

## NUEVAS TECNOLOGÍAS GRÁFICAS

*Ponente: José Ignacio González Moreno.  
Profesor de la E.T.S.A. de Madrid*

### 1. INTRODUCCIÓN

Podemos abrir esta charla con unas palabras de Alan Kay (miembro fundador del C.I. de Palo Alto, actualmente en Atari, Inc.), "las ciencias del cómputo crean leyes..., trayendo a la vida universos nuevos". Se puede decir que este universo de imágenes ya está aquí y que, además, en el campo de la arquitectura está creciendo con gran rapidez. Los que hasta hace poco no veían cómo se podían introducir las aplicaciones gráficas en arquitectura, se están dando cuenta de que el impacto tecnológico no perdona a ningún sector industrial y, lo que es más importante, que las nuevas tecnologías hacen que las tradicionales diferencias entre la industria de la arquitectura y otras como la aeronáutica, automoción... etc, se encuentren cada vez más próximas en las nuevas formas de concebir sus productos, apoyándose en sistemas de tipo CAD (Sistemas de Diseño Asistido por Ordenador - Computer Aided Design), que además utilizan cada vez con mayor importancia las representaciones gráficas para llegar a Sistemas Integrados, en los cuales los llamados CAM (Fabricación Asistida por Ordenador - Computer Aided Manufacturing) se conciben como sistemas CADAM (Computer Aided Design and Manufacturing).

Otra cuestión diferente puede ser cómo estamos aceptando los arquitectos, en este país, la revolución tecnológica. Que se está haciendo en el sector de la construcción y, lo que más nos afecta a nosotros, cómo se está planteando la investigación en soft y hardware con las que se sustentan las nuevas tecnologías, entre las cuales, ocupan un lugar importante los Sistemas Gráficos, de los cuales nos estamos ocupando.

En este resumen de conferencia, trataremos de dar una visión de los diferentes problemas que afectan a los sistemas gráficos, a sus fundamentos y aplicaciones, a los soportes físicos e incluso al hard y software que son necesarios para afrontar este período de transición hacia las nuevas tecnologías que, cada vez con mayor fuerza, están copando los espacios por los que tradicionalmente se mueve el arquitecto.

Por último, ya desde aquí, renunciamos a sacar ningún tipo de conclusiones, pues aunque tenemos una idea formada de la cuestión, somos conscientes de que las reflexiones y recomendaciones que se pueden hacer desde aquí son tan evidentes como cada auditor inteligente quiera que sean. Sabemos, además, que estamos ante una cuestión en la que tenemos que ser a la vez críticos, abiertos y cautos.

### 2. CONCEPTOS PREVIOS

Un Sistema Gráfico es, fundamentalmente, desde el punto de vista del ordenador un Sistema Informático que nos permite trabajar con imágenes, definiéndolas, almacenándolas, transformándolas y produciéndolas. Esta representación gráfica está sustentada en información numérica, que es básicamente pasiva pero que no hay que olvidar en una primera etapa, si bien, lo que a nosotros nos interesa, desde el punto de vista del arquitecto, es la posibilidad del diseño llamado Representación Gráfica Interactiva, así como sus técnicas. Las técnicas pasivas suponen una comunicación unidireccional del ordenador hacia el usuario, mientras que las interactivas se producen en dos direcciones y en tiempo real.

Hoy día es frecuente ver que las aplicaciones de CAD/CAM junto con el Procesamiento de Imágenes (Image Processing) y la confección de planos (mapping) se engloban en un solo concepto.

### 3. BREVE HISTORIA DE LOS SISTEMAS INTEGRADOS

Su origen se puede centrar en el Instituto Tecnológico de Massachussets (MIT), en los años 50, al conectarse un tubo de rayos catódicos como terminal de un ordenador. Fue así como se aplicó en la defensa aérea USA, en el sistema SAGE que indicaba gráficamente la situación de los aviones. Pero, todavía habría que esperar a los años 60 para que Ivan Sutherland iniciara las tareas interactivas, estructurando los datos y el software para el tratamiento de las imágenes gráficas. Hacia finales de los años 60 comenzaron a surgir varios proyectos CAD para su aplicación en diseño de aviones, automóviles y misiles que permitían alterar los parámetros de diseño y de esta forma visualizar en una pantalla los efectos de estos cambios.

En la década de los 70 se produce el "desarrollo industrial" con un fuerte avance en la representación simbólica de información numérica en el campo de la gestión, llegando hasta nuestros días con numerosas aplicaciones en el campo del diseño CAD/CAM en dos y tres dimensiones. Así tenemos entre otras aplicaciones: diseño de circuitos integrados y circuitos electrónicos; diseño de placas de circuito impreso; diseño en arquitectura, urbanismo e interiorismo; diseño en ingenierías; artes gráficas en general; diseño textil, patronaje y corte; diseño de formas en general; cálculo de estructuras; diseños aeronáutico, naval, del automóvil...

Hemos enumerado unas cuantas aplicaciones, pero el campo se extiende día a día. Todas ellas, además de tener en común la confección de planos, tienen una característica muy importante que las une, como es la exploración gráfica interactiva de la formación que contienen, para con el CAM llegar a conseguir sistemas CADAM.

En la evolución histórica de los sistemas gráficos, no podemos olvidar la importancia de la evolución de las pantallas, que originalmente eran de refresco y vectoriales, pasando en los años 60 a las de barrido (raster) y los tubos de memoria que provocaron otro gran avance. Por otra parte, los trazados gráficos o plotters evolucionaron con gran rapidez desde finales de los 50. Hoy día la evolución es vertiginosa en varios aspectos: abaratamiento, empleo del color, alta resolución, desarrollo de software con múltiples interconexiones, máquinas de 32 bits a bajo coste, copias en color, sistemas y denominaciones nuevas de CAD/CAM que permiten una gran capacidad de diseño y optimización de los sistemas productivos de forma interactiva.

En 1984 Martin Newell es capaz de digitalizar una imagen real, recreando texturas y luces. En el Instituto de Tecnología de Nueva York, personas como David W. Thorton hacen que las imágenes se muevan por la pantalla. En el Instituto cuentan con un laboratorio gráfico capaz de retocar imágenes con una paleta cromática en gama de hasta 16 millones de tonos. En este laboratorio utilizan un lenguaje llamado UNIX C, especial para crear imágenes.

Conviene aclarar que un sistema como el CRAY X-MP-22, creado por Seymour R. Cray, y uno de los más potentes del mundo, están aún lejos de poder ser asequibles en España, ya que se necesitan una gran experiencia, gran cantidad de conocimientos técnicos y fuertes inversiones. Con este tipo de ordenadores se pueden programar del orden de 2.500 polígonos por segundo. Los polígonos son la base principal de la creación de imágenes. Formando bases de información algorítmica, con estos sistemas es posible crear movimientos como el de los seres humanos, como ya lo ha demostrado el equipo de investigación de la Universidad de Montreal.

#### 4. ¿QUÉ ESTÁ PASANDO EN ARQUITECTURA?

En este punto conviene aclarar que la aplicación en arquitectura de los sistemas gráficos aún no se ha conseguido como cabría esperar en un futuro, y mucho menos en nuestro país, debido a la falta de investigación y preocupación del colectivo en comparación con otros técnicos. Sin embargo, algo más cerca estamos de la parte tecnológica que necesita la arquitectura. Todavía existen aureolas y mitificaciones que interesan a unos pocos y, lo que es más grave, no nos preocupamos de adquirir la cultura informática que nos aproxime lo suficiente a esta gran revolución industrial, con lo cual corremos el riesgo (como ya ocurre) de estar viendo invadidos nuestros campos por otros profesionales. ¿Nos planteamos los factores que tenemos que introducir en nuestra profesión para no quedarnos descolgados? ¿Esperamos a que nos lo den hecho?

No es esta la ocasión para dar soluciones concretas, cortas de espacio y alcance. Es más importante reflexionar sobre algunas cuestiones que ya se están dando en otros campos para ver si nos interesa o no asimilarlas.

La innovación tecnológica que necesitan los países para no perder la nueva revolución industrial, pasa por una necesaria capacidad de síntesis y de búsqueda de soluciones reales, por una capacidad de análisis y soluciones alternativas, adoptando la más adecuada en cada caso. Estos conceptos tienen como principal característica la horizontalidad de la información, con independencia del tipo de innovación tecnológica, de la cual no nos podemos olvidar en arquitectura, destacando dos áreas fundamentales:

1. La automatización de los procesos productivos.
2. La utilización del ordenador como herramienta de diseño.

Hoy día el arquitecto debe pensar que los ordenadores inciden en la arquitectura desde el tratamiento de la información y ésta incide, a su vez, más o menos en las áreas de: planificación, gestión, ficheros técnicos, CADAM, automatización de la oficina arquitectónica. De estas áreas destacaremos principalmente la de CADAM, si bien es cierto que todas tienen su importancia para conseguir un Sistema Integrado de Diseño con Gestión.

El CADAM es un sistema de diseño, tratamiento, envío y recepción de planos por ordenador, que nos permite una amplia gama de posibilidades.

Este sistema permite el diálogo entre los diferentes técnicos que trabajan en el producto arquitectónico, agilizando el envío de información y el estudio de propuestas de modificación de planos de diseños.

Enumeraremos algunas de las funciones que se pueden realizar con el CADAM:

- Diseño de modelos: el dibujo se realiza de forma rápida y concisa manejando directamente los datos geométricos.
- Operaciones como añadir, quitar, borrar partes y recomponer las veces que sean necesarias, guardando incluso soluciones desechadas.
- Duplicar trabajos, cambiar escalas (ampliando o simplificando información), transformaciones geométricas como traslaciones, simetrías, giros, etc. Asignar atributos y caracteres al diseño (número de serie, normalización, precio, proveedor...)
- Análisis de las partes, asociando valores relativos (peso, volumen, superficie, inercia, longitudes, etc)
- Diseño de plantas, alzados, secciones y perspectivas.
- Almacenamiento de Base de Datos técnicos activamente organizados que se reajustan en cada operación.
- Posibilidad de crear un sistema a medida del usuario.
- Función "ventana", que actúa como zoom, cambio de escala ya comentado.

El sistema permite la búsqueda sencilla y rápida de un plano y su impresión así como el listado de materiales, presupuestos y otras informaciones asociadas al mismo.

## 5. IMÁGENES POR ORDENADOR

Del punto anterior tomamos nuevamente la parte que más se ajusta a este seminario: el diseño, y dentro de éste hablaremos de cómo se obtienen las imágenes gráficas. En Estados Unidos esta industria se espera que genere más de un billón de dólares.

Una imagen se puede materializar, a grosso modo, en dos tipos de periféricos, según el tipo de copia:

- a) los de copia blanda, como las pantallas
- b) los de copia dura, como los plotters.

A su vez, ambas copias se pueden realizar por generación vectorial o por barrido.

En la *generación vectorial*, la imagen es trazada por líneas continuas entre pares de puntos (puntos y líneas).

En la *generación por barrido*, se utiliza una matriz de puntos que se activa ordenadamente, según se necesita, para formar el dibujo (puntos).

Para un observador, la imagen en los dos casos está formada por puntos, líneas y texto.

Las constantes mejoras entre precio/prestaciones de los componentes microelectrónicos que facilitan el diseño de terminales gráficos complejos, hacen que las técnicas de "barrido" sean más competitivas y económicas. El elemento de imagen en "barrido" se llama PIXEL y puede ser controlado independientemente en los programas, lo cual permite una gran flexibilidad para crear imágenes.

La generación por "vectores", permite poco gasto de memoria, da gran precisión y puede alterar continuamente la imagen en tiempo real, pero los objetos han de representarse como "diagramas de alambre". Además, la imagen produce parpadeos al tener que redibujar cuando el número de primitivas en pantalla es grande.

La generación por "barrido" exige mayor capacidad de memoria del registro de refresco, pero para almacenar una imagen no importa el número de primitivas, con lo cual no existe el parpadeo. Además, los monitores de barrido, como ya hemos visto, son más simples y baratos que los de vector.

Otro factor importante es que en el modo "vectorial" la línea es continua, igual que la trazada con una regla. En la generación por barrido, aparece una imagen secundaria (aliasing) en los contornos, como consecuencia de que las líneas son elementos (píxeles) de imagen o puntos. Esto se corrige hoy día con las técnicas ANTI-ALIASING, que aumentan la resolución y evitan los desenfoques (desfase de pixel).

Otro factor a tener en cuenta es que para elaborar una imagen hay que establecer *correspondencias numéricas* entre la información almacenada en el ordenador y las posiciones sobre el plano de la imagen o dibujo. Es decir, hay que establecer sistemas de coordenadas, que pueden ser: "Absolutos, Relativos, Homogéneos".

Con las *coordenadas absolutas* y con microordenadores de 16 bits, al utilizar para coordenada una palabra, se nos limita mucho el espacio.

En las *coordenadas relativas*, se pueden introducir errores por acumulación ya que cada punto se refiere a otro punto.

Por último, en *coordenadas homogéneas* (X, Y) (XH, YH, ZH) se introduce una pérdida de velocidad y de precisión que se compensan al poder utilizar números enteros grandes en ordenadores de tamaño de palabra limitada.

En todos los sistemas, las imágenes a representar están formadas por puntos, líneas, rectas, arcos, splines, símbolos y textos que han de ser extraídos de una Base de Datos. Además, los subconjuntos de imagen suelen estar sujetos a uno o varios tipos de *transformaciones geométricas*, cambios de escala, traslaciones, simetrías, rotaciones, puntos, etc.

Finalmente, para representar una imagen sobre un soporte es necesario transformar la información al lenguaje de instrucciones de cada periférico de salida. La visibilidad de la imagen extraída de la "Base de Datos" se realiza creando "ventanas" por software, o bien con la ayuda del hardware que apoya al soft. Existe toda una problemática para controlar las líneas que aparecen visibles en la "ventana" (clipping), el relleno de polígonos, algoritmos de subdivisión, identificación de polígonos cóncavos y convexos, clipping de polígonos, etc., tanto en dos como en tres dimensiones.

La tendencia de los equipos de representación es incorporar en hardware generación de caracteres, transformaciones, representaciones en tres dimensiones, etc. La programación de apoyo de alto nivel tiene por objeto liberar al programador permitiéndole concentrarse en las aplicaciones que le interesan.

Hoy día existen dos paquetes normalizados de representación gráfica, uno "bidimensional", el KERNEL SYSTEM (adoptado por la Organización Internacional de Pesos y Medidas), y otro "tridimensional", el CORE GRAPHIC SYSTEM (de Maquinaria del Cómputo). Estos dos sistemas se diseñaron antes de que se popularizaran los sistemas de barrido que permiten manipular los píxeles.

Se están estudiando la coexistencia de normativas sobre diferentes tipos de representación gráfica. Citaremos la "Industrial Graphics Exchange Specification" en ingeniería y la "North American Presentation Level Protocol Syntax" en texto e imágenes de televisión.

Día a día crece el interés por las aplicaciones tridimensionales interactivas que, a partir de un "patrón de alambres", permite dar una respuesta acabada con textura, color, luz y llegar al movimiento mediante el cambio dinámico a un ritmo no inferior de 30 imágenes por segundo. Los objetos sólidos tridimensionales pueden ya modelarse directamente, como un sólido geométrico o como volúmenes limitados por superficies.

La geometría a base de sólidos geométricos utiliza primitivas macizas, cubos, prismas, cilindros, esferas, etc., que pueden ser combinadas mediante operaciones tridimensionales de unión, intersección, diferencia... etc, que está generando nuevos enfoques de diseño, métodos interactivos, vistas múltiples, y todo ello ayudado por redes bi y tridimensionales que se actualizan dinámicamente.

Una última categoría de problemas que surgen en el tratamiento de la imagen es la de las líneas, superficies y cuerpos ocultos, el color, la textura y reflectancia de acuerdo con el entorno y las diferentes fuentes de luz (siguiendo la ley del coseno de Lambert y los procedimientos ideados por Gouraud y Phong). Los algoritmos de sombreado son semejantes a los de vistas y ocultas.

Otra cuestión importante es que, aunque el diseño interactivo se apoya en símbolos gráficos, todavía no se ha elaborado un lenguaje de programación en el cual los elementos fundamentales para diseñar sean pictóricos. Estos lenguajes desarrollarían una gran intuición geométrica, sin tener que descender a los detalles de programación matemática, nada más que en casos necesarios. Es lo que se entiende por lenguajes orientados hacia el objeto, en los cuales el ordenador se divide conceptualmente en "objetos lógicos" (término introducido por Ole Johan Dahl y Kristen Nygaard del Centro Noruego de Computación en Oslo) a los que uno puede dirigirse por separado.

Jaron Z. Lanier y sus colegas del Centro de Investigación VPL de Palo Alto, están desarrollando un lenguaje de programación visual completo, conocido provisionalmente como "Mandala".

No quisiéramos terminar sin resaltar algunos comentarios sobre el lenguaje y los ordenadores para uso e investigación de los arquitectos. Sabemos que una gran parte de la información que se genera en arquitectura se realiza de forma gráfica. Según el catedrático José M.<sup>o</sup> Gentil Baldrich en su artículo sobre Arquitectura y Lenguaje Gráfico (revista Q del CSCA) refiriéndose a MM. Lewis (Language in Society, Londres 1947) indica: "La función metalingüística de la representación se comporta como la auténtica 'herramienta' del arquitecto,... Al lenguaje gráfico se le puede aplicar el modelo de la progresiva sustitución, en la evolución social, del aprendizaje de técnicas por el aprendizaje de lenguajes".

Estas notas del profesor Gentil confirman, una vez más, la idea de evolución de la arquitectura de la mano de los lenguajes gráficos.

Son los lenguajes de programación, la herencia que debemos recoger, escogiendo aquellos que mejor se adecuen a los fines que en la arquitectura se persiguen. Desde Pitágoras, Platón, Vitrubio, Alberti, Palladio, Le Corbusier, etc., pasando por las teorías de lo bello, lo útil, lo bueno, lo malo, etc., y todas las ideas estéticas de las que se alimenta la arquitectura.

Según Alberti/Palladio: "...La belleza resultará de la forma y correspondencia del todo con sus diferentes partes, de las partes en relación con ellas mismas y de éstas, a su vez, con el todo; la estructura debe aparecer como un cuerpo entero y completo en el que cada miembro concuerde con el otro". Hoy, son los diseñadores con ordenador los que, formulando modelos basados en la idea de recurrencia, en las cuales algunas de las partes son realmente el todo, se han aproximado más a las ideas de Alberti y de Palladio. La geometría de los Fractal de Benoit B. Mandelbrot, donde cada parte es similar a cualquier otra parte, abre nuevos caminos de investigación. El diseño de partes con la potencia del todo es una técnica fundamental en la programación de hoy.

¿Qué nos debe preocupar hoy día a los arquitectos desde el punto de vista informático? Salir del analfabetismo informático. Es preciso que sea el contenido y no la mecánica de la forma el que ocupe nuestro tiempo. Hay muchos campos para investigar, con ordenador, en arquitectura, intrínsecamente interesantes y de forma amena y divertida.

El lápiz y el papel del futuro podrían muy bien ser programas integrados de procesamientos de textos, de grafismos, de simulación, de recuperación de informaciones y de comunicaciones de persona a persona.

La formación informática del arquitecto debe ser una cultura informática, que no es ni siquiera saber programar. Ha de ser algo lo bastante profundo como para hacer fluido y grato el equivalente hoy día de la lectura y la escritura.

## BIBLIOGRAFÍA

En esta bibliografía pongo la reseña de una parte de los libros que he consultado o son de mi propiedad, así como algunas de las fuentes para aquellos que deseen iniciarse en la informática gráfica:

- BIBLIOGRAFÍA DE LA GEOMETRÍA DESCRIPTIVA  
José M.<sup>o</sup> Gentil Baldrich/Jesús Peraita Huerta  
Tema: Informática, pág. 169.
- BIBLIOMÁTICA/CATÁLOGO DE REVISTAS  
Centro de documentación y Biblioteca de la Facultad de Informática Universidad Politécnica de Madrid. En colaboración con el CDTI (Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial).  
Publicación interesante que comprende índice de Revistas, Congresos, Libros, Informes y fotocopias.

- I.O. ANGELL/B.J. JONES, 1983  
Centro de gráficos y videojuegos. ANAYA MULTIMEDIA, Madrid 1985  
Libro con cassette y listados para el Spectrum. Interesante para todos aquellos que tengan este micro-ordenador.
- A. ARTWICK, BRUCE  
APPLIED CONCEPTS IN MICROCOMPUTER GRAPHICS. PRENTICE HALL, INC. ENGLEWOOD CLIFFS, NEW JERSEY 1984.  
Libro muy esquemático y de fácil lectura. Predomina el texto sobre la fórmula o los algoritmos.
- BERTIN, JACQUES  
SEMILOGIE GRAPHIQUE. GAUTHIER-VILLARS, PARIS 1967.  
Obra importante y clásico moderno. Imprescindible en cualquier biblioteca de la imagen, los signos y las proyecciones.
- D. LEVINE, MARTIN  
VISION IN MAN AND MACHINE - MACGRAW-HILL BOOK COMPANY-1985  
Libro muy interesante y bien documentado sobre los aspectos de la visión y de la imagen. Posee 265 referencias (pag. 532 a 543), además de las incluidas en cada capítulo junto con su correspondiente bibliografía.
- DONY, ROBERT  
GRAPHISME SCIENTIFIQUE SUR MICRO-ORDINATEUR - MASSON, PARIS 1984  
Libro práctico, con números listados en Basic. No profundiza en las cuestiones importantes.
- FOLEY, J.D./VAN DAM, A  
FUNDAMENTAL OF INTERACTIVE COMPUTER GRAPHICS  
ADDISON-WESLEY PUBLISHING COMPANY-1982  
Interesante libro para iniciarse en Computer Graphics, con numerosos ejercicios al final de cada capítulo y una extensa bibliografía de la pág. 626 a la pág. 653.
- GROOVER, MIKELL P./ ZIMMERS, EMORY  
CAD/CAM: COMPUTER AIDED DESIGN  
PRENTICE-HALL ENGLEWOOD CLIFFS, N.F.-1984.  
Escribe las técnicas de diseño asistido por ordenador en relación con la fabricación asistida por ordenador. Tecnología que, tomando al ordenador como herramienta, sirve de ayuda en el diseño, arquitectura e ingeniería y fabricación.
- HARRINGTON, STEVEN  
COMPUTER GRAPHICS A PROGRAMMING APPROACH  
MACGRAW-HILL BOOK COMPANY-1983.  
Este libro, de características similares a los dos anteriores, da la bibliografía al final de cada capítulo y propone numerosos ejercicios.
- HEGRON, GERARD  
SYNTHESE D'IMAGE: ALGORITHMES ELEMENTAIRES  
DUNOD-INFORMATIQUE-BORDAS, PARIS, 1985.  
Libro interesante por la forma de explicar los algoritmos elementales. Consta de una bibliografía al final. Difícil su lectura para los no iniciados.
- LAVIÑA ORNETA, JAIME  
CUADERNOS DE INFORMATICA N.º 3, 1983  
CAD/CAM: LA INFORMATICA COMO HERRAMIENTA DE DISEÑO Y FABRICACION - ERIA, 1983.
- MAVHOVER, CARL  
BACKGROUND AND SOURCE INFORMATION ABOUT COMPUTER GRAPHICS  
MACHOVER ASSOCIATES CORPORATION  
Antecedentes y fuentes de información que aparecen periódicamente en la revista IEEECCG & A. De vital interés para seguir los avances científicos.  
Publicaciones análogas aparecen en revistas como:  
COMPUTER AIDED DESIGN  
COMPUTER GRAPHICS-SIGGRAPH  
COMPUTER GRAPHICS  
COMPUTING SURVEYS
- NEWMAN, WILLIAM M./ SPROULL, ROBERT F.  
PRINCIPLES OF INTERACTIVE COMPUTER GRAPHICS  
MCGRAW-HILL INTERNATIONAL BOOK COMPANY-1979.  
Este libro, además de ser ya un clásico en Computer Graphics, posee una amplia referencia bibliográfica (533 referencias-pag. 513 a 532).
- ROGERS, DAVID F./ADAMS, J.ALAN  
MATHEMATICS ELEMENTS FOR COMPUTER GRAPHICS  
MCGRAW-HILL BOOK COMPANY-1976.  
Libro que profundiza algo más que los anteriores en la generación de curvas y superficies. Tiene un apéndice interesante con algoritmos en Basic.
- ROGERS, DAVID, F.  
PROCEDURAL ELEMENTS FOR COMPUTER GRAPHICS  
MCGRAW-HILL BOOK COMPANY-1985.  
Este libro aporta numerosos algoritmos imprescindibles en computer graphics, dando al final de cada uno de sus cinco capítulos numerosas referencias.
- JULDY, JEAN-LOUIS  
GRAPHISME 3D SUR VOTRE MICRO-ORDINATEUR  
EYROLLES, PARIS 1984.  
Similar al libro de DONY, pero con menor contenido científico y práctico.