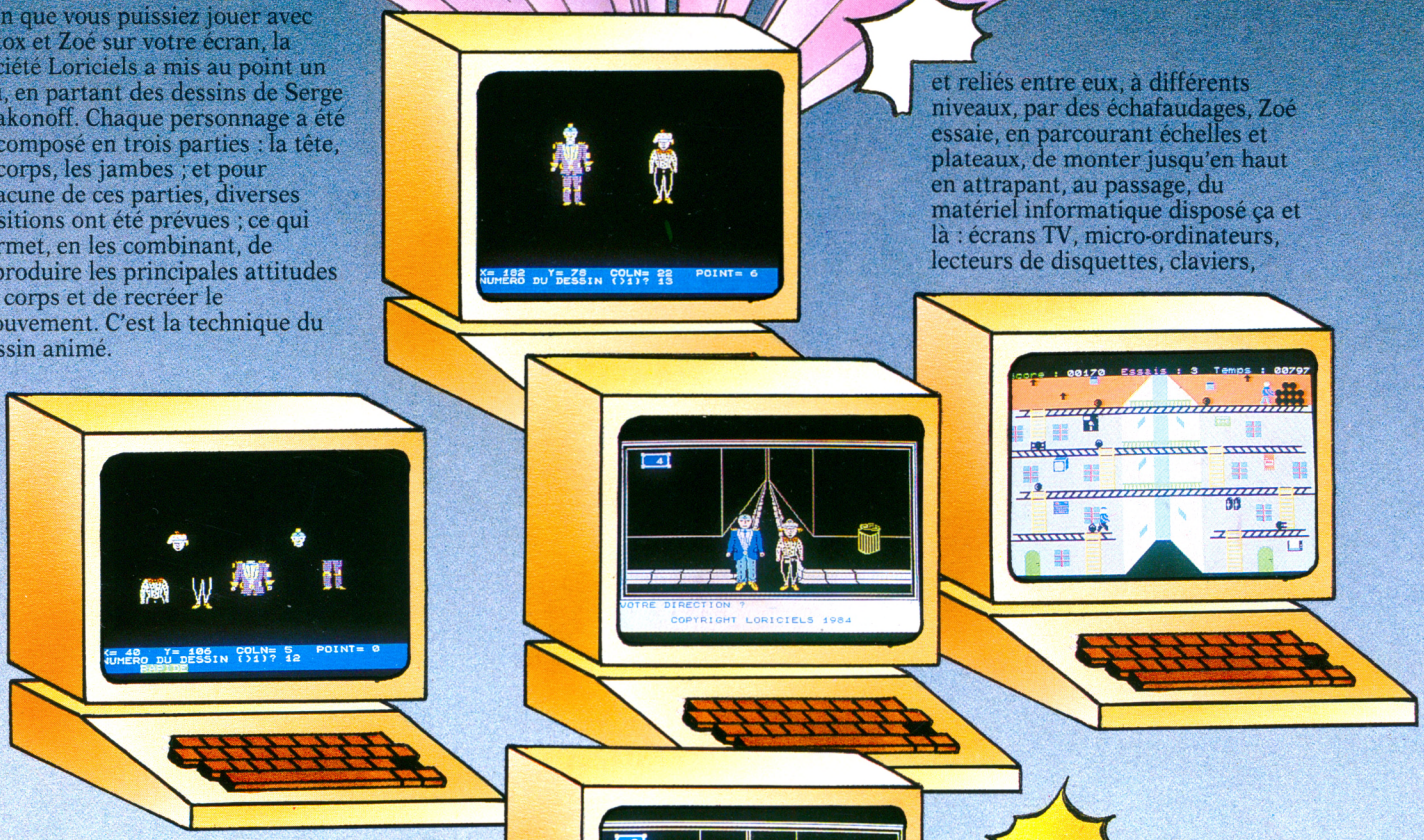
EPATANT

INTOX ET ZOE



Afin que vous puissiez jouer avec Intox et Zoé sur votre écran, la société Loriciels a mis au point un jeu, en partant des dessins de Serge Diakonoff. Chaque personnage a été décomposé en trois parties : la tête, le corps, les jambes ; et pour chacune de ces parties, diverses positions ont été prévues ; ce qui permet, en les combinant, de reproduire les principales attitudes du corps et de recréer le mouvement. C'est la technique du dessin animé.

et reliés entre eux, à différents niveaux, par des échafaudages, Zoé essaie, en parcourant échelles et plateaux, de monter jusqu'en haut en attrapant, au passage, du matériel informatique disposé ça et là : écrans TV, micro-ordinateurs, lecteurs de disquettes, claviers,



cassettes, etc. Du haut de son perchoir, Intox la bombarde de boulets qu'elle doit éviter à tout prix (au joueur à avoir de bons réflexes !).

QUELLE MÉMOIRE !

Chaque dessin de base a d'abord été reconstitué point par point, puis coloré, également point par point. Le tout a été stocké en mémoire. Chaque personnage occupe, à lui tout seul, plus de 3 000 points (environ 75 × 50 pixels).

UN TRAVAIL D'ÉQUIPE

L'élaboration de ce jeu a réuni : des illustrateurs, des programmeurs chevronnés, des spécialistes des effets sonores. Chacun était expert en son domaine, mais le travail s'est fait en équipe.
Résultat : un jeu passionnant qui utilise 32 K-octets, c'est-à-dire toute la mémoire résidente du MO5 !

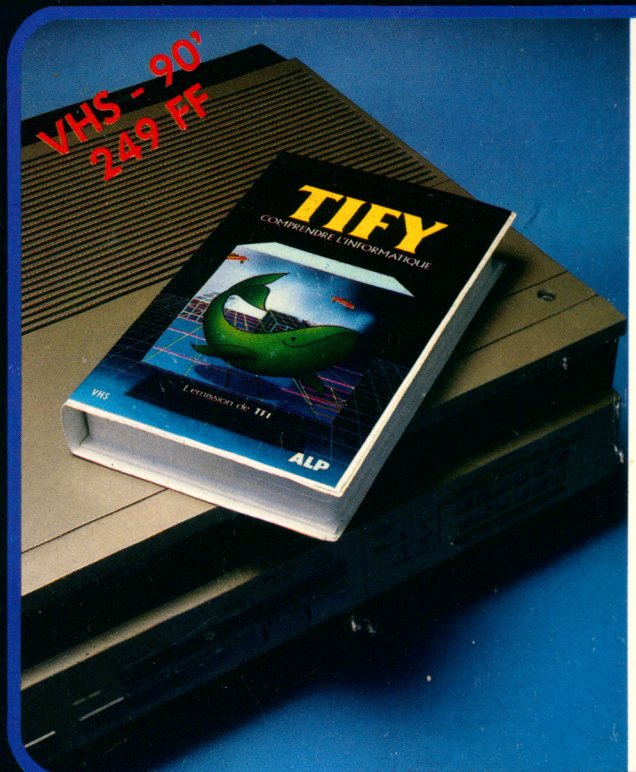
LE JEU SE DÉROULE EN DEUX PHASES...

La première est un jeu d'aventure qui promène les personnages dans les rues d'une ville. A chaque carrefour, le joueur se voit poser des questions sur l'informatique auxquelles il doit donner les bonnes réponses pour pouvoir continuer son chemin. A l'issue de la promenade : une récompense ! Si toutes ses réponses ont été bonnes, le joueur a accès à la seconde phase : un jeu d'action évoquant, lui aussi, l'univers de la micro-informatique. Arrivée en bas d'un groupe de deux immeubles situés de part et d'autre d'une rue

TÉLÉVISION FRANÇAISE 01
83, boulevard du Montparnasse
75006 Paris

X 2000 : L'informatique a sa maison

Pour tous renseignements :
Fondation X 2000 - 13, place des Corolles
Paris La Défense 2 92400 Courbevoie
Tél. (1) 773.64.07



LES CASSETTES VIDEO DES EMISSIONS TIFY SONT VENDUES PAR CORRESPONDANCE.

TIFY
L'émission de TF1

Déjà disponibles : **La cassette N° 1 - 90' VHS**

L'OUTIL,	avec	Richard Berry
LES MEMOIRES,	avec	Françoise Dorin
LES PROGRAMMES,	avec	Dominique Lavanant

La cassette N° 2 - 90' VHS

LES IMAGES,	avec	Marie-Christine Barrault
	et	Serge Diakonoff
LES SONS,	avec	Maxime Le Forestier
	et	Annie Fratellini
LES JEUX,	avec	Bernard Haller

Pour les commander, il vous suffit d'écrire à ALP-TIFY, 26, rue des Carmes 75005 PARIS et de joindre votre règlement libellé à l'ordre de ALP-TIFY, soit 249 FF par cassette, plus 30 FF de frais de port.

Toute commande non accompagnée de son règlement ne sera pas honorée.
Compter quatre semaines de délai de livraison.

Vibrations

TIFY, *Comprendre l'informatique*, n° 2, 1984

Éliane Daphy

Citer ce document / Cite this document :

Daphy Éliane. TIFY, *Comprendre l'informatique*, n° 2, 1984. In: Vibrations, N. 1, 1985. Métissage et musiques métissées. p. 225;

https://www.persee.fr/doc/vibra_0295-6063_1985_num_1_1_884_t1_0225_0000_2

Fichier pdf généré le 28/03/2018

Dans un style direct incisif, Francis Pinguet a mené sa recherche, nous la propose et nous interpelle. Il défriche, d'autres creuseront. ◄

Jean-Rémy Julien



TIFY, *Comprendre l'informatique*, cahier numéro 2, sur les images, les sons, les jeux, A.L.P., Paris, 1984, p. 81 à 160.

Voilà une série de 4 fascicules destinés à accompagner l'émission sur TF 1, « Tify ... s'il te plaît, raconte-moi une puce », coproduite par TF 1, l'Agence de l'informatique et le ministère de l'Education nationale, qui a pour but d'initier les enfants aux mystères de l'informatique, ordinateurs et autres puces. La vingtaine de pages consacrées aux sons n'est pas sans intérêt pour qui veut comprendre la différence entre le son analogique et digital, et l'impact des produits dérivés de l'informatique dans la production (et la diffusion/réception) de musique.

Quelques notions de physique, pour commencer : sons, ultra-sons, infra-sons et sinusoïde, amplitude, période, fréquence et oscillation ; ensuite, on apprend à distinguer les composantes d'une note : partiels et harmoniques, hauteur, timbre et intensité, concepts qui sont étrangers au discours « indigène » sur la musique populaire, où la culture technique fonctionne plus par métaphores que par définitions acoustiques.

Mais pour maîtriser la musique par informatique, ces notions sont nécessaires puisqu'elles structurent le langage commun. Le grand mérite de cette publication est de permettre à des « non-spécialistes » de se débrouiller et de ne pas se sentir dépassés par « les nouvelles technologies ». Mission accomplie pour la puce, et encore bravo ... ◄

Eliane Daphy



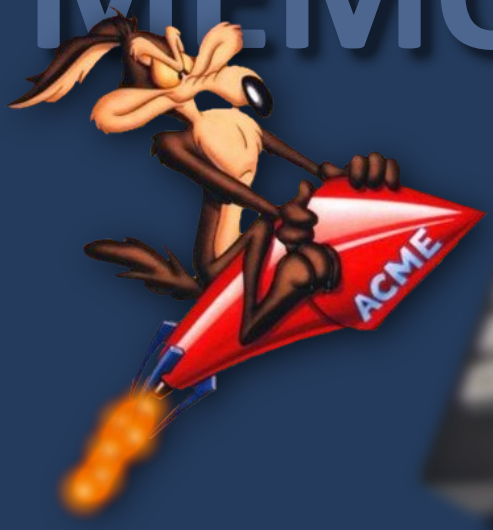
Persée creative commons



Document numérisé avec amour par :

AMSTRAD CPC

MÉMOIRE ÉCRITE





https://acpc.me/