

CAPÍTULO II

LA INFRAESTRUCTURA TÉCNICA DEL MUNDO VIRTUAL

La emergencia del ciberespacio

Los primeros ordenadores (calculadoras programables con programa grabado) aparecieron en Inglaterra y en Estados Unidos en 1945. Durante mucho tiempo reservado a los militares para cálculos científicos, su uso civil se extendió durante los años sesenta. Ya era previsible en aquella época que las mejoras de los materiales informáticos aumentarían constantemente. Pero nadie preveía en aquel momento que un movimiento general de virtualización de la información y de la comunicación afectara profundamente a los datos elementales de la vida social, salvo algunos visionarios. Los ordenadores eran aún grandes máquinas de calcular, frágiles, aisladas en salas refrigeradas, que científicos de bata blanca alimentaban con fichas perforadas y que escupían periódicamente listas ilegibles. La informática servía para cálculos científicos, para estadísticas de los Estados y de las grandes empresas o para la gestión pesada (hojas de salario, etc.).

El cambio capital puede fecharse en los años setenta. La puesta a punto y la comercialización del microprocesador (unidad de cálculo aritmético y lógico alojada en un único y pequeño «chip» electrónico) desencadenaron diversos procesos económicos y sociales de gran amplitud.

Abrieron una nueva fase de automatización de la producción industrial: robótica, talleres flexibles, máquinas herramienta con mandos digitales, etcétera. Igualmente se produjo el inicio de la automatización de ciertos ámbitos del sector terciario (banca, seguros). Desde entonces, la búsqueda sistemática de incremen-

tos de productividad por el uso multiforme de aparatos electrónicos, de ordenadores y de redes de comunicación informática alcanzó progresivamente el conjunto de las actividades económicas. Esta tendencia prosigue aún hoy en día.

Por otra parte, un verdadero movimiento social nacido en California en el hervidero de la «contracultura» se amparó en las nuevas posibilidades técnicas e inventó el ordenador personal. Desde entonces, el ordenador iba a escapar progresivamente a los servicios informáticos de las grandes empresas y a los programadores profesionales para convertirse en un instrumento de creación (de textos, de imágenes, de músicas), de organización (bases de datos, hojas de cálculo), de simulación (hojas de cálculo, útiles de ayuda a la decisión, programas para la investigación) y de diversión (juegos) en manos de una proporción creciente de la población de los países desarrollados.

Los años ochenta vieron dibujarse el horizonte contemporáneo del multimedia. La informática perdió poco a poco su estatus de técnica y de sector industrial particular y comenzó su fusión con las telecomunicaciones, la edición, el cine y la televisión. La digitalización alcanzó primero la producción y la grabación de música, pero los microprocesadores y las memorias informáticas tendían a convertirse en la infraestructura de producción de todo el campo de la comunicación. Aparecieron nuevas formas de mensajes «interactivos»: ese decenio fue testigo de la irrupción de los videojuegos, el triunfo de la informática «amigable» (interfaces gráficas e interacciones sensoriomotrices) y la aparición de los hiperdocumentos (hipertextos y CD-ROM).

Al final de los años ochenta y principios de los años noventa, un nuevo movimiento social y cultural procedente de los jóvenes profesionales de las grandes metrópolis y de los campus americanos alcanzó rápidamente una amplitud mundial. Sin que ninguna instancia central dirigiera este proceso, las diferentes redes informáticas que se habían constituido desde finales de los años setenta se unieron las unas con las otras mientras que el número de personas y de ordenadores conectados a la gran red creció súbitamente de manera exponencial. Como en el caso del invento del ordenador personal, una corriente cultural espontánea e imprevisible impuso un nuevo curso al desarrollo tecnoeconómico. Las tecnologías del lenguaje digital aparecieron entonces como la infraestructura del

ciberespacio, nuevo espacio de comunicación, de sociabilidad, de organización y de transacción, pero también nuevo mercado de la información y del conocimiento.

En este informe, la técnica no nos interesa por sí misma. Es sin embargo necesario exponer las grandes tendencias de la evolución técnica contemporánea para abordar las mutaciones sociales y culturales que la acompañan. En lo material, el primer dato a tener en cuenta es el aumento exponencial de las prestaciones de los materiales (velocidad de cálculo, capacidad de memoria, rapidez de transmisión) combinada con una reducción continuada de los precios. Paralelamente, el campo de la programación se beneficia de mejoras conceptuales y teóricas que explotan los aumentos de potencia material. Los productores de programas se dedican a la construcción de un espacio de trabajo y de comunicación cada vez más «transparente» y «amigable».

Las proyecciones sobre los usos sociales del mundo virtual deben integrar este movimiento permanente de crecimiento de potencia, de disminución de costes y de liberalización. Todo lleva a suponer que estas tres tendencias van a proseguir en el futuro. Por el contrario, es imposible predecir las mutaciones cualitativas que se basarán en esta ola, ni la manera en que la sociedad va a apoderarse de ellas y modelarlas. Es en este punto que pueden enfrentarse proyectos divergentes, proyectos indisolublemente técnicos, económicos y sociales.

El tratamiento

En el aspecto material, la informática reagrupa el conjunto de las técnicas que contribuyen a digitalizar la información (entrada), almacenarla (memoria), a tratarla automáticamente, a transportarla y a ponerla a disposición de un usuario final, humano o mecánico (salida). Estas distinciones son conceptuales. Los aparatos o los componentes concretos mezclan siempre varias funciones.

Los órganos de tratamiento de información o «procesadores», hoy alojados en microchips, efectúan cálculos aritméticos y lógicos sobre los datos. Realizan a gran velocidad y de manera altamente repetitiva un pequeño número de operaciones muy simples sobre informaciones codificadas de manera digital. De

las lámparas a los transistores, de los transistores a los circuitos integrados, de los circuitos integrados a los microprocesadores, los avances muy rápidos del tratamiento de la información se han beneficiado de mejoras en la arquitectura de circuitos, de los progresos en electrónica y en física, de las investigaciones aplicadas sobre los materiales, etcétera. Los procesadores disponibles son cada año más pequeños, más potentes,¹ más fiables y menos caros. Estos progresos, como en el caso de las memorias, son de naturaleza exponencial. Por ejemplo, la ley de Gordon-Moore (verificada desde hace 25 años) prevé que, cada 18 meses la evolución tecnológica permita doblar la densidad de los microprocesadores en número de operaciones lógicas elementales. Ahora bien la densidad se traduce casi linealmente en velocidad y en potencia de cálculo. Podemos aún ilustrar esta rapidez de evolución diciendo que la potencia de las más grandes supercalculadoras de hoy se encontrará en un ordenador personal al alcance de la mayoría de los bolsillos dentro de 10 años.

La memoria

Se designa con el término «memoria», en general, a los soportes de grabación y de lectura automática de información. La información digitalizada puede ser almacenada en tarjetas perforadas, en bandas magnéticas, en discos magnéticos, en discos ópticos, en circuitos electrónicos, en tarjetas con microchips, en soportes biológicos, etcétera. Desde los principios de la informática, las memorias evolucionan cada vez más hacia una mayor capacidad de grabación, de miniaturización, de rapidez de acceso y de fiabilidad, mientras que sus costes no dejan de bajar.

Los progresos de las memorias son, como los de las unidades de tratamiento, de orden exponencial: en el interior del volumen ocupado por un disco duro de microordenador de 10 megabytes²

1. Generalmente se mide la potencia de cálculo en millones de instrucciones por segundo o MIPS.

2. Las capacidades de grabación de los soportes de memoria se miden en bits (unidad de codificación elemental: dígitos 0 o 1) o en bytes, siendo 1 byte igual a 8 bits. El byte corresponde al espacio de memoria necesario para la codificación de un carácter alfabético. Un kilobyte (KB) = 1.000 bytes. Un megabyte (MB) = 1.000.000 de bytes. Un gigabyte (GB) = 1.000.000.000 de bytes.

en 1983, se podían guardar 10 gigabytes de información en 1993, 1.000 veces más. Se conoce esta tasa de crecimiento desde hace más de treinta años, y parece que continuará como hasta ahora al menos hasta 2010 (es decir en el horizonte de lo previsible).

Así, de 1956 a 1996, los discos duros de los ordenadores multiplicaron por seiscientos su capacidad de almacenamiento y por setecientos veinte mil la densidad de la información grabada. Por el contrario, el coste del megabyte, durante el mismo periodo, pasó de nueve mil novecientos dólares a cuatro céntimos de dólar.³

Las tecnologías-memorias utilizan materiales y procedimientos muy variados. Futuros descubrimientos en física o en biotecnología perseguidos activamente por numerosos laboratorios conducirán probablemente a progresos inimaginables aún hoy en día.

La transmisión

La transmisión de la información digitalizada puede hacerse por todas las vías de comunicación imaginables. Se pueden transportar físicamente los soportes (discos, disquetes, etc.) por carretera, vía férrea, barco, avión. Pero la conexión directa, es decir en línea, u «on line», es evidentemente más rápida. La información puede utilizar la red telefónica clásica, a condición de estar modulada (convenientemente codificada analógicamente) en el momento de introducirse en la red telefónica y desmodulada (redigitalizada) en el momento en que consigue llegar a un ordenador o a otro aparato digital al otro extremo del hilo. El aparato que permite modular y desmodular la información digital y que autoriza, por lo tanto, la comunicación entre dos ordenadores por teléfono, se llama «módem». Voluminosos, costosos y lentos en los años setenta, los módems tenían, a mediados de los años noventa, una capacidad de transmisión superior a la de la línea telefónica del usuario medio. De uso corriente, los módems están hoy miniaturizados y a menudo integrados en los ordenadores bajo forma de tarjeta o de circuito impreso.

3. Fuente: IBM.

Las informaciones pueden viajar directamente bajo forma digital, por cables coaxiales de cobre, por fibras ópticas o por vía hertziana (ondas electromagnéticas) y por tanto, como utilizan la red telefónica, pasar por satélites de telecomunicación.

Los progresos de la función transmisión (rendimiento, fiabilidad) dependen de varios factores. El primero de ellos es la capacidad de transmisión bruta. En este campo, las mejoras que se esperan de las fibras ópticas son espectaculares. En varios laboratorios se investiga actualmente sobre una «fibra negra», canal óptico de la cual una sola brizna, fina como un cabello, podría contener todo los flujos de mensajes telefónicos de los Estados Unidos el día de la madre (fecha en la que hay el máximo tránsito sobre la red). Un equipamiento mínimo con esta fibra negra daría 1.000 veces la capacidad de transmisión hertziana en todo el espectro de frecuencia.

El segundo factor de mejoras reside en las capacidades de *compresión* y de *descompresión* de los mensajes. En efecto, son los sonidos y sobre todo las imágenes animadas las que engullen más capacidad de almacenamiento y de transmisión. Ciertos programas o circuitos especializados en la compresión pueden analizar las imágenes o los sonidos con el fin de producir simplificaciones o descripciones sintéticas que son hasta miles de veces menos voluminosas que su codificación digital integral. En el otro extremo del canal de transmisión, un módulo de descompresión reconstruye la imagen o el sonido a partir de la descripción recibida, minimizando la pérdida de información. Comprimiendo y descomprimiendo los mensajes, se transfiere una parte de las dificultades de la transmisión (y de la grabación) al tratamiento, que es, como acabo de decirlo, cada día menos costoso y más rápido.

El tercer factor de mejora de la transmisión reside en los adelantos en materia de arquitectura global de sistemas de comunicación. En este campo, el principal progreso es, sin duda, la generalización de la *conmutación por paquetes*. Esta arquitectura descentralizada, en la que cada nudo de la red es «inteligente», se ideó hacia finales de los años cincuenta como respuesta a escenarios de guerra nuclear, pero no comenzó a ser experimentada en toda su amplitud hasta finales de los años sesenta en los Estados Unidos. En este sistema, los mensajes son recortados en pequeñas unidades de igual tamaño, los paquetes, y cada uno está provisto de su

dirección de partida, de su dirección de llegada y de su posición en el mensaje completo, del que no forma más que una parte. Ordenadores encaminadores o *routers*, distribuidos por toda la red, saben leer esta información. La red puede ser materialmente heterogénea (cables, vía hertziana, satélites, etc.), basta que los encaminadores sepan leer las direcciones de los paquetes y que hablen entre ellos el mismo «lenguaje». Si, en una etapa de la transmisión, hay informaciones que han desaparecido, los encaminadores pueden pedir al destinatario la devolución. Los encaminadores se mantienen al corriente mutuamente, a intervalos regulares, del estado de la red. Los paquetes pueden entonces tomar caminos diferentes en función de problemas de destrucción, de averías o de obstrucción, pero finalmente se reunirán antes de llegar a su destino. Este sistema es particularmente resistente a los incidentes porque está descentralizado y porque su inteligencia es «distribuida». En 1997, no funcionaba más que en ciertas redes especializadas (sobre todo la que soporta el esqueleto de Internet), pero la norma de comunicación ATM (Asynchronous Transfer Mode), que se forma a través de la conmutación por paquetes, ha sido adoptada por la Unión Internacional de las Telecomunicaciones. En el futuro deberá aplicarse al conjunto de la red de telecomunicación y prevé una comunicación multimedia digital de muy alta velocidad.

Algunas cifras darán una idea del progreso realizado en el campo de las velocidades de transmisión de informaciones. En los años setenta, la red Arpanet (antepasado de Internet) en los Estados Unidos tenía enlaces que soportaban 56.000 bits por segundo. En los años ochenta, las líneas de la red que conectaban a los científicos americanos podían transportar un millón y medio de bits por segundo. En 1992, las vías de la misma red podían transmitir 45 millones de bits por segundo (una enciclopedia por minuto). Los proyectos e investigaciones en curso prevén la construcción de líneas de una velocidad de varios centenares de miles de millones de bits por segundo (una gran biblioteca por minuto).

Las interfaces

Llamamos aquí «interfaces» a todos los equipos de materiales que permiten la interacción entre el universo de la información digitalizada y el mundo ordinario.

Los dispositivos de entrada capturan y digitalizan la información para entregarla a los tratamientos informáticos. Hasta los años setenta, la mayor parte de los ordenadores se alimentaban de datos por medio de fichas de cartón perforadas. A partir de esa época, se ha ampliado el espectro de acciones corporales o de cualidades físicas que podían ser captadas *directamente* mediante dispositivos informáticos: teclados que permiten entrar textos y dar instrucciones a los ordenadores, «ratones» gracias a los cuales se pueden manipular «a mano» las informaciones sobre la pantalla, superficies sensibles a la presión del dedo (pantallas táctiles), digitalizadores automáticos de sonido (muestreadores), módulos de programas capaces de interpretar la palabra, digitalizadores (escáneres) de imágenes y de textos, lectores ópticos (códigos de barras u otras informaciones), captadores automáticos de movimientos del cuerpo (guantes o combinaciones de datos), de movimientos de los ojos, de ondas cerebrales, del influjo nervioso (utilizados en ciertas prótesis), captadores de toda clase de mediciones físicas: calor, humedad, luz, peso, propiedades químicas, etc.

Después de haber sido almacenados, tratados y transmitidos bajo forma de dígitos, los modelos abstractos se hacen visibles, las descripciones de imágenes se convierten de nuevo en forma y en colores, los sonidos se dejan sentir en el aire, los textos se imprimen sobre papel o se muestran en las pantallas, las órdenes dadas a autómatas son efectuadas por accionadores, etc. La calidad de los soportes de exposición o de *salida* de la información es evidentemente determinante para los usuarios de los sistemas informáticos y condiciona ampliamente su éxito práctico y comercial. Hasta los años setenta, la mayoría de los ordenadores no tenían ni siquiera monitor. Las primeras pantallas de ordenador mostraban sólo caracteres (cifras y letras). Desde el momento en que ya disponemos de pantallas de color ultraplana de cristal líquido, se están desarrollando para comercializar sistemas que muestran la imagen estereoscópica.

La evolución de las interfaces de salida se ha cumplido en el sentido de una mejora de la definición y de una diversificación de los modos de comunicación de la información. En cuanto al aspecto visual, además de las imágenes sobre pantalla, la calidad de los documentos impresos a partir de textos o de imágenes digitalizadas ha conocido, en menos de diez años, un ade-

lanto considerable que, confundiendo la distinción entre impreso y manuscrito, ha transformado la relación del documento escrito. En cuanto al sonido, basta con recordar que la mayoría de los altavoces difunden una música almacenada (y muy a menudo producida) de forma digital. Por otra parte, la síntesis de voz a partir de textos progresa rápidamente. En las modalidades táctiles y propioceptivas, el retorno del esfuerzo que se ha dado a las palancas, *joystick* y otros mandos manuales, incluso la sensación de grano liso o rugoso, perfecciona la ilusión de realidad en la interacción con mundos virtuales.

En materia de interfaces, se han llevado paralelamente dos vías de investigación y de desarrollo. Una de ellas apunta a la inmersión por medio de los cinco sentidos en los mundos virtuales cada vez más realistas. La «realidad virtual» se utiliza particularmente en los campos militares, industriales, médicos y urbanísticos. En este enfoque de las interfaces, se invita al humano a pasar al otro lado de la pantalla y a interactuar en un modo sensoriomotor con modelos digitales.⁴ En otra dirección de investigación,⁵ llamada «realidad aumentada», nuestro entorno físico natural está repleto de captos, de cámaras, de vídeo-proyectores, de módulos inteligentes, que comunican y están interconectados a nuestro servicio. Ya no estamos en relación con un ordenador a través de una interfaz como intermediaria, sino que nos entregamos a una multitud de tareas en un entorno «natural» que nos proporciona en el momento preciso los diversos recursos de creación, de información y de comunicación que necesitamos.

La mayoría de los aparatos de comunicación (teléfono, televisión, fotocopiadoras, faxes, etc.) incluirán, de una manera o de otra, interfaces con el mundo digital y estarán interconectados. Se podría decir otro tanto de un número creciente de máquinas, de aparatos de medida, de objetos llamados «nómadas» (asistentes personales automáticos, teléfonos móviles, etc.), de vehículos de transporte individuales, etc. La diversificación y el aligeramiento de las interfaces, combinados con los progresos de la digitalización, convergen hacia una extensión y una multiplicación de los puntos de entrada en el ciberespacio.

4. Jaron Lanier es la figura emblemática de esta vía de investigación.

5. Representada sobre todo por Bill Buxton.

Osmose de Char Davies

Septiembre de 1995. Usted participa en el simposium internacional de las artes electrónicas que tiene lugar este año en Montreal. Ha reservado su turno varios días antes con el fin de explorar Osmose, el mundo virtual de Char Davies, una artista canadiense. A la hora acordada, llega a la cabina especialmente equipada en el primer piso del museo de Arte Contemporáneo. La pequeña habitación está llena de ordenadores, cables y aparatos electrónicos de todas clases. Un asistente le hace subir sobre una plataforma que domina un dispositivo de captura infrarroja de sus movimientos. Ligeramente espantado, usted se pone un atavío bastante pesado que le oprime el pecho. Seguidamente se le ajusta a la cabeza un casco provisto de gafas-pantalla estereoscópicas y auriculares. «Para subir, inspire. Para bajar, expire». El desplazamiento por respiración ha sido sugerido a Char Davies por la práctica del submarinismo, de la que es una adepta ferviente. «Para avanzar, inclínese hacia adelante. Para retroceder, inclínese hacia atrás. Tiene usted 20 minutos. ¿Ha comprendido? ¿No le aprieta demasiado?». Aunque no está demasiado a sus anchas, hace una señal con la cabeza para indicar que todo va bien.

Ahora es lanzado al espacio intersidereal. Una música dulce, plácida, cósmica, acompaña la gravitación tranquila, el lento movimiento giratorio que le arrastra hacia el planeta brillante, allá, que es su destino. Le parece que se ha convertido en feto, que vuelve hacia la Tierra al final de *2001, una odisea del espacio* de Stanley Kubrick. Penetra lentamente en el mundo en el cual está llamado a nacer, atravesando capas de códigos informáticos parecidos a nubes, después vientos de palabras y de frases, para aterrizar finalmente en el centro de un claro. A partir de ahora, usted dirige sus movimientos. Torpemente primero, después con más seguridad, experimenta una extraña manera de desplazarse. Tomando una gran inspiración, se eleva por encima del claro. Unos animales parecidos a luciérnagas que revoloteaban a las orillas del bosque vienen a escoltarle. Un estanque cubierto de nenúfares y extrañas plantas acuáticas brilla bajo su mirada. Ese mundo es suave, orgánico, dominado por una vegetación omnipresente. Al inclinarse, se dirige hacia un gran árbol que parece constituir el eje del claro sagrado. Sorpresa: en el momento en que entra en contacto con la corteza del árbol, penetra en la albura y, como si fuera una molécula dotada de sensaciones, toma los canales que llevan la savia. Procurando inspirar fuertemente, asciende por el interior del árbol hasta alcanzar la frondosidad. Rodeado de cápsulas de clorofila de un verde tierno, llega a una hoja en donde asiste al baile complicado de la fotosíntesis. Una vez

fuera de la hoja, planea de nuevo por encima del claro. Desciende hacia el estanque por medio de profundas espiraciones. Vuelve a cruzar en su camino un vuelo de luciérnagas (¿o quizá sean espíritus?) de donde emanan extraña sonoridades de campanillas lejanas. Al girar la cabeza, las mira alejarse hacia el bosque mientras que le llegan, atenuados por la distancia, ecos remanentes de sonidos celestes. Ahora está muy cerca de la superficie del estanque donde los reflejos y los juegos de luces le retienen un momento. Después franquea la superficie del agua. Un pez con aletas ondulantes le acoge en el mundo acuático...

Después de su visita al estanque, atraviesa el mundo del bosque, el mundo mineral, luego un espacio extraño, cebrado por líneas de escritura, que debe recorrer por medio de su respiración y de los movimientos de su busto para descifrar frases de filósofos: es el mundo del discurso humano que engloba la naturaleza. Finalmente, alcanza el mundo informático, únicamente poblado de líneas de códigos. Piensa que tendrá tiempo de volver a esos diferentes mundos. Pero ya es arrastrado en un movimiento ascendente que le hace tranquila, pero firmemente, abandonar el planeta Osmose. La vida en este universo no tiene más que un tiempo. Mientras que el globo en el que ha existido y sentido, durante un instante demasiado corto, se aleja en el fondo del espacio intersideral, ahora se arrepiente de no haber utilizado su período de inmersión adecuadamente. ¿Dónde va a reencarnarse ahora?

Los principios que han guiado la concepción de Osmose son la antítesis de los que gobiernan los videojuegos. No se puede actuar con las manos. La postura de prensión, de manipulación o de combate es necesariamente frustrante. Por el contrario, para evolucionar en ese mundo vegetal y meditativo, está obligado a concentrarse en su respiración y sus sensaciones kinestésicas. Tiene que estar *en ósmosis* con esa realidad virtual para conocerla. Los movimientos bruscos o rápidos son ineficaces. Por el contrario, los comportamientos suaves y la actitud contemplativa son «recompensados». En lugar de colores francos, los mundos del árbol, del estanque, del claro y del bosque ofrecen a la vista un carnafeó sutil de verdes y de marrones que evocan más los tintes vegetales que la tecnología brillante de las imágenes de síntesis. Osmose marca la salida de las artes virtuales de su matriz original de simulación «realista» y geométrica. Esta obra ofrece un desmentido tajante a aquellos que no quieren ver en lo virtual más que la continuación del «proyecto occidental y/o machista del dominio de la naturaleza y de manipulación del mundo». Aquí, el mundo virtual está explícitamente concebido para incitar al recogimiento, a la conciencia de sí, al respeto de la naturaleza, a una forma «osmótica» de conocimiento y de relación con el mundo.

La programación

El ciberespacio no comprende solamente materiales, informaciones y seres humanos, está también constituido y poblado por seres extraños, medio textos, medio máquinas, medio actores, medio argumentos: los programas. Un programa, es una lista bien organizada de instrucciones codificadas que pretenden hacer cumplir una tarea particular a uno o varios procesadores. A través de los circuitos que controlan, los programas interpretan datos, actúan sobre las informaciones, transforman otros programas, hacen funcionar ordenadores y redes, accionan máquinas físicas, viajan, se reproducen, etc.

Los programas son redactados con ayuda de lenguajes de programación, códigos especializados en escritura de instrucciones para procesadores informáticos. Existe un gran número de lenguajes de programación más o menos especializados en ciertas tareas. Desde el principio de la informática, los ingenieros, los matemáticos, los lingüistas, trabajan para hacer que los lenguajes de programación sean cada vez más cercanos al lenguaje natural. Distinguen entre lenguajes de programación esotéricos y muy próximos a la estructura material del ordenador (lenguajes máquinas, ensambladores) y lenguajes de programación «evolucionados», menos dependientes de la estructura del material y más próximos al inglés como *FORTRAN*, *LISP*, *PASCAL*, *PROLOG*, *C*, etcétera. Hoy en día, ciertos lenguajes llamados «de cuarta generación» permiten concebir programas dibujando esquemas y manipulando iconos en una pantalla. Se constituyen talleres de programación facilitando «ladrillos» de programación base dispuestos para el ensamblaje. El programador pasa así menos tiempo codificando y dedica lo esencial de su esfuerzo a concebir la arquitectura de los programas. Los «lenguajes autores» permiten a no especialistas realizar ellos mismos ciertos programas simples, bases de datos multimedia o programas pedagógicos.

Los programas

Los programas de aplicación permiten a los ordenadores proporcionar determinados servicios a sus usuarios. Demos ahora algunos ejemplos canónicos. Algunos programas calculan auto-

máticamente la paga de los empleados de una sociedad, otros establecen facturas a clientes, otros permiten controlar mercancías almacenadas, otros aún son capaces de dirigir máquinas en tiempo real en función de las informaciones que les proporcionan ciertos captosres. Hay sistemas expertos que pueden detectar el origen de las averías o dar consejos financieros. Como indica su nombre, un tratamiento de texto permite redactar, modificar, organizar textos. Una hoja de cálculo presenta cuadros de cifras, lleva una contabilidad, ayuda a tomar decisiones de orden presupuestario o financiero. Un gestor de base de datos permite constituir uno o varios ficheros, encontrar rápidamente la información pertinente según claves de entradas variadas y presentar la información de una manera o de otra según las necesidades. Un programa de dibujo permite producir fácilmente esquemas impecables. Un programa de comunicación autoriza envíos de mensajes y el acceso a informaciones a otros ordenadores, etc. Los programas de aplicación están cada vez más abiertos a la *personalización* evolutiva de las funciones, sin que sus usuarios estén obligados a aprender a programar.

Los *sistemas de explotación* son programas que gestionan los recursos de los ordenadores (memoria, entrada, salida, etc.) y que organizan la mediación entre el material y los programas de aplicación. Los programas de aplicación no están, pues, en contacto directo con el material. Es por ello que un mismo programa de aplicación puede funcionar sobre materiales diferentes, con tal de que tengan el mismo sistema de explotación.

Si bien no todos los datos son programas, todos los programas pueden ser considerados como datos: deben ser recogidos, archivados, leídos por ordenadores. Sobre todo, pueden ser ellos mismos objeto de cálculo, de traducciones, de modificaciones o de simulaciones por otros programas. Puesto que un programa puede hacer las veces de colección de datos para traducir o para tratar para otro programa, se pueden establecer capas sucesivas de programas entre el material y el usuario final. Éste no está en comunicación directa más que con la última capa y no necesita conocer la complejidad subyacente a la aplicación que está manipulando o la heterogeneidad de la red que está recorriendo. Por regla general, cuanto más espeso es el programa «milhojas» al cual recurrimos, más «transparentes» son las redes y más fácilmente se cumplen las tareas humanas.

Del ordenador al ciberespacio

Así es como se navega hoy libremente entre programas y materiales que no hace mucho tiempo eran incompatibles. En efecto, gracias a la adopción de normas de programas y materiales, la tendencia general es el establecimiento de espacios virtuales de trabajo y de comunicación abiertos, cada vez más independientes de su soporte. Señalemos igualmente el uso creciente de normas de descripción de estructura de documentos textuales (SGML)⁶ o multimedias (HTML,⁷ Hi Time),⁸ que permiten conservar intacta la integridad de la información a pesar de los cambios de soportes de programas y materiales. La norma VRML⁹ autoriza la exploración de *imágenes tridimensionales interactivas* sobre el World Wide Web a partir de cualquier máquina conectada a la red. El uso creciente de la norma VRML deja augurar la interconexión de mundos virtuales disponibles sobre Internet y proyecta el horizonte de un ciberespacio parecido a un inmenso metamundo virtual heterogéneo, en transformación permanente, que contendría a todos los otros mundos virtuales.

Durante largo tiempo polarizada por la «máquina», balcanizada no hace mucho por los programas, la informática contemporánea —programa y material— desglosa el ordenador en provecho de un espacio de comunicación navegable y transparente centrado en la información.

Un ordenador es un ensamblaje particular de unidades de tratamiento, de transmisión, de memoria y de interfaces para la entrada y la salida de informaciones. Por otra parte, ordenadores de marcas diferentes pueden ser ensamblados a partir de componentes casi idénticos, y ordenadores de la misma marca contienen piezas de orígenes muy diferentes. Además, los componentes de material informático (captadores, memorias, procesadores, etc.) pueden encontrarse en otro sitio y no sólo en los

6. Standard Generalised Mark up Language.

7. Hyper Text Mark up Language.

8. Hypermedia Time-based Structuring Language.

9. Virtual Reality Modeling Language. Notemos que la norma VRML actualmente utilizada sobre el WWW organiza la exploración de modelos tridimensionales a través de un ratón y no por inmersión a través de gafas de visión estereoscópica y guantes de datos.

ordenadores propiamente dichos: en tarjetas con chip, en distribuidores automáticos, robots, motores, aparatos electrodomésticos, coches, fotocopiadoras, faxes, cámaras de vídeo, teléfonos, radios, televisores, hasta en los nudos de redes de comunicación... en todos los sitios donde se trate automáticamente la información digital. Finalmente, y sobre todo, un ordenador conectado al ciberespacio puede recurrir a las capacidades de memoria y de cálculo de otros ordenadores de la red (que hacen lo mismo), así como a diversos aparatos distantes de captura y de muestra de información. Todas las funciones de la informática son distribuibles y, cada vez más, distribuidas. El ordenador no es ya un centro sino un nudo, una terminal, una componente de la red calculadora universal. Sus funciones pulverizadas impregnan cada elemento del tecnocosmos. En el límite, ya no hay más que un solo ordenador pero se ha hecho imposible trazar sus límites, fijar su contorno. Es un ordenador cuyo centro está por todos lados y su circunferencia en ningún sitio, un ordenador hipertextual, dispersado, viviente, pululante, inacabado: el ciberespacio mismo.

CAPÍTULO III

LO DIGITAL O LA VIRTUALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN

El becerro de oro

No lejos de la basílica que contiene los monumentos funerarios de los antiguos Reyes de Francia, en Saint-Denis, tiene lugar cada dos años una manifestación consagrada a las artes del lenguaje digital: Artífices.

En noviembre 1996, el principal artista invitado era Jeffrey Shaw, pionero de las artes de lo virtual y director en Alemania de un importante instituto destinado a la creación para los «nuevos medios de comunicación».

Al entrar en la exposición, se descubre primero la instalación del «becerro de oro». En medio de la primera sala, un pedestal manifiestamente hecho para sostener una estatua no soporta más que el vacío. La estatua está ausente. Una pantalla plana reposa sobre una mesa al lado del pedestal. Nos apoderamos de ella para darnos cuenta de que esa pantalla de cristales líquidos se comporta como una «ventana» sobre la sala: dirigiéndola hacia las paredes o el techo, se obtiene una imagen digital de las paredes o del techo, orientándola hacia la puerta de entrada, se hace aparecer un modelo digital de la puerta. Cuando se gira la pantalla hacia el pedestal, se descubre con sorpresa una soberbia estatua, brillante, magníficamente esculpida, de un becerro de oro. El becerro de oro no es visible más que a través de la pantalla. No «existe» más que virtualmente. Al caminar alrededor del pedestal, dirigiendo la pantalla al lugar vacío que está por encima, se pueden admirar todas las facetas del becerro de oro. Al acercarse, se le ve más grande; al alejarse, más pequeño. Si se adelanta suficientemente la pantalla por encima del pedestal, se penetra en el interior del becerro de oro para descubrir sus secretos: el interior está vacío. Sólo existe en apariencia, sobre la cara externa, sin revés, sin interioridad.

¿Cuál es el propósito de esta instalación? En primer lugar es crítico: el mundo virtual es el nuevo becerro de oro, el nuevo ídolo de nuestro tiempo. Pero es también clásico. La obra hace sentir concretamente la naturaleza de todo ídolo: una entidad que no está realmente ahí, una apariencia sin consistencia, sin interioridad. Aquí, no es tanto la ausencia de plenitud material de lo que se trata sino el vacío de presencia y de interioridad viva, subjetiva. El ídolo no tiene existencia por sí mismo sino solamente la que le presta o que le fabrica el que lo adora. La relación con el ídolo se convierte en acto por el dispositivo mismo de la instalación, puesto que el becerro de oro no aparece más que gracias a la actividad del visitante.

En el plano en que los problemas estéticos se reúnen con los interrogantes espirituales, la instalación de Jeffrey Shaw cuestiona la noción de representación. En efecto, el becerro de oro nos remite evidentemente al segundo de los Diez Mandamientos, que prohíbe no solamente la idolatría sino la fabricación de imágenes y de estatuas «que tenga la forma de lo que se encuentra en el cielo, en la tierra o en el agua». ¿Se puede decir que Jeffrey Shaw ha esculpido una estatua o dibujado una imagen? ¿Su becerro de oro es una representación? ¿No hay nada en el pedestal! La vida y la interioridad sensible de lo que aquí vuela en los aires o corre por el suelo no han sido captadas por una forma muerta. No es un becerro, exaltado por una materia reputada preciosa, lo que representa la instalación, sino *el proceso mismo de la representación*. Ahí donde, en un sentido último, no flota más que la nada, la actividad mental y sensoriomotriz del visitante hace aparecer una imagen que, cuando ha sido suficientemente explorada, termina por revelar su nulidad.

Este capítulo está dedicado a los nuevos tipos de mensajes que proliferan en los ordenadores y las redes informáticas tales como los hipertextos, los hiperdocumentos, las simulaciones interactivas y los mundos virtuales. Como voy a intentar demostrar, la virtualidad, entendida en un sentido muy general, constituye el rasgo distintivo de la nueva figura de la información. Por ser la *digitalización* el fundamento técnico de la virtualidad, una explicación de sus principios y de sus funciones seguirá a la presentación de la noción de *virtual* que inicia el capítulo.

Del mundo virtual en general

La universalización de la cibercultura propaga la copresencia y la interacción de puntos cualesquiera del espacio físico,

social o informacional. En este sentido, es complementaria de una segunda tendencia fundamental, la virtualización.¹

La palabra «virtual» puede entenderse al menos de tres maneras, en un sentido técnico ligado a la informática, un sentido corriente y un sentido filosófico.² La fascinación suscitada por la «realidad virtual» viene en gran parte de la confusión entre estos tres sentidos. En la aceptación filosófica, es virtual *lo que no existe más que en potencia y no en acto*, el campo de fuerzas y problemas que tienden a resolverse en una *actualización*. Lo virtual está más allá de la concreción efectiva o formal (el árbol está *virtualmente* presente en la semilla). En el sentido filosófico, lo virtual es evidentemente una dimensión muy importante de la realidad. Pero en el uso corriente, la palabra «virtual» se emplea a menudo para significar la irrealidad, la «realidad» que supone una efectuación material, una presencia tangible. La expresión «realidad virtual» suena entonces como un juego de magia misterioso. Se piensa generalmente que una cosa debe ser o bien real, o bien virtual, y que no puede, pues, poseer las dos cualidades a la vez. Con todo rigor filosófico, sin embargo, lo virtual no se opone a lo real sino a lo actual: virtualidad y actualidad son solamente dos modos diferentes de la realidad. Si en la esencia del grano está el producir un árbol, la virtualidad del árbol es real (sin ser aún actual).

Una entidad «desterritorializada» es virtual, capaz de generar varias manifestaciones concretas en diferentes momentos y lugares determinados, sin estar por ello unida ella misma a un lugar o a un tiempo particular. Como ilustración fuera de la esfera técnica, una *palabra* es una entidad virtual. El vocablo «árbol» siempre es pronunciado aquí o allí, tal día a tal hora. Se llamará a la pronunciación de este elemento léxico su «actualización». Pero la palabra por sí misma, la que es pronunciada o actualizada aquí o allá, no está en ningún sitio y está desunida de todo momento preciso (aunque no haya existido siempre).

1. Me permito remitir al lector, sobre este punto, a mi obra *Qu'est-ce le virtuel?*, París, La Découverte, 1995, que trata sobre esta cuestión desde un punto de vista filosófico y antropológico.

2. Existen aún otros significados de este término en óptica, en mecánica, etc. Hago notar, aparte de mi libro *Qu'est-ce le virtuel?*, *op. cit.*, los análisis apasionantes de René Berger en *L'origine du futur*, París, Le Rocher, 1996, sobre todo el capítulo «Le virtuel jubilatoire», así como la obra de Jean-Clet Martin, *L'image virtuelle*, París, Kiné, 1996.

Insistimos, aunque no se le pueda fijar en ninguna coordenada espaciotemporal, lo virtual es sin embargo real. Una palabra, existe. Lo virtual existe sin estar ahí. Añadamos que las actualizaciones de la misma entidad virtual pueden ser muy diferentes unas de otras y que lo actual nunca está completamente predefinido por lo virtual. Así, desde un punto de vista acústico, como sobre un plano semántico, ninguna actualización de una palabra se parece exactamente a otra, y siempre pueden aparecer pronunciaciones (nacimientos de nuevas voces) o sentidos (inventos de nuevas frases) imprevisibles. Lo virtual es un manto indefinido de actualizaciones.

La cibercultura está ligada a lo virtual de dos maneras. Una directa y otra indirecta. Directamente, la digitalización de la información puede ser asimilada a una virtualización. Los códigos informáticos inscritos en los disquetes o los discos duros de los ordenadores —invisibles, fácilmente copiables o transferibles de un nudo a otro de la red— son casi virtuales puesto que ellos son casi independientes de las coordenadas espaciotemporales determinadas. En el seno de la red digital, la información está evidentemente *físicamente situada* en alguna parte, en un soporte dado, pero está también *virtualmente presente en cada punto de la red donde se la pedirá*.

La información digital (traducida en dígitos 0 y 1) puede ser también calificada de virtual en la medida en que es inaccesible como tal al ser humano. No se puede conocer directamente más *que su actualización* por medio de un modo de exposición u otro. Los códigos informáticos, ilegibles para nosotros, se actualizan aquí y allá, ahora o más tarde, en textos legibles, en imágenes visibles sobre pantallas o papel, en sonidos audibles en la atmósfera.

Una imagen que ha sido vista en el transcurso de la exploración de una «realidad virtual» no era generalmente grabada tal cual en una memoria informática. Frecuentemente había sido *calculada* en tiempo real (en el momento y sobre pedido) a partir de una matriz informática que contenía la descripción del mundo virtual. El ordenador sintetiza la imagen en función de unos datos (constantes) de esta matriz y de unas informaciones (variables) referentes a la «posición» del explorador en sus acciones anteriores. Un mundo virtual —considerado como un conjunto de códigos digitales— es un *potencial de imágenes*, mientras que

la visión, exhibida en el transcurso de una inmersión en el mundo virtual, actualiza ese potencial en un contexto de uso particular. Esta dialéctica del potencial, del cálculo y de la exhibición contextual caracteriza la mayoría de los documentos o conjuntos de informaciones con soporte digital.

Indirectamente, el desarrollo de las redes digitales interactivas favorece otros movimientos de digitalización distintos de aquellos de la información propiamente dicha. Así, la comunicación prosigue con lo digital un movimiento de virtualización iniciado desde hace tiempo por medio de técnicas más antiguas tales como la escritura, como la grabación del sonido y de la imagen, la radio, la televisión y el teléfono. El ciberespacio anima un estilo de relación casi independiente de los lugares geográficos (telecomunicación, telepresencia) y de la coincidencia de los tiempos (comunicación asincrónica). No se trata de novedad absoluta puesto que el teléfono ya nos había habituado a una telecomunicación interactiva. Con el correo (o la escritura en general), tenemos incluso una tradición muy antigua de comunicación recíproca, asincrónica y a distancia. Sin embargo, sólo las particularidades técnicas del ciberespacio permiten a los miembros de un grupo humano (que puede ser tan numeroso como se quiera) coordinarse, cooperar, alimentar y consultar una memoria común, y esto casi en tiempo real a pesar de la distribución geográfica y las diferencias horarias. Esto nos conduce directamente a la virtualización de las *organizaciones* que, con la ayuda de las herramientas de la cibercultura, se hace cada vez menos dependiente de lugares determinados, de horarios fijos y de planificaciones a largo plazo. De igual modo, al proseguir en el ciberespacio, las transacciones económicas y financieras acentúan aún más el carácter virtual que las caracteriza desde la invención de la moneda y de la banca.

En suma, la extensión del ciberespacio acompaña y acelera una virtualización general de la economía y de la sociedad. De las sustancias y objetos, remontamos a los procesos que los producen. De los territorios, saltamos hacia redes móviles que los valorizan y los dibujan. De los procesos y de las redes, pasamos a las competencias y a los argumentos que las gobiernan, más virtuales aún. Los soportes de inteligencia colectiva del ciberespacio se multiplican y establecen sinergias entre las competencias. Del diseño a la estrategia, los argumentos están alimentados por

las simulaciones y los datos puestos a su disposición por el universo digital.

Ubicuidad de la información, documentos interactivos interconectados, telecomunicación recíproca y asíncrona de grupo y entre grupos: el carácter virtualizador y desterritorializador del ciberespacio hace de esto el vector de un universal abierto. Simétricamente, la extensión de un nuevo espacio universal dilata el campo de acción de los procesos de virtualización.

Lo digital

Digitalizar una información consiste en traducirla a dígitos. Casi todas las informaciones pueden ser codificadas de esta manera. Por ejemplo, si se hace corresponder un número a cada letra del abecedario, cualquier texto se transforma en una serie de cifras.

Una imagen puede ser descompuesta en puntos o píxeles (*picture elements*). Cada uno de esos puntos se puede describir por dos dígitos que precisan sus coordenadas en el plano y por tres dígitos que analizan la intensidad de cada uno de los componentes de su color (rojo, azul y verde en síntesis aditiva). Cualquier imagen o secuencia de imágenes es por lo tanto traducible a una serie de dígitos.

Un sonido puede igualmente ser digitalizado si está muestreado, es decir, medido a intervalos regulares (más de 60.000 veces por segundo con el fin de captar las altas frecuencias). Cada muestra es codificable por una serie de dígitos que describe la señal sonora en el momento de la medida. Una secuencia sonora musical cualquiera es, por tanto, representable por una lista de series digitales.

Las imágenes y los sonidos pueden igualmente digitalizarse, no solamente punto por punto o muestra por muestra sino también, de manera más económica, a partir de descripciones de las estructuras globales de los mensajes icónicos o sonoros. A este efecto, se utilizan sobre todo funciones sinusoidales para el sonido y funciones que engendran figuras geométricas para las imágenes.

En general, cualquier tipo de información o de mensaje puede ser traducido digitalmente, a condición de que sea explícita-

ble o mensurable.³ Así, todos los números son expresables en lenguaje binario, bajo la forma de los dígitos cero o uno. Por lo tanto, todas las informaciones pueden ser, en última instancia, representadas con este sistema. El interés de esta binarización es triple.

Por una parte, algunos dispositivos técnicos muy variados pueden grabar y transmitir números codificados en lenguaje binario. En efecto, los números binarios pueden ser representados físicamente por una gran variedad de dispositivos en dos estados (abierto o cerrado, plano o hueco, negativo o positivo, etc.). Así es como los dígitos circulan por los hilos eléctricos, informan unos circuitos electrónicos, polarizan bandas magnéticas, se traducen en chispas en las fibras de vidrio, en microhendiduras sobre discos ópticos, se transforman en estructuras de moléculas biológicas, etc.

Después, las informaciones codificadas de manera digital pueden transmitirse y copiarse casi indefinidamente *sin pérdida de información* pues el mensaje original casi siempre puede ser reconstruido íntegramente a pesar de las degradaciones ocasionadas por la transmisión (telefónica, hertziana) o la copia. Éste no es evidentemente el caso de las imágenes y de los sonidos grabados de modo analógico, que se degradan irremediablemente en cada nueva copia o transmisión. La codificación analógica de una información establece una relación proporcional entre un cierto parámetro de la información que hay que traducir y un cierto parámetro de la información traducida. Por ejemplo, el volumen del sonido será codificado por la intensidad de una señal eléctrica (la apertura de un surco en un disco de vinilo); cuanto más alto es el volumen, más intensa es la señal eléctrica (o más profundo es el surco). La información analógica ésta pues representada por una *serie continua de valores*. Por el contrario, la codificación digital no utiliza más que

3. Por ejemplo, una imagen será descompuesta en píxeles. Cada píxel de una imagen en color está representado en un ordenador por cinco números: dos números para las coordenadas del punto y tres números para la intensidad de cada una de los tres componentes elementales del color. Esta codificación puede ocasionar pérdidas de información. Cuanto más fino sea «el grado de resolución» de la codificación, menos pérdidas hay. Por ejemplo, una imagen puede ser codificada en 256 píxeles (256 x 5 dígitos), o en 1.024 píxeles (1.024 x 5 dígitos). La pérdida de información será mínima en el segundo caso. A partir de un cierto grado, la pérdida de información ya no es perceptible humanamente.

dos valores netamente diferenciados, lo que hace a la reconstrucción de la información sonora incomparablemente más fácil, gracias a diferentes procedimientos de control de la integridad del mensaje.

Finalmente, y sobre todo, los números codificados en forma binaria pueden ser el objeto de cálculos aritméticos y lógicos por medio de circuitos electrónicos especializados. Incluso si se habla a menudo de «inmaterial» o de «virtual» respecto de lo digital, hay que insistir sobre el hecho de que los tratamientos en cuestión tienen que ver siempre con operaciones físicas elementales sobre los representantes físicos de ceros y unos: borrado, sustitución, elección, arreglo, orientación hacia un lugar de grabación o canal de transmisión.

Después de haber sido tratadas, las informaciones codificadas en forma binaria están destinadas a ser traducidas (automáticamente) en sentido inverso, y a manifestarse bajo el aspecto de textos legibles, de imágenes visibles, de sonidos audibles, de sensaciones táctiles o propioceptivas, incluso en acciones de un robot o de una pieza mecánica.

¿Por qué una cantidad creciente de informaciones es digitalizada y, cada vez más, *directamente producida bajo esta forma* con los instrumentos adecuados? La razón principal es que la digitalización autoriza un tipo de tratamiento de las informaciones eficaz y complejo, imposible de alcanzar por otras vías.

Tratamiento automático, fino, rápido, a gran escala

La información digitalizada puede ser tratada automáticamente, con un grado de finura casi absoluto, muy rápidamente, y a una gran escala cuantitativa. Ningún otro proceder distinto del tratamiento digital alcanza *al mismo tiempo* esas cuatro cualidades. La digitalización permite el control de las informaciones y de los mensajes «bit a bit», número binario a número binario, y esto a la velocidad de cálculo de los ordenadores.

Comencemos por un ejemplo simple. Tomemos una novela de 300 páginas digitalizada. Mediante un programa de tratamientos de texto, puedo pedir a mi ordenador que reemplace todas las «Durand» por «Dupont». El ordenador ejecutará esta orden en algunos segundos. En mi disco duro, la memoria magnética

permanente de mi ordenador donde las informaciones están codificadas en forma binaria, todos los nombres han sido cambiados casi inmediatamente. Si el texto hubiera estado impreso en papel, la misma operación hubiera exigido necesariamente mucho más tiempo. También puedo igualmente invertir el orden de dos capítulos y cambiar la numeración de las páginas en algunos segundos. Puedo cambiar los caracteres, cuando la misma operación con caracteres de plomo hubiera necesitado de una nueva composición del texto, etc.

Tomemos ahora el caso del sonido. Una vez que un fragmento de violín, por ejemplo, ha sido muestreado, programas apropiados de tratamientos del sonido permiten hacer más lento o acelerar el tempo sin modificar la frecuencia de los sonidos (los graves y los agudos). Es igualmente posible aislar el timbre del instrumento y hacerle tocar otra melodía. Se puede, tocando el mismo fragmento, calcular (y hacer tocar) el pasaje continuo del timbre del violín al de un piano. Ahí también, esa clase de resultados es casi imposible de obtener rápida y automáticamente fuera del tratamiento digital.

Terminemos con algunos ejemplos en el trabajo de las imágenes. Supongamos que una película sea digital. Unos programas especializados permiten transformar automáticamente y casi instantáneamente el color de una flor o de un vestido en todas las imágenes de la película. En una foto digital, el tamaño de un objeto puede disminuirse en un 17 %, por ejemplo, sin modificar su forma. Si se trata de una representación en tres dimensiones, se puede calcular automáticamente una nueva perspectiva cuando el punto de vista de una escena ha girado nueve grados hacia la izquierda... y todas estas operaciones pueden efectuarse casi en un segundo.

Una vez más, es porque las informaciones están codificadas bajo forma de dígitos que se las puede manipular con tanta facilidad: los números están sujetos al cálculo y los ordenadores calculan rápido.

Las informaciones no sólo pueden ser tratadas sino también producidas automáticamente. Ciertos sintetizadores musicales emiten sonidos resultantes de un muestreo de sonidos naturales, mientras que otros hacen sonar los altavoces únicamente a partir de modelos físicos del sonido que hay que producir, o incluso de una descripción matemática de las vibraciones del ins-

trumento que hay que imitar. Igualmente, ciertas películas digitales no provienen del tratamiento de una imagen dibujada a mano captada por una cámara sino de modelos geométricos de volúmenes que queremos representar, de leyes de la retracción de la luz, de funciones que describen los movimientos de los personajes o de la cámara virtual, etc. Programas de *síntesis*, que incorporan modelos formales de objetos que hay que simular, hacen calcular imágenes o sonidos a los ordenadores.

¿Desmaterialización o virtualización?

¿Puede considerarse la digitalización una «desmaterialización» de la información? Para comprender mejor la cuestión, proponemos un ejemplo. Tomemos una fotografía de un cerezo en flor, obtenida por captura óptica de la imagen y reacción química con cloruro de plata. Digitalicemos la foto con la ayuda del *escáner* o digitalizador. Se encuentra ahora bajo la forma de números en el disco duro de nuestro ordenador. En un sentido, la foto ha sido «desmaterializada» puesto que la serie de dígitos es una *descripción* muy precisa de la foto del cerezo en flor y no ya una imagen bidimensional. Sin embargo, la descripción misma no puede subsistir sin soporte físico: ocupa una porción determinada del espacio, moviliza un material de inscripción, toda una maquinaria que cuesta y pesa, exige una cierta energía física para ser grabada y restituida. Pues podemos hacer traducir a través del ordenador esta descripción codificada en imagen visible sobre un gran número de soportes diferentes, por exposición en la pantalla, impresión u otro procedimiento.⁴ La codificación digital de la imagen del cerezo en flor no es «inmaterial» propiamente hablando, sino que ocupa menos espacio, pesa menos que una foto sobre papel; necesitamos menos energía para modificar o trucar la imagen digital que en el caso de la imagen argéntica. Más fluida, más volátil,

4. Notemos que incluso el cliché, en tanto que objeto material de papel, no comporta realmente una imagen: no es un cerezo en flor para la hormiga que camina por encima ni para el ratón que lo roe. Con todo rigor, se trata de un soporte físico de pigmentos, cuya disposición es interpretada como un cerezo en flor por nuestro espíritu o, si se quiere, por los «cálculos» de nuestro sistema nervioso central.

la grabación digital ocupa una posición muy particular en la procesión de las imágenes, más allá de su manifestación visible, no irreal o inmaterial sino *virtual*.

A partir de un negativo único, la foto clásica puede ya ser ampliada, retocada, revelada y reproducida en un gran número de ejemplares. ¿Cuál es la ventaja aportada por la digitalización? ¿Dónde se encuentra la diferencia cualitativa? No solamente la imagen digitalizada puede ser modificada más fácilmente y más rápidamente, sino que puede, sobre todo, hacerse *visible siguiendo otras modalidades de las de la reproducción de masa*. Por ejemplo, mediante programas informáticos apropiados, el cerezo podrá exhibirse con o sin hojas en función de la estación, en una dimensión diferente según el lugar del jardín donde se le coloque, o bien el color de las flores —que tienen valor de señal— dependerá del recorrido anterior de la persona que consulta le imagen, etc.

Contemplemos una última vez la imagen del cerezo en flor. Puede haber sido dibujada, fotografiada o digitalizada a partir de una foto clásica retocada después por el ordenador, puede también haber sido enteramente sintetizada por un programa informático. Si se considera el ordenador como una herramienta para tratar o producir esta imagen, no es otra cosa que un instrumento más, cuya eficacia y grados de libertad son superiores a los del pincel y del aparato fotográfico. La imagen en tanto que tal, aunque producida por ordenador, no tiene sin embargo estatus ontológico o de propiedad estética fundamentalmente diferente a cualquier otro tipo de imagen. Sin embargo, si no se considera ya una sola imagen (o una sola película) sino el conjunto de todas las imágenes (o de todas las películas), diferentes las unas de las otras, que podrían ser producidas automáticamente por un ordenador a partir del mismo rastro digital, se penetra en un nuevo universo de engendramiento de signos. A partir de un almacenamiento de datos iniciales, de una colección de descripción o de modelos, un programa puede calcular un número indefinido de manifestaciones visibles, audibles o tangibles diferentes, en función de la situación en curso o de la demanda de los usuarios. El ordenador no es, pues, sólo una herramienta más para producir textos, sonidos o imágenes, es ante todo un operador de *virtualización de la información*.

Hiperdocumentos

Un CD-ROM (*Compact Disc Real Only Memory* [disco compacto de memoria sólo de lectura]) o un CD-I (*Compact Disc Interactive*) son soportes de información digital de lectura láser. Contienen sonidos, textos e imágenes (fijas o animadas) que se exhiben en las pantallas del ordenador para el CD-ROM, o de televisión para el CD-I (mediante un lector especial). Quien consulta un CD-ROM «navega» entre informaciones, pasa de una página-pantalla o de una secuencia animada a otra indicando con un simple gesto los temas que le interesan o las líneas de lectura que desea proseguir. Esta navegación se efectúa «haciendo clics» con un «ratón» sobre iconos de la pantalla, apretando determinada tecla, manipulando un mando o accionando los mandos cuando se trata de juegos. Enciclopedias, títulos de tema artístico, musical o lúdico, los CD-ROM son las formas de hiperdocumentos más conocidas del gran público en 1997. Los CD-ROM (capaces de contener el texto de una enciclopedia en 30 volúmenes) pronto serán suplantados por los DVD (*Digital Video Disc*), cuya memoria, seis veces superior, podrá contener una película de vídeo «de gran pantalla».

Si se toma la palabra «texto» en su sentido más amplio (que no excluye los sonidos ni las imágenes), los hiperdocumentos pueden igualmente ser llamados «hipertextos». El enfoque más simple del hipertexto es describirlo, por oposición a un texto lineal, como un texto estructurado en red. El hipertexto está constituido por nudos (los elementos de información, párrafos, páginas, imágenes, secuencias musicales, etc.) y enlaces entre esos nudos, referencias, notas, punteros, «botones» que indican mediante flechas el paso de un nudo a otro.

Una novela se lee, en principio, de la primera a la última línea, una película de la primera a la última imagen. ¿Pero cómo se lee una enciclopedia? Se puede empezar por consultar el índice o el tesoro, que nos remite a uno o a varios artículos. Al final de un artículo, se encuentra la mención de otros artículos sobre temas conexos, etc. Cada uno entrará en esta «navegación» a través de los temas que le interesan y recorrerá de manera original el conjunto de las informaciones, utilizando las herramientas de orientación que son los diccionarios, los léxicos, los índices, los tesoros, los atlas, las tablas de cifras y los sumarios que

son ellos mismos pequeños hipertextos. Siempre, y conservando la definición de «texto en red» o de red documental, una biblioteca puede ser considerada como un hipertexto. En ese caso, la unión entre los volúmenes está asegurada por las remisiones, las notas al pie de página, las citaciones y las bibliografías. Los ficheros y los catálogos constituyen los instrumentos de navegación global en la biblioteca.

Sin embargo, el soporte digital aporta una diferencia considerable con respecto a los hipertextos anteriores a la informática: la búsqueda en el índice, el uso de los instrumentos de orientación, el paso de un nudo a otro se hace con una gran rapidez, del orden de algunos segundos. Por otra parte, la digitalización permite asociar en el mismo medio y mezclar finalmente los sonidos, las imágenes y los textos. Según este primer enfoque, el hipertexto digital se definiría como información multimodal dispuesta en red para una navegación rápida e «intuitiva». En relación a las técnicas anteriores de ayuda a la lectura, la digitalización introduce una pequeña revolución copernicana: ya no es el navegador que sigue las instrucciones de lectura y se desplaza físicamente en el hipertexto, girando las páginas, desplazando pesados volúmenes, recorriendo la biblioteca, sino que es en adelante un texto móvil, caleidoscópico, que presenta sus facetas, gira, se pliega y se despliega a voluntad delante del lector.

Se inventa hoy un nuevo arte de la edición de la documentación, que intenta explotar al máximo una nueva velocidad de navegación entre masas de informaciones que se condensan en volúmenes cada día más pequeños.

Según un segundo enfoque, complementario, la tendencia contemporánea a la hipertextualización de los documentos puede definirse como una tendencia a la indistinción, a la mezcla de las funciones de lectura y de escritura. Consideremos primero el asunto del lado del lector. Si se define un hipertexto como un espacio de recorridos de lectura posibles, un texto aparece como una lectura particular de un hipertexto. El navegador participa, pues, en la *redacción* del texto que lee. Todo ocurre como si el autor de un hipertexto constituyese *una matriz de textos potenciales*, siendo el papel de los navegantes el realizar algunos de estos textos haciendo jugar, cada uno a su manera, la combinatoria entre los nudos. El hipertexto opera la virtualización del texto.

El navegante puede convertirse en autor de manera más profunda que recorriendo una red preestablecida: participando en la estructuración del hipertexto. No solamente tomando a su capricho lazos preexistentes, sino creando nuevos enlaces, aquellos que tendrán un sentido para él y en los cuales el creador del hiperdocumento no había pensado. Algunos sistemas pueden igualmente grabar los recorridos y reforzar (hacer más visibles, por ejemplo) o debilitar los enlaces en función de la manera en que son recorridos por la comunidad de navegantes.

Finalmente, los lectores pueden no sólo modificar los lazos sino también añadir o modificar nudos (textos, imágenes, etc.), conectar un hiperdocumento a otro y hacer así un sólo documento de dos hipertextos separados o, según la manera de enfocar las cosas, trazar enlaces hipertextuales entre una multitud de documentos. Subrayemos que esta práctica está hoy en día en pleno desarrollo en Internet, sobre todo en la red World Wide Web. En esas dos últimas figuras de la navegación, los hiperdocumentos ya no están registrados en un CD-ROM, sino que son accesibles en línea a una comunidad de personas. Cuando el sistema de visualización en tiempo real de la estructura del hipertexto (o su cartografía dinámica) está bien concebida, o cuando la navegación puede efectuarse de manera natural e intuitiva, los hiperdocumentos abiertos accesibles para una red informática son poderosos instrumentos de *escritura-lectura colectiva*.

En lo que concierne al autor, hoy en día constatamos que las grandes masas de informaciones recogidas por los hiperdocumentos vienen de fuentes muy diversas. La recogida y la introducción en red de estas informaciones pueden ser consideradas como una de sus «lecturas» posibles. El autor o más a menudo el equipo de realización utilizan además máquinas, programas, trazos de interfaces preexistentes en la constitución de su hiperdocumento. Éste resulta, de hecho, de una navegación particular entre unas informaciones, unos materiales y unos programas disponibles. El hiperdocumento editado es pues, por sí mismo, un recorrido en el seno de un hiperdocumento más vasto y más vago.

La escritura y la lectura intercambian sus papeles. Quien participa en la estructuración del hipertexto, en el trazado punteado de los posibles pliegues del sentido, ya es un lector. Simétricamente, quien actualiza un recorrido, o manifiesta tal o cual aspecto de la reserva documental, contribuye a la redacción, termina

momentáneamente una escritura interminable. Los recortes y los reenvíos, los caminos de sentidos originales que el lector inventa pueden ser incorporados a la estructura misma del corpus. Con el hipertexto toda lectura es una escritura potencial.

Actualidad del mundo virtual

Plano: la imagen de vídeo presenta una joven en carne y hueso que sopla una especie de silbato. Contraplano: sobre la pantalla, los granos de una flor de diente de león en imágenes de síntesis se sueltan de la extremidad del tallo y se elevan a todos los vientos. Plano: la joven sigue soplando en el mismo dispositivo. Contraplano: en la pantalla del ordenador, una pluma en imágenes de síntesis se eleva suavemente siguiendo las corrientes de aire virtuales modelizadas por Edmont Couchot, Michel Bret y Marie Hélène Tramus.

El CD-ROM *Actualité du virtuel*, publicado por la *Revue virtuelle* del Centro Pompidou, hace balance del estado de las realizaciones y de la reflexión concernientes a las artes de lo digital, de la interactividad y de la red. Se encuentran allí reunidas las 25 conferencias que han sido pronunciadas bajo los auspicios de la revista entre los años 1992 y 1996, así como ciento cincuenta extractos de obras y de dispositivos interactivos presentados al público.

Las imágenes de Karl Sims están animadas por programas de «vida artificial» que simulan el crecimiento, las mutaciones genéticas y las interacciones de poblaciones imaginarias. Fibrilaciones, expansiones de formas, propagaciones de colores y de intensidades, emergencias de figuras imprevistas animan las casillas de un extraño tablero que nunca es el mismo y que reacciona en tiempo real a las estimulaciones táctiles del espectador-interactuante.

Anne-Marie Duguet explica las afinidades profundas que unen las artes de lo virtual con el arte del vídeo y con las últimas investigaciones llevadas a cabo en el último medio siglo sobre las «instalaciones». Algunos pretenden que el arte de lo digital es nuevo porque la técnica lo es mientras que otros denuncian una mistificación. La palabra «mistificación» se vuelve roja cuando el cursor pasa sobre la línea donde se encuentra. Cuando se hace clic sobre esta palabra roja, se vuelve azul. Aparecen entonces en lo alto de la pantalla los títulos de los párrafos donde la noción de mistificación interviene en otras conferencias. Haga clic sobre el nombre de un párrafo cuyo autor es Jean-Baptiste Barrière, de l'Ircam. Se encuentra entonces frente a su texto. ¿Buscan las obras virtuales un nuevo «arte total» o los artistas del mundo digital no consiguen más que dar a luz videojuegos mejorados? A la izquierda, la co-

lumna del resumen le permite desplazarse rápidamente por el texto. En el extremo izquierdo se adivina el borde de una imagen interactiva ilustrando el texto, que puede deslizarse hacia el centro de la pantalla.

Delante del rostro digital programado por Keith Walters, usted se pregunta primero cómo reaccionar. Después se envalentona y se decide a desplazar la pequeña mano que ha reemplazado el cursor sobre el rostro de síntesis. Sorpresa: el rostro frunce el entrecejo, e intenta desesperadamente, por medio de mímicas frenéticas, desembarazarse del contacto molesto que usted le hace sufrir. Las reacciones no son las mismas según le «cosquillee» los ojos, la nariz o la boca.

De vuelta al texto de Jean-Baptiste Barrière, usted sigue el enlace hipertexto que lleva a una conferencia de Alain Le Diberder sobre los videojuegos, ésta también abundantemente ilustrada. De paso, usted clicca sobre «Glosario», lo cual hace aparecer en azul ultramar todas las palabras del párrafo que constituye el objeto de una definición circunstanciada y muy pedagógica. Basta con hacer clic sobre una de las palabras para obtener la explicación. De la conferencia de Alain Le Diberder, pasa a la de Florian Roetzer, que explica cómo los videojuegos están en línea con las nuevas competencias cognitivas requeridas para las nuevas formas de trabajo: velocidad, capacidad de manipulación de modelos complejos, descubrimiento de reglas no explícitas por exploración, etc.

Casi en todos los sitios, las ilustraciones declinan el tema de la interactividad. Aquí, un cuadro se transforma en función del desplazamiento de la mirada del espectador (la imagen del rostro del visitante es captada por una cámara escondida y analizada por un programa informático). Allí, se explora un entorno aguantando en el extremo del brazo una bola grande que representa el globo ocular. El dispositivo «deja ver» como si se tuviera el ojo al extremo de la mano. En otro lugar, se actúa sobre los movimientos de un enjambre de mariposas de síntesis desplazando el haz de una lámpara de bolsillo real sobre la superficie de proyección de la imagen.

Siguiendo los lazos hipertextos, se llega al texto de David Le Breton, que asegura que las tecnologías de lo virtual hacen desaparecer el cuerpo o lo cosifican, y que no son más que la continuación del viejo proyecto occidental, machista y judeo-cristiano de dominación de la naturaleza. Evidentemente David Le Breton no exploró Osmose. En la parte inferior de la pantalla, se muestran rostros de conferenciantes durante algunos segundos, remplazados pronto por otros rostros de conferenciantes. Intrigados, hacemos clic sobre el rostro de Derrick de Kerckove, que explica de viva voz que las tecnologías de lo virtual y de la telepresencia ex-

tienden y exaltan el sentido del tacto. He aquí que se contradice lo que acaba de leer. El CD-ROM está organizado de tal manera que simula una especie de conversación ficticia entre los conferenciantes, cada uno cita ejemplos apoyándose en sus tesis, el navegante sigue siendo el maestro del ritmo y de las orientaciones de esta conversación virtual, maestro del deshielo de este discurso plural grabado en el disco. Con el fin de que los exploradores no den vueltas, los enlaces utilizados una vez no se presentan una segunda vez en el transcurso de una misma sesión de consultas.

La imagen de un hombre se transforma progresiva e insensiblemente en imagen de mono: *morphing*. El medio digital es el medio de las metamorfosis.

Voxelmann, el atlas anatómico virtual, permite obtener todos los cortes imaginables sobre el modelo digital de un cuerpo. Increíble complejidad de los senos.

Five Into One, la ciudad virtual de Matt Mullican, pone en espacio tridimensional una concepción filosófica, una cosmología abstracta. ¿La imagen virtual anuncia una sensibilización del mundo de las ideas?⁵

El arce del Japón modelizado por el Centro internacional de investigación sobre la agricultura y el desarrollo (Cirad) se presenta primero bajo su aspecto invernal, con una banda-sonido del soplido del viento. Después las yemas crecen, las ramas se cubren de verde tierno, los pájaros gorjean. El follaje se hace más abundante, más tenso, su verde se oscurece, mientras que resuena el croar de las ranas característico de las noches de verano. Después, las hojas amarillean, enrojecen, caen, y vuelve a ser invierno. Poesía simple de las estaciones, sobrecogedora contracción del tiempo evocado por la imagen de síntesis.

¿Multimedia o unimedia?

La palabra «multimedia» se presta a tantas confusiones que parece necesario, antes de hablar de ella, definir un cierto número de términos clave del universo de la información y de la comunicación.

Lo que llamamos *media* (medios de comunicación) es el soporte o el vehículo del mensaje. El texto impreso, la radio, la televisión, el cine como Internet, por ejemplo, son medias.

5. Que la imagen virtual sea la representación del mundo de las ideas postulado por la filosofía, es una de las tesis del interesante librito de Jean-Clet Martin, *op. cit.*

La recepción de un mensaje puede poner en juego varias *modalidades perceptivas*. El texto impreso pone principalmente en juego la vista y, en segundo lugar, el tacto. Desde la llegada del cine sonoro, el cine implica dos sentidos: la vista y el oído. Las realidades virtuales pueden poner en juego la vista, el oído, el tacto y la cinestesia (sentido interno de los movimientos del cuerpo).

Una misma modalidad perceptiva puede autorizar la recepción de varios *tipos de representaciones*. Por ejemplo, el texto impreso (que sólo afecta a la vista) lleva el texto y la imagen. El disco audio (que sólo afecta al oído) permite transmitir la palabra y la música.

La *codificación*, analógica o digital, hace referencia al sistema fundamental de grabación y de transmisión de las informaciones. El disco de vinilo codifica el sonido de manera analógica mientras que el CD de audio lo codifica de manera digital. La radio, la televisión, el cine, la fotografía pueden ser analógicos o digitales.

El *dispositivo informacional* califica la estructura del mensaje o el modo de relación de los elementos de información. El mensaje puede ser lineal (como para la música ordinaria, la novela o el cine) o en red. Los hiperdocumentos codificados de manera digital no han inaugurado la estructura en red puesto que, lo hemos visto, un diccionario (en el cual cada palabra remite implícitamente a otras palabras y no se lee generalmente desde el principio hasta el final), una enciclopedia (con su índice, su tesoro y sus múltiples remisiones), una biblioteca (con sus ficheros y sus referencias cruzadas de un libro a otro) poseen ya una estructura reticular. El ciberespacio ha hecho surgir dos dispositivos informacionales originales en relación con los medios de comunicación anteriores: el mundo virtual y la información en flujo. El *mundo virtual* dispone las informaciones en un espacio continuo —y no en una red— y ello en función de la posición del explorador o de su representante en el mundo (principio de inmersión). En este sentido, un videojuego es ya un mundo virtual. La *información en flujo* designa los datos continuamente cambiantes y dispersados entre memorias y canales interconectados que pueden ser recorridos, filtrados y presentados al cibernauta según sus instrucciones gracias a agentes de programas, sistemas de cartografía dinámica de datos u otras ayudas a la navegación. Señalaremos que el mundo virtual y la informa-

ción en flujo tienden a reproducir a gran escala y gracias a soportes técnicos perfeccionados, una relación «no mediatizada» con la información. La noción de dispositivo informacional es, en principio, independiente del medio, de la modalidad perceptiva puesta en juego o del tipo de representación llevada por los mensajes.

Finalmente, el *dispositivo comunicacional* designa la relación entre los participantes de la comunicación. Se pueden distinguir tres grandes categorías de dispositivos comunicacionales: uno-todos, uno-uno y todos-todos. La prensa, la radio, la televisión están estructuradas por el principio uno-todos: un centro emisor envía sus mensajes a un gran número de receptores pasivos y dispersos. El correo o el teléfono organizan relaciones recíprocas entre interlocutores pero solamente según contactos de individuo a individuo o de punto a punto. El ciberespacio establece un dispositivo comunicacional original puesto que permite a comunidades constituir progresivamente y de manera cooperativa un contexto común (dispositivo todos-todos). En una conferencia electrónica, por ejemplo, los individuos participantes envían mensajes que pueden leer todos los otros miembros de la comunidad y todos pueden responder. La comunicación ininterrumpida sedimenta una memoria colectiva que emerge de la comunicación entre los participantes. Los mundos virtuales multiparticipantes, los sistemas para el aprendizaje o el trabajo cooperativo o, incluso, a una escala gigante, el WWW, pueden considerarse como sistemas de comunicación todos-todos. Una vez más, el dispositivo comunicacional es independiente de los sentidos implicados por la recepción, o del modo de representación de la información. Insisto sobre este punto porque son *los nuevos dispositivos informacionales (mundos virtuales, información en flujo) y comunicacionales (comunicación todos-todos) los portadores de las mutaciones culturales* y no el hecho que se mezcle el texto, la imagen y el sonido, como parece que queda subyacente en la noción borrosa de «multimedia».

El término «multimedia» significa, en principio, que se emplean varios soportes o varios vehículos de comunicación. Desgraciadamente, se hace muy raro que se utilice en este sentido. Hoy, la palabra se refiere generalmente a dos tendencias que sobresalen de los sistemas de comunicación contemporáneos: la multimodalidad y la integración digital.

Primeramente, la información tratada por los ordenadores ya no se refiere solamente a los datos cifrados o a textos (como era el caso hasta los años setenta) sino igualmente, y de manera creciente, a unas imágenes y a unos sonidos. Sería, pues, lingüísticamente mucho más correcto hablar de esto como informaciones o mensajes multimodales, puesto que ponen en juego varias modalidades sensoriales (la vista, el oído, el tacto, las sensaciones propioceptivas). El término «multimedia» empleado para designar los CD-ROM es, en mi opinión, engañoso. Si queremos decir «multimodal», no se describe suficientemente la especificidad de este nuevo soporte, pues una enciclopedia, o ciertos libros manipulables para niños, o folletos ilustrados acompañados de casetes (del tipo métodos de lengua) son ya multimodales (texto, imagen, sonido, tacto), incluso multimedias. Con todo rigor, habría que definir los CD-ROM y CD-I como *documentos multimodales interactivos de soporte digital, o, para abreviar, como hiperdocumentos*.

En segundo lugar, la palabra «multimedia» remite al movimiento general de digitalización que afecta, a más corto o a más largo plazo, a los diferentes medios que son la informática (por definición), el teléfono (en curso), los discos musicales (ya hecho), la edición (parcialmente realizada con los CD-ROM y CD-I), la radio, la fotografía (en curso), el cine y la televisión. Si la digitalización está en marcha a un ritmo forzado, la integración de todos los media sigue siendo una tendencia a largo plazo. Es posible que, por ejemplo, la televisión, incluso digital y aún más «interactiva» que hoy, siga siendo aún por mucho tiempo un medio relativamente distinto.

El término «multimedia» se emplea correctamente cuando, por ejemplo, la salida de una película da lugar simultáneamente a la puesta a la venta de un videojuego, a la difusión de la serie televisada, de camisetas, de juguetes, etcétera. En este caso, tenemos verdaderamente una «estrategia multimedia». Pero si se quiere designar de manera clara la confluencia de los medios separados hacia la misma red digital integrada, se debería emplear con preferencia la palabra «unimedia». El término «multimedia» tiene el riesgo de inducir a error, pues parece indicar una variedad de soportes o de canales, cuando la tendencia de fondo tiende por el contrario a la interconexión y a la integración.

En suma, cuando se oye o se lee el término «multimedia», en un contexto donde no parece designar un tipo particular de so-

CUADRO 1. Diferentes dimensiones de la comunicación

Media (medios de comunicación)	Definiciones	Ejemplos
<i>Modalidad perceptiva</i>	Soporte de información y de comunicación	Texto impreso, cine, radio, televisión, teléfono, CD-ROM, Internet (ordenadores + telecom), etc.
<i>Lenguaje</i>	Sentido implicado por la recepción de la comunicación	Vista, oído, tacto, olfato, gusto, cinestesia
<i>Codificación</i>	Tipo de representación	Lenguas, músicas, fotografías, dibujos, imágenes animadas, símbolos, danzas, etc.
<i>Dispositivo informacional</i>	Principio del sistema de grabación y de transformación de las informaciones	Análogica y digital
<i>Dispositivo comunicacional</i>	Relaciones entre elementos de información	<ul style="list-style-type: none"> • Mensajes de estructura lineal (textos clásicos, música, películas) • Mensajes de estructura en red (diccionarios, hiperdocumentos) • Mundos virtuales (la información es el espacio continuo; el explorador o su representante están inmersos en el espacio) • Flujo de informaciones
	Relación entre los participantes de la comunicación	<ul style="list-style-type: none"> • Dispositivo uno-todos, en estrella (prensa, radio, televisión) • Dispositivo uno-uno, en red (correo, teléfono) • Dispositivo todos-todos, en espacio (conferencias electrónicas, sistemas para el aprendizaje o el trabajo cooperativo, mundos virtuales multiparticipantes, WWW)

porte (véase la discusión sobre los CD-ROM) o de tratamiento, tenemos que ser caritativos con el enunciante y concederle la intención de designar *un horizonte de unimedia multimodal*, es decir, la constitución progresiva de una infraestructura de comunicación integrada, digital e interactiva.

Finalmente, la palabra «multimedia», cuando es empleada para designar la emergencia de un nuevo media, me parece particularmente inadecuada puesto que atrae la atención sobre las formas de *representaciones* (textos, imágenes, sonidos, etc.) o de soportes, cuando la principal novedad se encuentra en los *dispositivos informacionales* (en red, en flujo, en mundos virtuales) y el *dispositivo de comunicación* interactivo y comunitario, es decir, finalmente, en un modo de relación entre personas, en una cierta calidad de lazo social.

Simulaciones

Antes de hacer volar un avión por primera vez, se recomienda haber probado de una manera u otra la forma en que sus alas reaccionarán ante los vientos, la presión del aire y las turbulencias atmosféricas. Por razones de coste evidentes, sería incluso preferible tener una idea de la resistencia de las alas previamente a la construcción de un prototipo. A tal efecto, se puede construir un modelo reducido del aeroplano y someterlo a vientos violentos con un ventilador. Durante mucho tiempo, se ha procedido así. Las potencias de cálculo de los ordenadores aumentan y sus costes disminuyen, y ahora es más rápido y menos caro facilitar a un ordenador una descripción del avión, una descripción del viento, y pedirle que calcule a partir de esto una descripción del efecto del viento sobre las superficies que lo han de soportar. Se dice entonces que el ordenador ha *simulado* la resistencia al aire del avión. Para que el ordenador dé una respuesta correcta, las descripciones que se le proporcionan, tanto las del avión como las del viento, han de ser rigurosas, precisas, coherentes. Se llama *modelos* a estas descripciones rigurosas de los objetos o de los fenómenos que hay que simular.

El resultado de la simulación se puede facilitar bajo la forma de una lista de números binarios indicando, por ejemplo, la presión máxima sobre cada cm^2 de las alas. Pero el mismo resultado

puede obtenerse con imágenes fijas que representan el vientre y la espalda del avión, coloreándose cada cuadrado de la superficie en función de la mayor presión experimentada. Más que una imagen fija, el sistema de simulación puede proponer una representación en tres dimensiones, el ingeniero puede entonces hacer girar a voluntad la imagen del avión en la pantalla para observar su superficie desde todos los puntos de vista posibles. El sistema de simulación puede igualmente proponer una representación dinámica, de tipo dibujo animado, visualizando los fenómenos de remolino, la presión sufrida, la temperatura y otras variables importantes (según elecciones) a medida que el viento sopla más fuerte. Finalmente, el sistema de simulación puede autorizar al ingeniero a modificar fácilmente ciertos parámetros de la descripción del viento, o la forma y las dimensiones del avión, y a visualizar inmediatamente el efecto de éstas modificaciones. Hemos pasado insensiblemente de la noción sencilla de simulación digital a la noción de *simulación gráfica interactiva*. El fenómeno simulado es visualizado, se puede actuar en tiempo real sobre las variables del modelo y observar inmediatamente en la pantalla las transformaciones que esto provoca. Se pueden simular de manera gráfica e interactiva fenómenos muy complejos o abstractos, de los que no existe ninguna «imagen» natural: dinámicas demográficas, evolución de especies biológicas, ecosistemas, guerras, crisis económicas, crecimiento de una empresa, presupuestos, etcétera. En este caso, la modelización traduce de manera visual y dinámica aspectos ordinariamente no visibles de la realidad y tiene que ver, pues, con una especie particular de *realización escénica*.

Estas simulaciones pueden servir para observar fenómenos o situaciones según todas las variaciones imaginables, para afrontar el conjunto de consecuencias e implicaciones de una hipótesis, para conocer mejor objetos o sistemas complejos o explorar universos ficticios sobre un modelo lúdico. Repitamos que todas las simulaciones reposan en descripciones o modelos digitales de los fenómenos simulados y que no valen más que lo que valen estas descripciones.

«Lugares»

La segunda instalación de Jeffrey Shaw, a raíz de la muestra «Artífices» de 1996, se llama «Places» en inglés o «Lugares» en español. En el centro de una gran sala de forma cilíndrica se en-

cuentra una torre sobre la cual el visitante puede hacer girar una especie de cañón que proyecta sobre el muro circular, que hace de pantalla, una imagen a 120 grados. Después de haberse familiarizado con el manejo del aparato (girar a la izquierda o a la derecha, avanzar o retroceder en la imagen), el visitante empieza a explorar el universo que le es propuesto. Se trata de un complejo de 11 cilindros aplastados, comparables en su forma a la sala donde se encuentra la instalación. Cuando el visitante ha conseguido penetrar (virtualmente) en uno de los cilindros, un mando especial le permite instalarse automáticamente en el centro y efectuar una panorámica. Al realizar una rotación completa, el cañón de imagen proyecta sobre la pared de la sala el panorama «contenido» en el cilindro. Se descubre, por ejemplo, un paisaje industrial de grandes depósitos de gas, gasolina y petróleo, o bien, en otro cilindro, una vista magnífica de cimas nevadas y de bosques alpinos. Hay que notar que el visitante sobre su torre «gira» con el cañón de imágenes de modo que siempre está frente a la imagen proyectada, pero que, detrás de él, 240 grados de pantalla mural circular quedan blancos. El visitante está, pues, en situación de «crear» y de «proyectar» la imagen explorada, mientras que ésta no tiene ninguna permanencia independiente de sus actos sensoriomotores de actualización. Al desplazarse siempre en línea recta en este mundo virtual, realiza su naturaleza fundamentalmente circular, pues, incluso si los cilindros parecen dispuestos sobre un plano infinito, una vez sobrepasado el undécimo, se vuelve a caer en el primero. La estructura «curva» de este territorio virtual, como el dispositivo circular de actualización de los panoramas, ilustra bastante bien la característica de las «nuevas imágenes» de la cibercultura: son imágenes sin bordes, sin marcos, sin límites. Se está inmerso en un universo visual encerrado sobre sí mismo que nos envuelve a medida que se le hace nacer. Detrás, no hay nada. Pero basta con girarse para hacer surgir la imagen y reconstituir un mundo continuo.

Muchos visitantes alrededor suyo están interesados de momento en el dispositivo, quieren manejar los mandos, exploran el mundo virtual haciendo girar la torre como si condujeran un carro de asalto en el desierto. Después se cansan: «Es divertido. Pero, ¿qué ha querido decir?» dejan entonces el sitio a otros visitantes, aquellos que, esperando en la sala, se encontraban instantes antes entre el cañón de imagen y la pared, proyectando así su sombra sobre el paisaje virtual.

De las artes del mundo virtual se espera a menudo una fascinación espectacular, una comprensión inmediata, intuitiva, sin cultura. Como si la novedad del soporte tuviese que anular la profundidad temporal, la espesura de los sentidos, la paciencia de la con-

templación y de la interpretación. Pero la cibercultura no es justamente la civilización del *zapping*. Antes de encontrar lo que se busca sobre el World Wide Web, hay que aprender a navegar y a familiarizarse con el sujeto. Para integrarse a una comunidad virtual, hay que conocer a sus miembros y que le reconozcan como uno de ellos. Las obras y los documentos interactivos no dan generalmente ninguna información ni ninguna emoción, *inmediatamente*. Si no se les pregunta, si no se toma el tiempo de explorarlos o de comprenderlos, quedarán cerrados. Lo mismo pasa con las artes del mundo virtual. Nadie se escandaliza del hecho de que se necesite conocer la vida de los santos cristianos para comprender los frescos religiosos de la Edad Media, las especulaciones esotéricas del Renacimiento o los proverbios flamencos para leer los lienzos del Bosco, o conocer un mínimo de mitología para percibir el tema de los cuadros de Rubens.

Pensad en esto al escuchar los comentarios decepcionados de otros visitantes. Pocos de entre ellos parecen haber reconocido el árbol sefirótico de la cábala en el mundo virtual propuesto por Jeffrey Shaw. El diagrama del árbol está impreso a modo de plano del mundo virtual al lado de los mandos del «cañón». En efecto, la disposición de los cilindros es idéntica a la de las sefirot (dimensiones de lo divino) en los esquemas de la tradición mística judía. Además, cada panorama contenido en los cilindros ilustra la significación de la sefirá. Por ejemplo, el paisaje de montaña correspondiente a la sefirá *keter*, que evoca el contacto con el infinito y la trascendencia; el panorama de los grandes depósitos industriales expresa la sefirá *maljut*, la de la inmanencia, de las reservas de energía y de los tesoros de buenas acciones que Dios destina a las criaturas.

Con esta obra, Jeffrey Shaw ha querido proponer un mundo virtual que no sea la representación o la simulación de un lugar tridimensional físico o realista (incluso si es imaginario). El visitante está invitado a explorar un espacio diagramático y simbólico. Aquí, el mundo virtual no hace pensar en una ilusión de la realidad, sino en otro mundo virtual, no técnico, eminentemente real aunque no esté nunca «ahí» a modo de una entidad física. No hay ninguna señal de representación en la obra de Jeffrey Shaw. Los paisajes fotográficos simbolizan aquí lo infigurable, y las disposiciones respectivas de los cilindros dan a leer las relaciones abstractas entre los atributos o las energías del Adán primordial. El único rastro de presencia concreta en el dispositivo son las sombras de los visitantes que agujerean la imagen virtual, señales intempestivas de lo viviente que molestan el orden simbólico y que evocan esta sentencia del Talmud: Dios es la sombra del hombre.

Escala de los mundos virtuales

Ciertos sistemas informáticos están concebidos:

- para *simular* una interacción entre una situación dada y una persona;
- para permitir al explorador humano un control estricto y en tiempo real de su representante en el modelo de la situación simulada.

Tales sistemas dan al explorador del modelo la sensación subjetiva (aunque casi nunca la ilusión completa) de *estar en interacción personal e inmediata con la situación simulada*.

En el ejemplo de la simulación de la resistencia de las alas a la presión del viento, el explorador podía sin duda modificar el ángulo visual, la visualización de las variables pertinentes, la velocidad del viento o la forma del avión, pero él mismo no estaba representado en el modelo. Se trataba del exterior. Pero permanecemos en la aviación y consideremos ahora un simulador de vuelo. En un sistema tal, el aprendiz navegante se encuentra en una cabina de pilotaje que se parece a las cabinas reales; consulta cuadrantes y pantallas que son idénticas a las que adornan las cabinas de pilotos verdaderas; sujeta las manecillas y los mandos parecidos a los de un avión que vuela. Pero, en lugar de comandar el vuelo de un avión, sus actos alimentan en datos un programa informático de simulación. En función del flujo de los datos emitidos por el aprendiz piloto, de modelos digitales muy precisos del avión y del lugar geográfico, el programa va a calcular la posición, la velocidad y la dirección que tendría un verdadero avión en respuesta a estos comandos. Como estos cálculos se efectúan a la velocidad del rayo, el sistema de simulación proyecta sobre la pantalla el paisaje exterior que el piloto vería, muestra en los cuadrantes las cifras que leería, etc.

La realidad virtual

La «realidad virtual», en el sentido más fuerte del término, designa un tipo particular de simulación interactiva, en la cual el explorador tiene la sensación física de estar inmerso en la situa-

ción definida por una base de datos. El efecto de inmersión sensorial se obtiene generalmente gracias al uso de un casco especial y de guantes de datos. El casco contiene dos pantallas colocadas a algunos milímetros de los ojos del portador y que le dispensan una visión estereoscópica. Las imágenes mostradas en las pantallas están calculadas en tiempo real en función de los movimientos de la cabeza del explorador, de manera que pueda tomar conocimiento del modelo digital como si estuviera situado «dentro» o «del otro lado de la pantalla». Los auriculares estereofónicos completan la sensación de inmersión. Por ejemplo, un sonido que el explorador oye a la izquierda será obtenido a la derecha después de un giro de 180 grados. Los guantes de datos permiten manipular objetos virtuales. Dicho de otro modo, el explorador ve y siente que la imagen de su mano en el mundo virtual (su mano virtual) está gobernada por movimientos efectivos de su mano y puede modificar el aspecto o la posición de objetos virtuales. Simples movimientos de mano transforman el contenido de la base de datos, esta modificación es remitida al explorador inmediatamente y de un modo sensible. El sistema calcula en tiempo real las imágenes y los sonidos testimoniando la modificación intervenida en la descripción digital de la situación y reenvía estas imágenes y estos sonidos a las gafas pantalla y a los auriculares del explorador. Diversos procedimientos técnicos (mecánicos, magnéticos, ópticos) son utilizados para captar los movimientos de la cabeza y de la mano del explorador. Se requiere una gran potencia de tratamiento para calcular imágenes de alta definición en tiempo real, lo que explica el carácter esquemático que tenían muchos «mundos virtuales» en 1996. Diversas investigaciones se llevan a cabo activamente para mejorar la calidad visual y sonora de los sistemas de realidad virtual y para remitir a los exploradores sensaciones táctiles y propioceptivas finas.

Al mantener la *interacción sensoriomotriz con el contenido de una memoria informática*, el explorador obtiene la ilusión de una «realidad» en la cual estaría sumergido; la que describe la memoria digital. De hecho, un explorador de realidad virtual no puede olvidar que el universo sensorial en el que está sumergido no es más que virtual, pues las imágenes y los sonidos no tendrán mucho tiempo la definición que tienen en el cine, porque siempre existe un ligero desfase entre los movimientos y sus re-

percusiones sensoriales, porque los equipamientos son bastante pesados y porque, sobre todo, el explorador *sabe* que interactúa con una realidad virtual. Como el cine o la televisión, la realidad virtual es del orden de la *convención*, con sus códigos, sus ritos de entrada y de salida. No se confunde ya la realidad virtual con la realidad ordinaria igual que no se confunde una película o un juego con la «realidad verdadera».

*La virtualidad en el sentido del dispositivo informacional
(sentido más débil que el anterior)*

Un mundo virtual puede simular fielmente el mundo real, pero según escalas inmensas o minúsculas. Puede permitir al explorador construirse una imagen virtual muy diferente de su apariencia física cotidiana. Puede simular entornos físicos imaginarios o hipotéticos, regidos por otras leyes que las que gobiernan el mundo ordinario. Puede finalmente simular espacios no físicos, de tipo simbólico o cartográfico, que autorizan una comunicación por universos de signos compartidos.

Un mapa no es una foto realista sino una semiotización, una descripción útil de un territorio. Por analogía, un mundo virtual puede pertenecer más a la familia de los mapas que a la familia de los calcos o de las ilusiones. Además, el territorio cartografiado o simulado por el mundo virtual no es necesariamente el universo físico tridimensional. Puede hacer referencia a modelos abstractos de situaciones, universos de relaciones, complejos de significaciones, conocimientos, juegos de hipótesis, incluso combinaciones híbridas de todos estos «territorios».

En el sentido más débil del que implica una ilusión sensorial «realista», la noción de mundo virtual no implica forzosamente la simulación de espacios físicos ni el uso de equipamientos pesados y costosos tales como los cascos para visión estereoscópica y los guantes de datos.

Los dos trazos distintivos del mundo virtual, en este sentido más débil, son la inmersión y la navegación por proximidad. Los individuos o los grupos participantes están inmersos en un mundo virtual, es decir que ellos tienen *una imagen de sí mismos y de su situación*. Cada acto del individuo o del grupo modifica el mundo virtual y su imagen en el mundo virtual. En la navegación por

proximidad, el mundo virtual *orienta* los actos del individuo o del grupo. Además de los instrumentos de investigación y de direccionamiento clásicos (índice, enlaces hipertextuales, búsquedas por palabras clave, etc.), las localizaciones, búsquedas y comunicaciones se hacen *por proximidad* en un espacio continuo. Un mundo virtual, incluso no «realista», está fundamentalmente organizado por una modalidad «táctil» y propioceptiva (real o traspuesta). El explorador de un mundo virtual (no necesariamente «realista») debe poder controlar su acceso a una inmensa base de datos según los principios y los reflejos mentales análogos a aquellos que le hacen controlar el acceso a su entorno físico inmediato.

Un número creciente de programas y la mayoría de los videojuegos se basan en un principio idéntico de cálculo en tiempo real de una interacción de un modelo digital del explorador con el modelo de una situación, entendiéndose que el explorador controla los hechos y los gestos del modelo que lo representa en la simulación.

La virtualidad informática (sentido todavía más débil)

Una imagen será virtual si *su origen es una descripción digital en una memoria informática*. Notemos que, para ser percibida, la imagen debe brillar en una pantalla, ser impresa sobre papel, sensibilizada en una película, y su código binario debe, pues, ser traducido. Si se quisiera mantener un paralelo con el sentido filosófico, se diría que la imagen es virtual en la memoria del ordenador y actual en la pantalla. La imagen es aún más virtual, si es posible, cuando su descripción digital no constituye un depósito estable en la memoria del ordenador, sino cuando está calculada en tiempo real por un programa a partir de un modelo y de un flujo de datos de entradas.

Los hipertextos, hiperdocumentos, simulaciones y, en general, todos los objetos de programas tales como los programas informáticos, las bases de datos y sus contenidos dependen de una virtualidad informática en sentido débil. Esta virtualidad, nacida de la globalización, designa el proceso de engendramiento automático, o de cálculo de una gran cantidad de «textos», de mensajes, de imágenes sonoras, visuales o táctiles, de resultados

de todas clases, en función de una matriz inicial (programa, modelo) y de una interacción en curso.

Para el espectador, un dibujo animado proyectado en sala o visto en la televisión, incluso si está hecho por ordenador, sigue siendo de la misma naturaleza que un dibujo animado calcado a mano. Que algunos efectos especiales sean de origen digital no cambia la naturaleza de la relación con la imagen. Sólo el equipo de realización ha tenido verdaderamente que ver con la virtualidad. Por el contrario, en un videojuego, el jugador se enfrenta al carácter virtual de la información. El mismo soporte del juego contiene (¡virtualmente!) una infinidad de partidas, es decir, secuencias de imágenes diferentes de las que el jugador sólo actualizará una parte.

Los manuales de instrucciones técnicas acompañan una instalación industrial. Estos manuales despliegan en sus páginas, textos, esquemas, leyendas, índices, la totalidad de la información que contienen. Todo está explicitado allí. Si la instalación es suficientemente compleja (avión de guerra, nave espacial, central nuclear, refinería, etc.), es imposible hacer la lista de todas las situaciones de las averías posibles. El manual se contenta con dar ejemplos de casos frecuentes e indicar algunos principios de resolución de problemas para los otros casos. En la práctica, únicamente los técnicos experimentados podrán reparar las averías.

Por el contrario, en informática, un sistema experto de ayuda a la solución de averías de la misma instalación sólo contiene explícitamente algunos centenares o miles de reglas (que se concentran en algunas páginas). En cada situación particular, el usuario alimenta el sistema con «hechos» y describe el problema al que se enfrenta. A partir de la «base de reglas» y de estos «hechos», el programa elabora un razonamiento adaptado y una respuesta precisa (o un abanico de respuestas) a la situación del usuario. De esta manera, incluso los menos experimentados podrán reparar sus averías. Si se hubiera tenido que imprimir (actualizar por adelantado) todas las situaciones, todos los razonamientos y todas las respuestas, se hubiera obtenido un documento de millones o de miles de millones de páginas, imposible de utilizar. Es el carácter virtual del sistema-experto que hace de él un instrumento más perfeccionado que el simple manual sobre papel. Sus respuestas (en cantidades prácticamente infinitas) no preexisten más que virtualmente. Son calculadas y actualizadas en situación.

Un mundo virtual en el sentido débil es un universo de posibles calculables a partir de un modelo digital. Al interactuar con el mundo virtual, los usuarios lo exploran y lo actualizan a la vez. Cuando las interacciones tienen el poder de enriquecer o de modificar el modelo, el mundo virtual se convierte en un vector de inteligencia y de creación colectiva.

Ordenadores y redes de ordenadores aparecen entonces como la infraestructura física del nuevo universo informacional de la virtualidad. Cuanto más se extienden, cuanto más aumenta su potencia de cálculo, su capacidad de memoria y de transmisión, más se multiplican los mundos virtuales en cantidad y se desarrollan en variedad.