

# Petite histoire de l'image numérique : le fil rouge de l'interactivité



Pierre Barboza - Maître de conférences en Sciences de l'Information et de la Communication, Université de Paris 13

**P**armi les nombreuses innovations technologiques qui ont marqué l'histoire des images, celles liées à l'informatique sont à examiner avec une attention particulière. En effet, avec le codage numérique, une technologie de l'image présente cette particularité de séparer totalement le support de stockage des informations qui décrivent l'image du support de perception du message iconique. Cette séparation a pour conséquence que les informations stockées en mémoire sont susceptibles de faire l'objet de modifications telles qu'elles donnent l'illusion d'un dialogue avec l'image visuelle. En d'autres termes, l'interactivité serait une conséquence majeure du codage numérique des images.

En portant notre attention sur l'histoire des premières images numériques, nous essaierons de préciser les raisons pour lesquelles le choix du numérique a pu être fait. Si l'image a été progressivement numérisée, c'est bien pour obtenir des bénéfices que les précédentes technologies ne permettaient pas d'obtenir. Dans les deux grandes filières de l'image numérique, celle de la capture et celle de la synthèse, une intention commune visant à exploiter le potentiel interactif du numérique est clairement repérable.

Dans une très large mesure, l'histoire des images numériques reste à faire. Le regard rétrospectif que nous proposons se borne à un repérage au sein des projets militaires, industriels et scientifiques. Il s'agit donc surtout ici de contribuer à inscrire les analyses portant sur ce nouvel objet dans le contexte et les motivations qui l'ont fait naître. Qu'ils s'agissent des images calculées issues de la capture<sup>2</sup> ou de la synthèse<sup>3</sup>, il semble bien qu'un fil rouge les relie : la volonté de les rendre

interactive, c'est-à-dire, de pouvoir agir sur elle de telle sorte qu'elles fournissent des informations supplémentaires et différentes.

## Du signal à l'image

Dans les années qui suivent la Seconde Guerre mondiale aux États-Unis et en Grande-Bretagne, des équipes de chercheurs mettent au point des dispositifs d'images divers qui résultent de la détection et de la numérisation de signaux électromagnétiques mais qui répondent à des projets différents. Les Anglais utilisent le codage numérique dans le dessein de rendre l'image plus précise et surtout plus lisible. De leur côté, les Américains s'attachent à inventer des dispositifs de visualisation qui accroissent l'accès à des informations contextuelles. Des deux rives de l'Atlantique se façonnent ainsi les nouvelles fonctionnalités des images qui, aujourd'hui, circulent sur le Web ou sont familières aux usagers du logiciel Photoshop.

Les années trente et quarante au XX<sup>e</sup> siècle ont connu une très forte implication des chercheurs et des ingénieurs dans des programmes militaires visant à la mise au point de la bombe atomique. La Guerre froide entre les pays occidentaux et l'Union soviétique consolide cette collaboration entre militaires et scientifiques. Dès lors que les deux camps se sont dotés de l'arme nucléaire, les projets de recherche s'orientent aussi vers des objectifs défensifs. L'image numérique naîtra de ce contexte de hautes tensions.

Le réseau américain de défense continental SAGE, *Semi Automatic Ground Environment*, est mis en chantier au tout début des années cinquante pour répondre à des impératifs de surveillance du ciel nord-américain. Ce système

Pierre Barboza

Petite histoire de l'image numérique :  
le fil rouge de l'interactivité

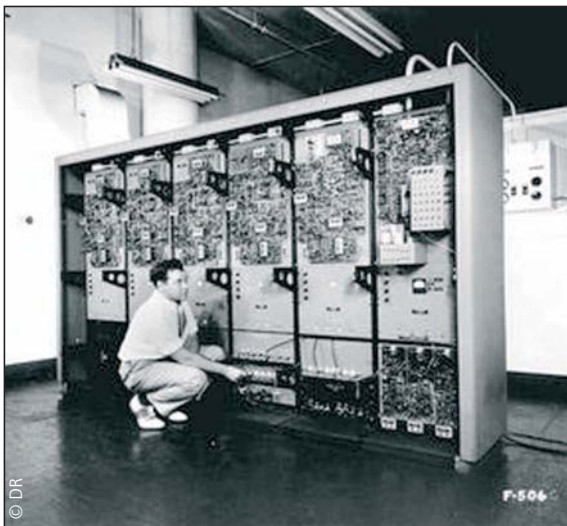
a pour but de synthétiser les données récoltées par une quinzaine de radars afin de pouvoir obtenir une visualisation globale et précise du trafic aérien. Le projet consiste à coordonner les détections radars, à les transmettre sans « bruit » à distance, puis à transformer ces informations en message iconique sur un moniteur.

La théorie de l'information exposée par Claude Shannon avait établi que la quantification des informations permettait de transmettre de façon fiable des messages par l'intermédiaire de machines à condition qu'elles puissent les traiter indépendamment de leur signification. L'ordinateur s'est vite imposé comme la meilleure machine susceptible de répondre à cette exigence. Le codage numérique se révélait

mental de défense ne devient ainsi opérationnel qu'en 1958 quand un programme informatique est en mesure de convertir les coordonnées de l'écho d'un radar, d'en afficher la représentation graphique sur un écran et d'effectuer simultanément ces mêmes opérations avec les douze autres radars militaires de la surveillance aérienne. Ce programme transmet non seulement des informations mais fournit en même temps une représentation géographique du trafic dans le ciel nord américain.

### Interactivité de contextualisation

Toutefois, le choix de la numérisation ne correspondait pas à ce seul objectif, car des dispositifs de type analogique, moins



Le *Whirlwind*

dès lors comme une solution d'autant plus « économique » que les données de description comme les instructions des programmes de traitement relevaient du même codage. Cette considération technique aura des conséquences capitales concernant l'interactivité. Mais, en attendant, pour numériser et transmettre des signaux émis en continu à partir de plusieurs radars, la conception d'un ordinateur conséquent est nécessaire.

À partir du mois de décembre 1950, Jay Forrester, ingénieur au laboratoire de servomécanique du M.I.T. (Massachusetts Institute of Technology) à Boston s'attache à construire ce nouvel ordinateur, le *Whirlwind*, afin de permettre l'affichage graphique instantané de données. Le réseau conti-



*Whirlwind*. Une des allées de la salle machine.

Caractéristiques techniques du *Whirlwind* :

- 27 instructions - 20 000 instructions par seconde
- Mémoire : 1024 registres de 16 bits
- Entrée-sortie de données par clavier/ruban perforé (flexowriter)
- Affichage de graphiques sur écran cathodique en 323 pixels par 32
- surface occupée : 300m<sup>2</sup>
- consommation 150 000 W
- La machine fut en production jusqu'en mai 1959

coûteux, aurait pu y parvenir. En effet, ce résultat pouvait être obtenu par un processeur graphique analogique du type de celui que John Withney met au point à la fin des années quarante. Mais outre la fidélité des transmissions, le codage numérique présente l'avantage supplémentaire de permettre à des utilisateurs d'interagir avec l'image.

La première image numérique issue des calculs du *Whirlwind* est plus qu'une cartographie exacte du ciel, elle est dynamique en un double sens. D'une part, elle se transforme en temps réel en fonction des différentes informations fournies par les repérages radars et d'autre part, elle est dynamique parce que chaque point de l'image est une donnée autonome du reste de l'image et, donc, susceptible de traitements

Petite histoire de l'image numérique :  
le fil rouge de l'interactivité

Pierre Barboza

spécifiques indépendants. Le choix du numérique pour la quantification des signaux est également lié à cette seconde propriété qui autorise d'associer à des points donnés de l'image des « fenêtres » qui fourniront des informations documentaires associées.

Conçu par un autre chercheur, Robert Everett, un pointeur optique permet de désigner l'une des bases aériennes figurant sur l'écran de surveillance. De cette façon, les informations, relatives à chacun des avions de chasse prêts au décollage dans la base choisie pouvaient être obtenues automatiquement. L'ordinateur qui conservait en mémoire les coordonnées des appareils de chasse disponibles, pouvait aussi calculer et proposer des itinéraires d'interception. On reconnaît sans peine dans le pointeur d'Everett l'ancêtre de la souris popularisée par le *Macintosh* d'Apple. Nous retiendrons que le graphisme numérique introduit dès sa naissance une nouvelle façon de communiquer avec l'image par le geste interactif.



Wilhelm Conrad  
Röntgen

Cette première forme d'interactivité porte sur la liaison d'une partie de l'image avec des documents qui en assurent une meilleure compréhension. Dans le cadre du projet SAGE, il s'agissait surtout de rendre l'image davantage opératoire, de l'instrumentaliser en vertu d'un objectif de défense territoriale. Ainsi, l'image numérique offre au récepteur la possibilité d'obtenir des messages de contextualisation par affichage de nouvelles « fenêtres ». Aujourd'hui, les cédéroms et la plupart des sites web exploitent ce type de fonctionnalité dynamique en inscrivant dans la linéarité temporelle ce que l'espace statique de la page avait depuis longtemps proposé au lecteur dans les encyclopédies illustrées ou la presse magazine.

Cette fonctionnalité de l'image numérique est conditionnée par l'indépendance entre le support de stockage de l'image où s'effectuent des traitements et la surface de visualisation qui, seule, en permet la compréhension par un être humain. Cette indépendance a également été mise à profit pour

traiter le contenu de l'image elle-même, afin d'accroître sa lisibilité par un acteur humain. Cette seconde forme d'interactivité sur l'image est née d'un projet d'ordre médical : numériser des radiographies du corps humain pour établir des diagnostics pertinents.

### La représentation numérique de l'invisible

L'idée de relier un ordinateur et un appareil de radiographie à rayons X revient à Godfrey Hountfield, ingénieur employé par la société d'édition discographique anglaise E.M.I. En 1957, il a l'ambition d'automatiser une tâche essentielle de l'industrie du disque : l'inspection de conformité des mi-



1<sup>re</sup> radiographie  
de la main

crosillons de vinyle. Parmi les sources d'analyse et de repérage envisagés, Hountfield retient le rayon X, procédé qui a fait ses preuves dans le contrôle de fabrication industrielle des pièces de précision. Ce projet suscite l'intérêt des milieux médicaux et, très vite, le ministère de la Santé de Grande-Bretagne engage une collaboration avec

la société E.M.I. et Godfrey Hountfield afin de mettre au point une nouvelle machine capable de visualiser l'intérieur du corps humain.

La radiologie, mise au point en 1895 par le physicien allemand Wilhelm Conrad Röntgen, permet d'enregistrer sur une plaque photosensible l'image de l'intérieur du corps humain. Quelques années plus tard, l'idée de donner du relief à ces images radiologiques conduit à une première version de la tomographie médicale qui s'appuie sur les recherches mathématiques en géométrie tridimensionnelle de Johan Random. Pour obtenir une image du corps en trois dimensions, il faut associer une grande quantité de clichés pris sous des angles différents. Il faut surtout effectuer un si grand nombre de calculs que la tomographie demeurera peu praticable jusqu'à ce que le codage numérique soit adopté. Hountfield reprend le principe de la tomographie, mais il compte sur l'ordinateur pour effectuer le plus rapidement possible les nombreuses transformations algébriques de

Pierre Barboza

Petite histoire de l'image numérique :  
le fil rouge de l'interactivité

Random. La plaque radiographique est remplacée par des détecteurs électroniques chargés de mesurer l'intensité des rayons. L'automatisation du procédé de tomodynamométrie ou scanographie devra, à partir du balayage horizontal de chaque tranche du corps, effectuer des centaines de milliers de calculs pour obtenir une image en trois dimensions. Le scanner de Godfrey Hounsfield est mis en service en 1972 à l'hôpital Atkinson Morley de Londres.

Le codage numérique permet, ici, de faciliter et d'accélérer les multiples opérations nécessaires à l'obtention d'une image. Hounsfield et ses collaborateurs s'aperçoivent rapidement des bénéfices que ce choix peut apporter au diagnostic médical en agrégeant un traitement en « fausses couleurs » à l'image du scanner. Ce principe de traitement du signal s'avérera suffisamment fécond pour que d'autres types d'images médicales s'en inspirent. Hounsfield, bien que n'ayant jamais suivi d'études médicales, obtient le prix Nobel de médecine en 1979, au moment où il oriente ses recherches vers la résonance magnétique nucléaire (RMN).

### Interactivité de lisibilité



Imagerie par résonance magnétique

Le projet de scanographie s'oriente vers une nouvelle forme d'interactivité quand un opérateur a la possibilité de dialoguer avec le support de stockage de l'image pour transformer le message visuel. La séparation entre le stockage et la visualisation est maintenant mise à profit pour opérer des traitements internes à l'image qui n'en altèrent pas l'objectivité, mais qui, au contraire, doivent en améliorer le « rendement » cognitif.

Issue de détections opérées à l'intérieur du corps humain, l'image numérique médicale n'a plus le caractère objectif et passif de la photographie ou de la vidéographie. En codant à l'aide de fausses couleurs certaines intensités de rayonnement, ces images vont au-delà de la seule reproduction du réel pour mettre en évidence certains des caractères de

la réalité observée. En coloriant de façon homogène les valeurs de signaux dont on sait qu'elles correspondent statistiquement à une pathologie donnée, comme un niveau de rayonnement, pour certains corps mous ou denses, le diagnostic est alors délégué à l'image.

Pour s'approcher de la vérité, c'est-à-dire d'une construction opératoire, les chercheurs et les ingénieurs associent des hypothèses représentationnelles et des traitements automatisés de signaux. Bref, ils n'opposent plus la réalité tangible et les représentations de l'esprit, mais les fusionnent. C'est en fonction du phénomène que l'on cherche à mettre en évidence que les choix chromatiques se décident : ils permettent de visualiser un savoir.

Faibles ou intenses, ondes ou particules, les électrons ou les photons que produisent les rayonnements de la matière peuvent être mesurés et traités par des algorithmes. Ces algorithmes reposent sur la sélection des signaux considérés comme « pertinents » pour ensuite les amplifier et les coloriser. Ainsi le corps invisible devient lisible grâce à la magie de la « lumière » numérique.

Après l'invention du scanner, d'autres techniques, fondées sur les mêmes principes, vont se développer dans le champ médical et dans l'ensemble des imageries scientifiques, en astronomie notamment. Parallèlement, une génération d'artistes vidéos, comme Ed Emschwiller, Dan Sandin ou Nam June Paik, vont investir ces technologies de l'image pour forger un moyen d'expression novateur en combinant des synthétiseurs vidéo et des systèmes informatiques.

On peut mesurer la distance qui sépare ces images numériques des considérations de Barthes sur la photographie quand il montrait dans *La Chambre claire* qu'elle est « inclassable parce qu'il n'y a aucune raison de marquer telle ou telle de ses occurrences ». Au contraire, les images numériques n'existent et ne fonctionnent que dans l'ordre du code et du contrôle. Cette remarque, valable pour les images numériques issues de la capture, l'est encore davantage concernant les images de synthèse engendrées par le seul calcul. On y retrouve le même affranchissement du stockage par rapport à la visualisation et donc le même potentiel de traitement et d'interactivité avec toutefois des caractéristiques nouvelles.

**De l'image vectorielle à la synthèse de l'image**

Les collègues de Jay Forrester qui travaillaient sur le *Whirlwind* avaient par ailleurs conçu le premier jeu informatique interactif qui consistait à faire rebondir une balle, composée de quelques pixels blancs, sur une raquette formée d'une petite ligne droite. La raquette était asservie à des commandes de clavier et, ainsi, manipulée par le joueur. De son côté, la balle était associée à un programme indiquant des réactions correspondantes aux emplacements de la raquette. Sous cette forme primitive, un dialogue était instauré entre une image dotée d'un comportement et un joueur par l'intermédiaire d'une interface. Le calcul n'est pas seulement une nouvelle manière de fabriquer des images,

l'écran et est à l'origine des programmes de conception assistée par ordinateur.

En 1968, Sutherland fonde avec Ivan Evans, la société Evans & Sutherland à Salt Lake City. L'entreprise va exploiter les potentialités du Sketchpad en s'associant à I.B.M. dans le dessein de fabriquer des postes de travail infographiques polyvalents, c'est-à-dire utilisables pour toutes les catégories de dessins scientifiques et techniques.

Ce projet industriel de CAO débouche sur l'image de synthèse. De la même manière que le programme Sutherland mémorisait automatiquement les coordonnées d'un dessin, l'infographiste, pour créer une image de synthèse, communique à l'ordinateur une description de l'image sous la



Ivan Sutherland à la console du TX2, travaillant sur *Sketchpad* (MT, 1963)



Le premier casque de réalité virtuelle réalisé par Sutherland et Sproull (Harvard, 1967)

il transforme la nature même de l'image en lui attribuant un comportement.

En 1961, Ivan Sutherland, dans le cadre de la thèse qu'il poursuit au M.I.T, met au point un programme graphique le *Sketchpad* (le calepin). Au départ, le graphisme du *Sketchpad* est presque aussi élémentaire que celui du jeu de ping-pong, mais il innove en raison de son fonctionnement interactif. Cet outil graphique présente la particularité d'analyser et d'enregistrer les coordonnées cartésiennes des points désignés sur l'écran à l'aide d'un pointeur optique. Pour tracer une ligne, il faut cocher un point d'origine et le tirer comme avec un élastique jusqu'au point final : le programme de Sutherland calcule automatiquement tous les points intermédiaires. Ce système permet de construire des figures géométriques ou vectorielles complexes directement sur

forme d'une représentation géométrique. Toutefois, les compétences d'un dessinateur traditionnel ne suffisent pas pour créer une image de synthèse, car il faut traduire une représentation en un langage mathématique, la modéliser. Le modèle dit en « fil de fer » connaît, une fois établi, des opérations de recouvrement de texture et de couleurs, de placement des ombres et lumières par traçage de « rais de lumière » qui se placent en fonction du volume des objets virtuels contenus dans le modèle.

Ces différentes opérations s'inscrivent bien dans la tradition de la perspective à point de fuite central des peintres et architectes de la Renaissance, mais elles s'en distinguent dans la mesure où ces formes calculées restent des algorithmes inaccessibles à la visualisation. Pour voir une image de synthèse, il faut déterminer un point de vue à l'aide de



Pierre Barboza

Petite histoire de l'image numérique :  
le fil rouge de l'interactivité

nouvelles coordonnées qui recalculeront la scène pour en faire disparaître les faces cachées, selon l'angle de vision adopté. Ces considérations ne sont pas anecdotiques. Elles signifient « la fin de la caméra », c'est-à-dire d'une position du sujet face à l'image.

Le vidéaste Bill Viola a vu dès le début des années quatre-vingt dans cette disparition « une des mutations les plus importantes de l'histoire des images : à partir du moment où la lumière n'est plus la condition et le matériau fondamental de l'image, on est dans le domaine de l'espace conceptuel... et dans le processus de construction de l'image à trois dimensions par ordinateur, le choix du point de vue vient en dernier ; ce qui avec la caméra vient en premier ».

L'ordre de préséance instauré par la perspective et par la photographie se trouve donc inversé : le regard passe après l'image. Le sens visuel s'est estompé au profit du conceptuel qui fournit son « espace » à l'interactivité.

### Interactivité de commande

Les modèles de la CAO furent rapidement enrichis de nouvelles informations qui ne portaient plus seulement sur la description de l'objet à représenter mais sur son comportement (résistance, réflexion, aérodynamisme, etc.) qui permettait d'effectuer des tests de prototype en simulation informatique. Ces modèles peuvent être assimilés à des « micromondes » selon l'expression de Seymour Papert<sup>5</sup>. Il s'agit de la formalisation d'un monde possible découpé en éléments manipulables dont les relations sont régies par un moteur des règles. Entièrement construits à l'aide d'algorithmes, les micromondes peuvent être purement imaginaires ou dérivés d'observations ou de mesures effectuées sur la réalité. Les ingénieurs, les scientifiques et les artistes ou les pédagogues combineront fort différemment ces deux possibilités.

Avec l'introduction de règles comportementales, l'image de synthèse a aussi acquis une autonomie relative.

En effet, une simulation virtuelle fonctionne de façon heuristique pour son spectateur que celui-ci soit le concepteur du modèle qui découvre le libre jeu des règles, les combinaisons non prévisibles *a priori*, qu'il a introduit ou bien qu'il en soit le destinataire, scientifique ou joueur, qui se trouve dans une position proche<sup>6</sup> de celle du concepteur.

La conception et la réalisation des modèles numériques impliquent donc de nombreux « dialogues » entre le récepteur de l'image et la machine. Ces interactions entre le modèle numérique et l'image visualisée tendent à transformer le spectateur en un opérateur ou selon le néologisme de Jean-Louis Weissberg en un « spect@teur<sup>7</sup> ». Les jeux vidéos dont le chiffre d'affaires a dépassé depuis plusieurs années

celui de l'industrie cinématographique sont une bonne illustration de ce nouveau destin du spectacle<sup>8</sup>.

Cette autonomie est bien entendue relative car la simulation ne peut outrepasser le jeu des règles programmées. Il n'en reste pas moins que les différentes apparences que revêt l'image n'ont pas été préalablement décidées par



Spectateur d'un environnement virtuel

les concepteurs/producteurs des images. Cette forme nouvelle de l'animation implique une participation humaine à travers des interfaces.

L'importance des interfaces dites « hommes-machines » dans de tel dispositif d'image a orienté les recherches en simulation informatique. Elles se sont rapidement consacrées à mieux concrétiser les différentes interactions entre un utilisateur et l'image en enrôlant toujours davantage le sens tactile. Dans cette perspective, l'objectif visé suppose de rendre l'environnement figuré plus communicationnel en se référant à des modèles métaphoriques qui tiennent compte d'une part de la physiologie humaine et des *habitus* culturels et d'autre part, de l'architecture logique des modèles informatiques. Ces métaphores d'interface sont alors susceptibles de favoriser les échanges d'informations entre l'être humain et l'ordinateur.

Petite histoire de l'image numérique :  
le fil rouge de l'interactivité

Pierre Barboza

### Fécondité de l'interactivité

Ce regard sur l'histoire des images numériques nous a permis de mettre en évidence cette dimension nouvelle que la technique informatique aura apporté à l'image. Si l'image numérique s'attache toujours à remplacer son référent, elle en rend compte dorénavant en impliquant de nouvelles sensations, tactiles et motrices, au-delà du visuel. Les trois types d'interactivité sur l'image que nous avons isolés, de contextualisation, de lisibilité et de pilotage, ont été envisagés à partir de leur technicité. Sous chacune de ses formes, l'interactivité assigne une position à son spectateur qui ne relève plus de la seule contemplation, mais d'une participation physique et matérielle à l'avènement du sens de l'image. Non pas que le spectateur devienne *ipso facto* un créateur, mais un participant à un événement, toujours singulier, lié au contexte de son interprétation. Il faudrait maintenant appréhender les nouvelles formes d'écriture iconique qui s'esquissent à partir de cette technicité, les nouvelles pragmatiques de la réception ainsi déployées. Le Net-art offre de multiples expérimentations qui mettent en jeu cette technicité de l'interactivité avec des visées sémiotiques et esthétiques infiniment novatrices. Une étude attentive de ces figures permettrait d'enrichir la notion d'interactivité définie *stricto sensu* à partir de la technologie. Mais c'est une histoire qui commence de s'écrire actuellement.

### Notes :

1. Les techniques de la gravure, de la photographie et de la vidéographie séparent également, mais selon des modalités analogiques et indicielles, supports d'enregistrement et de visualisation ; toutefois, chacune de ces techniques présente cette particularité de conserver des relations opératoires et sémiotiques étroites entre les deux.
2. Les images numériques de type matriciel ou de capture peuvent être caractérisées de façon relativement simple : les pixels, ou chacun des points élémentaires qui la décrivent prennent des valeurs discrètes, c'est-à-dire entières. Elles sont issues de la détection de signaux provenant d'objets réels ou bien d'images déjà existantes.
3. Les images de synthèse sont entièrement créées par programmation sur un ordinateur. Le graphisme vectoriel en deux dimensions s'apparente au dessin tandis que les maquettes numériques en trois dimensions relèvent d'une simulation d'objets décrits géométriquement.
4. *Dossiers de l'Audiovisuel* n° 15, Image de synthèse : un art ?, INA, 1987.
5. PAPERT, Seymour, *Le Jaillissement de l'esprit*, Paris, Flammarion, 1981.
6. En fait l'interactivité de pilotage dépend de la plus ou moins grande disponibilité des paramètres comportementaux proposée par les concepteurs du programme.
7. WEISSBERG, Jean-Louis, *Présence à distance*, Paris, L'Harmattan, 1999.
8. On peut expérimenter ce type d'interactivité (par exemple, sur le site [www.sodaplay.com](http://www.sodaplay.com).) pour apprécier cette nouvelle autonomie de l'image de simulation.

