

## ***La sauvegarde du patrimoine de l'ère numérique***

**Jean-Baptiste Clais**, conservateur du patrimoine, responsable bénévole des collections de l'association Mo5.com

*L'invention des technologies numériques a eu un impact considérable pour notre société. Les objets qui en ont été le produit font l'objet depuis une dizaine d'année d'une démarche de sauvegarde et plus récemment de patrimonialisation à proprement parler. L'association Mo5, dans le cadre de son projet de « Musée des Cultures Numériques » mène une réflexion sur la conservation de ces objets. Différentes possibilités techniques existent à cet effet, cet article en propose une synthèse critique.*

*The invention of digital technologies had a great impact on our societies. For ten years, people try to preserve objects related to these technologies and some begin to treat them as cultural heritage. Mo5.com a non profit organisation whose purpose is to open in France a "digital cultures museum" is working on the preservation of them. Various possibilities exist to preserve digital technology. This article develops a synthesis on what can be done.*

### **I Introduction**

Lorsqu'il nous a été proposé d'intervenir dans cette journée d'étude, c'était au titre de l'intérêt des démarches de sauvegarde du patrimoine informatique et vidéo-ludique pour la sauvegarde du patrimoine musical qui lui est contemporain. Suivant un vieux tropisme personnel, nous avons alors proposé comme titre *La sauvegarde du patrimoine informatique et vidéo-ludique*. La prise en compte de l'objet même de cette journée d'étude nous incite cependant avec retard à parler de *Sauvegarde du patrimoine de l'ère numérique*.

Depuis quelques temps déjà l'association Mo5.com, à l'origine Musée de l'informatique et des jeux vidéo, au nom de laquelle nous intervenons aujourd'hui, a changé son intitulé pour devenir « Mo5.com – Musée des cultures numériques ». Ce changement n'est pas une pure forme mais entend rendre compte d'une révolution technique et culturelle globale dans laquelle plusieurs technologies nées du développement des microprocesseurs ont provoqué communément de grandes évolutions au sein de nos sociétés, apportant de nouveaux usages sociaux, en rendant d'autres obsolètes et surtout, ouvrant de nouvelles voies et de nouveaux supports à la création artistique.

Grâce ou à cause de cette révolution, de profonds changements anthropologiques sont à l'œuvre à l'échelle planétaire. L'informatique et Internet, par le raccourcissement des distances et les possibilités de communication qu'ils induisent, sont en train de changer progressivement notre rapport à l'Autre, sans doute notre conception même de l'humanité. S'il est trop tôt pour en mesurer toutes les implications à long terme, il est certain en tout cas que l'histoire de l'évolution des sociétés humaines se confond désormais avec celle des techniques numériques nées de l'informatique.

Du fait de la rapidité de ses progrès, depuis son apparition, l'informatique est frappée par un processus d'obsolescence accéléré qui condamne les ordinateurs anciens et leurs programmes à la mise au rebus. Sauf dans

quelques cas spécifiques, aussitôt que de nouvelles possibilités sont développées, les machines utilisant les technologies précédentes sont vouées à la destruction ou, dans le meilleur des cas au recyclage<sup>1</sup>. Si la destruction de milliers d'ordinateurs ou de machines de jeu vidéo eux-mêmes produits à des milliers d'exemplaires et donc facilement retrouvables n'est pas grave d'un point de vue patrimonial et culturel, à nos yeux, un oubli de l'histoire de la révolution numérique et de son impact à long terme serait dommageable pour l'Histoire. Il nous semble fondamental d'en garder une trace pour permettre aux générations futures de comprendre la genèse des grandes évolutions anthropologiques du début du XXI<sup>e</sup> siècle.

Tout d'abord, il convient de resituer historiquement notre objet. Dans les années 1950, le développement de technologies militaires requérant des calculs très complexes suscite d'intenses recherches dans le domaine des machines de calcul. De ces recherches vont naître durant les deux décennies suivantes plusieurs technologies au premier rang desquelles le circuit intégré à l'origine du microprocesseur. La taille des ordinateurs qui, jusqu'alors occupaient des pièces entières, commence à se réduire au volume d'une grosse armoire grâce à la miniaturisation des composants informatiques. Cette réduction de taille se poursuivra sans cesse, préparant un changement radical : le passage de la consultation partagée d'un ordinateur central par des utilisateurs multiples via des terminaux au « micro-ordinateur personnel », machine de petit volume dédiée à un seul utilisateur. Ce n'est toutefois pas par ceux-ci que les technologies numériques vont en premier toucher le grand public.

En 1973 sort Pong, le premier jeu vidéo de l'histoire. Machine extrêmement simple utilisant un seul processeur pour des interactions ludiques minimales, il sera si facile à produire que tous les fabricants d'électroménager en produiront des clones<sup>2</sup>. Il faudra attendre par contre 1977 pour que le premier micro-ordinateur personnel grand public soit commercialisé : l'Apple II.

À partir de ce moment la puissance des machines et leurs capacités vont croître considérablement suivant la capacité des producteurs de puce à affiner la gravure du silicium qui compose les microprocesseurs. Pour résumer un peu abusivement, chaque nouvelle génération de processeur sera si puissante par rapport à la précédente qu'un seul nouveau processeur suffit à mener les actions pour lesquelles plusieurs processeurs avaient été affectés dans les machines de la génération précédente. En résumé, à taille égale les machines deviennent de plus en plus puissantes ou, à puissance égale, les machines deviennent de plus en plus petites, ce qui ouvrira la voie à la portabilité.

Il serait toutefois erroné de croire que ces technologies ont suivi une histoire « logique » inscrite de manière innée dans la technique. En fonction de circonstances diverses comme le coût de production des composants, le revenu disponible des consommateurs, les circonstances politico-économiques globales ou même parfois les trajectoires individuelles d'individus portant une

---

<sup>1</sup> On peut citer en contre-exemple des systèmes informatiques anciens commandant encore des usines ou des instruments scientifiques complexes qui ont été créés pour ne fonctionner qu'avec eux et qu'il est à la fois inutile, complexe et coûteux de faire évoluer vers les nouvelles technologies informatiques, ces dernières n'ayant pas d'impact positif sur l'activité d'une chaîne de montage ou d'un instrument de mesure pour la chimie.

<sup>2</sup> Un de nos informateurs se basant sur ses souvenirs de l'époque nous a suggéré que le même phénomène avait dû se produire de manière à peu près contemporaine avec l'apparition des premiers claviers électroniques.

vision, des pistes techniques vont être explorées puis abandonnées. Ce sont les branches mortes de l'histoire technique. Loin d'avoir toujours été des échecs, ces branches ont répondu à des périodes données à des besoins ou des envies jusqu'à ce qu'une évolution sociale ou technique les rendent obsolètes.

Nous reviendrons plus loin sur les questions que pose la patrimonialisation des productions de l'ère numérique. Nous allons auparavant dresser un rapide portrait des branches qui nous semblent essentielles. Pour ce faire nous suivrons le parti pris de l'association Mo5.com qui se veut être un musée des applications des technologies numériques dans la vie quotidienne des gens et un conservatoire des productions artistiques développées dans ce cadre. Nous en excluons donc volontairement les domaines techniques où l'électronique et les technologies numériques ont permis d'améliorer un usage sans le modifier radicalement (cocotte minute, lave-linge etc.), ainsi que les technologies dédiées à des usages scientifiques avancés, la conservation de ces derniers étant déjà largement assurée par le musée des Arts et Métiers, l'association ACONIT et les nombreux centres de cultures scientifique et technique français. Suivant le prisme du projet scientifique et culturel de l'association Mo5.com, plusieurs types de support et de contenu nous semblent devoir être sauvés :

- Les micro-ordinateurs personnels portables et de bureau qui constituent le support premier de la pratique quotidienne.
- Les serveurs et stations de travail professionnels : ils sont ou ont été les outils de travail des créateurs de programmes, jeux vidéo, animations et musiques numériques.
- Les ordinateurs embarqués de type GPS (transports, voitures)
- Les ordinateurs de poches et autres PDA : cette branche de l'informatique qui a connu ses grandes heures avec des marques comme Psion et Palm semble aujourd'hui destinée à s'éteindre au profit des téléphones portables qui ont beaucoup progressé et en incorporent désormais la plupart des capacités.
- Les calculateurs scientifiques proches parents des précédents ont introduit des changements très significatifs dans la pratique quotidienne des mathématiques.
- Les consoles de jeu vidéo « de salon », les consoles de jeu portables et les jeux électroniques de poche
- Les « bornes d'arcade » : jeux vidéo présents dans les cafés et les « salles d'arcade », ils étaient à l'origine plus puissants et avancés que les jeux de salon ce qui leur conférait un attrait spécifique qui a aujourd'hui pratiquement disparu avec l'augmentation de la puissance de ces derniers.
- Les claviers musicaux numériques, les amplis numériques, les baladeurs numériques, les différents outils numériques de travail du son.
- Les téléphones portables et autres matériels numériques de mise en relation.

À cela il convient d'ajouter bien sûr les contenus. Au-delà des inévitables productions industrielles contenant programmes, jeux vidéo et musique sur divers supports (disquette, CD, USB) nous insisterons sur les créations individuelles ou collectives n'ayant pas fait l'objet d'une commercialisation sur support mais qui ont toujours joué un rôle important dans l'innovation technique

et l'exploitation artistique des nouvelles possibilités induites par les technologies numériques. Au nombre de ces dernières, nous pouvons citer toute la production de la « scène démo » sur micro-ordinateur (notamment Atari et Commodore-Amiga) apparue dans les années 80 et qui a survécu à l'extinction commerciale desdites marques pour continuer à produire aujourd'hui. Nous citerons aussi la considérable production d'animation et de jeux en flash disponible sur Internet, jamais éditée sur support mais pourtant vecteur essentiel de création aujourd'hui. Un nombre considérable de « bricolages » hardware produits par des passionnés souvent pour pouvoir utiliser des jeux vidéo issus d'autres pays méritent aussi notre intérêt. Nous poserons aussi la question de la sauvegarde du design de certains sites Web qui, notamment dans la mise en ambiance et la création d'une « expérience » spécifique, semblent relever plus d'une démarche artistique que de la simple esthétisation d'un outil.

## **II Pourquoi et sous quelle forme le sauvegarder ?**

En introduction nous insistions sur l'importance pour l'Histoire de la sauvegarde de certains objets issus de la révolution numérique. La variété et la quantité de sources témoignant du développement de ce phénomène rend peu probable un oubli. Le simple dépouillement de la presse magazine à la fois spécialisée dans les technologies et généraliste, collectée par dépôt légal depuis le début des années 80 suffirait à alimenter des années de travail pour les historiens. Ces sources ne sauraient cependant suffire selon nous. En effet l'entrée dans l'ère numérique a apporté des changements sociaux importants en modifiant le cadre « physique » de notre vie quotidienne. L'arrivée du numérique modifie radicalement notre rapport physique à au moins trois éléments : le temps, la distance et la mémoire<sup>3</sup>.

Prenons pour exemple le processus d'écriture. Qui dans les jeunes générations actuelles peut s'imaginer qu'il y a à peine trente ans, nos prédécesseurs écrivaient leurs textes à la main ou sur une machine à écrire, toutes techniques qui ne permettent aucun retour en arrière, aucune correction ? Qui peut s'imaginer taper une page entière et devoir la jeter à la première faute de frappe ? Nous ne réfléchissons pas de la même manière quand il faut préparer intégralement une page avant de la taper. Il convient soit de développer une mémoire précise du raisonnement que l'on souhaite développer ou le coucher sur papier au préalable après l'avoir travaillé. Autrement dit, l'informatique a permis la fusion des étapes de conception et de production du texte.

Autre exemple, le téléphone portable. Quitte à formuler encore des évidences, rappelons qu'il y a encore dix ans, la plupart des gens connaissaient par cœur des dizaines de numéros de téléphone. Il était compliqué d'organiser un rendez-vous et l'annuler encore plus. À l'époque, communiquer avec une personne nécessitait de connaître précisément sa localisation à chaque heure pourvu que le lieu concerné soit équipé d'un téléphone. La perception du temps et de l'espace n'était donc pas la même.

De fait, pour un enfant des années 2000, une grande partie des usages des années 1970 relève déjà d'une profonde étrangeté. À ce constat établi de

---

<sup>3</sup> Le lecteur nous pardonnera ici de ne pas citer in-extenso la très abondante littérature dans laquelle ont déjà été posés ces constats. Nous renverrons plus simplement à la lecture du magazine *Wired* qui a souvent publié des analyses, précurseurs de ces phénomènes ainsi qu'aux travaux de Patrice Flichy.

longue date par les spécialistes des nouvelles technologies, nous souhaitons donc ajouter un élément d'interprétation plus ethnologique : la problématique du corps. L'intuition de Marcel Mauss dans son article sur les techniques du corps<sup>4</sup> nous sert de guide sur ce point. C'est dans leur impact sur le corps agissant que les nouvelles technologies influencent notre culture. Les technologies numériques nous demandent un apprentissage spécifique, une « incorporation » au sens « maussien » et en viennent à constituer des sortes de « prothèses ». Si quelques îlots de résistance se sont constitués, on peut globalement considérer que dans les sociétés développées, il serait aujourd'hui matériellement très complexe pour la plus grande partie de la population de vivre sans Internet, sans mp3, sans téléphone portable.

Pour revenir à des évidences, avec les technologies numériques, un baladeur peut contenir autant de musique que plusieurs mètres cubes de cassettes audio ou de disques vinyles. Les technologies portables ou domestiques (téléphone, GPS ou micro-ordinateur vous donnent accès immédiatement à un nombre d'informations considérables qu'il aurait été impossible d'obtenir auparavant sans se déplacer, à la bibliothèque, au cadastre, dans une administration. Nous ne cherchons pas ici à faire l'apologie des nouvelles technologies comme vecteur d'une vie plus simple et heureuse, mais plutôt à mettre l'accent sur ces aspects physiques : un baladeur gros comme un mini carnet au lieu de plusieurs mètres cube, une minute sur Internet au lieu d'une après-midi au cadastre... La révolution numérique nous a permis d'incorporer physiquement la capacité à effectuer un nombre considérable d'actions d'un point de vue matériel et aussi en terme de temps.

Si nous avons ouvert cette parenthèse, c'est qu'il nous semble que l'expérience physique du matériel et du temps nécessaire pour mettre en œuvre telle ou telle activité pratique ou ludique est un élément fondamental d'explication au public des évolutions socio-techniques induites par la révolution numérique.

C'est ce qui rend à notre sens nécessaire la conservation non seulement des traces documentaires de la révolution numérique, mais aussi et surtout des objets qui en ont été les outils et ce autant que possible sous une forme fonctionnelle.

À cela s'ajoute une spécificité des contenus numériques interactifs : ils sont conçus avec une interface spécifique, les créateurs développent le contenu en fonction des possibilités du contenant<sup>5</sup>. Cette relation contenant / contenu est appelée en matière de jeu vidéo le « gameplay » que d'aucun parmi les spécialistes de ce domaine considère comme essentiel dans l'expérience vidéo-ludique. Nous l'appellerons ici l'« ergonomie spécifique » pour un matériel numérique. La conservation de cette ergonomie est, à nos yeux, essentielle.

---

4 Sur les applications des théories de Mauss en ethnologie contemporaine voir Warnier, Jean-Pierre. 1999. *Construire la Culture Matérielle*. Paris: PUF.

5 Le cas inverse est plus rare mais existe.

### **III Quelle est l'ampleur du travail ?**

Construire un patrimoine informatique et vidéo ludique voire plus globalement numérique est une tâche tout à fait réalisable pourvu qu'on lui pose des limites claires très rapidement. En effet ce qui caractérise toutes les productions appartenant à ce champ, c'est une profusion considérable, presque décourageante, qui en fait se réduit à peu de choses une fois que l'on a sélectionné ce qui est vraiment signifiant historiquement parlant. Ce principe est valable autant pour le hardware (matériel), le software (logiciel) que les productions informelles.

Pour le hardware (matériel), deux chiffres l'illustrent bien : ce sont plus de 3000 modèles de micro-ordinateurs différents qui ont été produits sur la période 1975-1995<sup>6</sup> sans compter les sous-modèles (ce qui nous amènerait à 7000). À cela il faut ajouter la multitude d'accessoires produits pour accompagner ces ordinateurs et les centaines de milliers de programmes édités. Comment choisir au sein d'une telle masse ?

En fait, si l'on se limite aux ordinateurs qui ont connu une carrière commerciale significative, ont apporté une innovation technique ou ont marqué l'imaginaire de leur temps, le champ est bien plus réduit. Sur cette même période 1975-1995 on peut évaluer à environ 200 le nombre de micro-ordinateurs qu'il serait absolument indispensable de collecter.

En ce qui concerne le jeu vidéo, bien que très riche en terme de software, ce domaine est infiniment plus restreint que l'informatique en terme de machines. Une collecte cette fois-ci très large des consoles de jeu intéressantes depuis l'apparition du jeu vidéo ne dépasserait guère une centaine de machines. Par ailleurs, un très bon fonds de logiciel vidéo-ludiques existe déjà, la BNF conservant par dépôt légal la plupart des jeux commercialisés depuis 1994 et ayant procédé à des collectes rétrospectives.

Le domaine des programmes recouvre lui une production considérable, mais la part vraiment significative historiquement est elle aussi très restreinte et la BNF opère aussi dans ce domaine. En ce qui concerne les productions informelles (usage, détournement, « bricolage »), elles constituent le domaine le plus difficile à cerner de l'extérieur. Nous verrons cependant que le « monde » qui les a produits, celui des passionnés en assure déjà lui-même la conservation.

Le domaine des téléphones portables, des GPS et des matériels musicaux nous est moins connu, mais de rapides recherches par contacts interposés nous ont montré que des collections privées s'étaient déjà constituées et que des collectes à visées patrimoniales dans ces domaines étaient encore possibles.

### **IV Quels sont les moyens de conservation ?**

Nous venons de poser un idéal en matière de conservation et d'insister sur le caractère réalisable de la constitution d'un patrimoine de l'ère numérique, il est temps d'entrer dans le corps de notre sujet à savoir les moyens de conservation de ce patrimoine. Nous poserons un premier constat : la déontologie de conservation « classique » en œuvre dans les musées est ici inopérante. Le nouveau patrimoine que nous entendons protéger ne fait sens que par

---

<sup>6</sup> Cette période représente le premier âge de la micro-informatique, avant que le standard PC-Windows ne supplante tous les autres.

l'utilisation. Nous nous trouvons donc face au problème récurrent des musées de sciences et techniques où l'impératif de présentation et d'explication au public entre en conflit avec celui de conservation des œuvres.

La première réponse à ce problème se trouve donc résolument dans la constitution de collections d'étude. Un établissement patrimonial dédié à ces technologies doit conserver un ou deux exemplaires intacts des machines concernées et de leurs supports et prévoir des supports de diffusion périssables. Quels peuvent être ces supports ? Il peut s'agir soit de matériels originaux maintenus en fonctionnement, soit de simulacres logiciels/software, soit de simulacres matériels/hardware.

#### ***IV.1 Les matériels originaux***

Pourvu que l'on souhaite présenter au public les machines essentielles de l'histoire micro-informatique ou vidéo-ludique, il n'est pas très difficile aujourd'hui de s'en procurer de multiples exemplaires fonctionnels. En effet, en la matière les machines importantes s'identifient principalement par leur succès commercial. L'acquisition de telles machines à titre onéreux ou gratuit via des dons de particuliers est donc aisée. Cela permet de mener une politique d'exposition « généraliste » et convient à la présentation chronologique de l'histoire de ces technologies. Il en va de même pour les différentes technologies portables (téléphones, calculatrices programmables) en matière de matériels dédiés à la musique, faute d'avoir mené une étude spécifique du sujet, nous ne pouvons nous avancer avec certitude, mais le fait que les mêmes firmes aient produit et diffusé ordinateurs et instruments musicaux, nous permet de suggérer que la situation doit être identique.

En résumé, la très grande quantité de matériel produit garantit statistiquement aux institutions patrimoniales la possibilité de retrouver aujourd'hui des quantités suffisantes de matériels originaux fonctionnels. Cette solution constitue un idéal. Elle permet à nos institutions de proposer au public l'expérience la plus « authentique » de ces matériels.

Cette solution montre toutefois très rapidement ses limites : dès lors qu'une institution cherche à produire une exposition poussée, sur par exemple un type de machines rares ou sur des voies techniques inabouties ou restées confidentielles, la probabilité de trouver des machines fonctionnelles présentables au public se réduit considérablement. En outre, la rareté de telles pièces aurait dans ce cas tendance à inciter les responsables scientifiques à alimenter avec elles les collections patrimoniales plutôt que les collections d'étude et d'exposition. L'emploi de matériels originaux est donc une solution insuffisante et dans bien des cas éthiquement problématique.

À cela s'ajoute le fait que les matériels informatiques anciens ne sont pas immortels. Lorsque nous évoquions dans les lignes précédentes la question de trouver des machines « fonctionnelles », ce n'était pas pour les distinguer de celles qui auraient été dégradées par l'incurie ou l'action destructrice de l'homme, mais en référence à l'autodestruction relativement inexorable de certaines parties de ces machines.

Nombre de composants informatiques sont sujets à un vieillissement destructeur et inexorable. Certains des matériaux qui les constituent sont en effet particulièrement instables chimiquement et ont une durée de vie inférieure à trente ans sous leur état fonctionnel quel que soit l'environnement auquel ils

sont soumis et l'intensité de l'usage qui est faite du matériel. Il sera donc presque impossible de restaurer dans quarante ans un matériel informatique actuel. Cela impliquerait en fait de remplacer des composants. Or, le matériel de productions de ces composants se perd aussi avec l'obsolescence. Il serait économiquement intenable pour une institution patrimoniale de relancer alors des chaînes de production de composants obsolètes. Vouloir conserver ou restaurer à long terme les matériels numériques anciens dans un état fonctionnel nous semble donc illusoire.

Il reste toutefois encore possible de les réparer aujourd'hui en utilisant des stocks de composants d'époque inutilisés ou de composants récents compatibles avec les composants originaux. Avec l'évolution des technologies qui amènera la fin de la production de certains types de composants et l'autodestruction probable des stocks anciens, on peut projeter que cela ne sera encore possible que pendant une quinzaine d'année pour les ordinateurs des années 1980.

Cela condamne à moyen terme la pratique de diffusion au public du patrimoine numérique sur des supports originaux. Cela s'avère d'autant plus vrai que les supports de données numériques sont tout autant soumis au vieillissement que les matériels qui permettent de les lire. La dégradation des disquettes et CD est un processus aujourd'hui bien décrit.

Notons toutefois que seuls les composants et les supports de données sont touchés par cette forte dégradation. La plupart des plastiques et métaux qui constituent les ordinateurs sont stables et se conservent bien, même si esthétiquement, les plastiques peuvent se dégrader légèrement. En outre les parties des matériels dédiées à l'interaction (claviers, souris, écrans, câbles etc.) sont suffisamment simples techniquement pour qu'on puisse les reproduire à l'identique. En gros on peut reproduire ou conserver facilement le corps de la machine, mais pas son cerveau.

## ***IV.2 Les simulacres***

La situation est donc la suivante : les institutions peuvent aujourd'hui constituer à faible prix des collections de machines et de supports de données fonctionnels en sachant que ceux-ci vont se détruire à moyen ou long terme. Il leur faut donc préparer dès maintenant la migration de ces données sur des supports durables sous des formes non périssables ou à minima dotées d'une très longue durée de conservation et produire des machines permettant une consultation la plus fidèle possible à l'expérience sur les matériels originaux. À terme, les établissements patrimoniaux conserveront des matériels « morts » sous vitrine et mettront des simulacres à disposition du public.

Ceci posé, il reste à étudier les différents types de simulacres et la qualité de la réponse qu'ils apportent au besoin d'une reproduction la plus proche possible de l'expérience authentique<sup>7</sup>.

### ***IV.2.1 L'émulation logicielle***

Le premier type de simulacre à avoir vu le jour est l'émulation logicielle. Elle consiste à produire un programme dans un ordinateur actuel, une « machine virtuelle » qui puisse lire les données du jeu d'époque et le faire tourner. Cette

---

<sup>7</sup> Pour une analyse globale et particulièrement documentée de ces questions (en langue anglaise), se référer au travail de James Conley (Conley : 2004).

solution présente l'intérêt de pouvoir faire tourner sur un ordinateur actuel la quasi-totalité des programmes anciens dès lors qu'un émulateur a été produit. Cette solution présente de nombreux inconvénients. Tout d'abord, l'« ergonomie spécifique » des matériels est perdue. La consultation de la machine, l'expérience, se fait via l'interface de l'ordinateur, de la console, du téléphone ou du matériel musical actuel. Cet argument, le premier en jeu est important mais nous devons de le relativiser. Visionner aujourd'hui un film de Chaplin sur DVD ne nous choque pas outre mesure et ne nous donne pas l'impression d'une perte excessive par rapport à l'expérience de l'époque. Cela tient à ce que le rapport contenu/contenant n'est pas essentiel. Et de fait, pour certains types de produits « software », la relation au contenant n'est pas forcément essentielle. On pense notamment à des jeux produits pour des supports ou machines multiples, ou à des jeux à visées purement esthétiques et à très faible degré d'interaction. Cette nuance ne s'applique toutefois qu'à une petite quantité de produits. D'une manière générale, le changement de support de jeu altère considérablement l'expérience d'utilisation.

Un exemple intéressant se trouve dans la question des graphismes. Lorsque dans les années 1980, un programmeur créait un jeu ou une démo sur une machine, il le faisait via un écran cathodique dont la définition n'était pas celle des écrans actuels. Ces écrans avaient un « flou » spécifique. Aussi quand un graphisme était créé, il intégrait cette contrainte, même plus, il en tirait partie. Ce flou était notamment mis à profit pour lisser les dessins ou tricher sur la quantité de couleurs disponibles sur la machine. Lorsqu'aujourd'hui un émulateur logiciel est produit, il reproduit « bêtement » le signal vidéo (pourvu qu'il le reproduise à l'identique), mais il n'anticipe pas la finesse de résolution des écrans actuels qui rend visible chaque pixel individuellement. Ainsi un émulateur peut faire perdre à un jeu ancien une grande part de son aspect esthétique.

Plus encore, l'émulateur logiciel pose un problème en terme de temps de réponse<sup>8</sup>. Lorsqu'un jeu ou un programme est programmé, il l'est en fonction du matériel et de son temps de réponse. Les composants d'une machine communiquent entre eux. Chacun a son comportement propre et réagit à une vitesse donnée à une instruction. L'ergonomie spécifique d'une machine tient en grande partie à cela. Prenons le cas d'un jeu vidéo. Le programmeur va optimiser son jeu de manière à tirer parti des éventuelles lenteurs d'un composant, le rythme du jeu et de la musique qui l'accompagne pourront avoir été choisis pour « camoufler » certaines lenteurs de l'affichage ou d'éventuels cycles. Si maintenant ce jeu est porté sur un émulateur logiciel, c'est le hardware de l'ordinateur actuel qui exécute les instructions à son rythme sachant qu'il est lui-même constitué de composants plus rapides que ceux d'époque mais qui ont eux aussi leur propre temps de réponse. En conséquence, le calibrage d'un émulateur logiciel est d'une complexité terrible car il implique de coordonner un hardware et un hardware virtuel. En pratique : un très bon joueur habitué à jouer au premier jeu Mario sur sa console Nintendo sera incapable de gagner une partie sur un émulateur avant d'avoir incorporé (au sens maussien) l'interface de l'émulateur. Bref ce n'est plus le même jeu.

---

<sup>8</sup> N'étant pas informaticien, nous nous appuyons ici sur les explications techniques que Philippe Dubois, président de Mo5.com, a eu la gentillesse de nous fournir et que nous espérons avoir retranscrites sans les trahir.

À cela pour conclure sur une note humoristique, il faut ajouter que l'émulateur est programmé pour s'adapter à un système d'exploitation donné comme Windows. Sa rétrocompatibilité à long terme n'est absolument pas garantie. Il est donc probable qu'une institution qui ferait réaliser des émulateurs doive très régulièrement les faire migrer sur d'autres supports...

Le lecteur aura compris, l'émulation logicielle ne nous semble pas être une bonne solution en terme de diffusion au public et de conservation à long terme.

#### **IV.2.2 L'émulation hardware**

Heureusement, une autre solution existe qui permet de régler ces problèmes : l'émulation hardware. Cette méthode repose sur l'utilisation de puces « FPGA ». Ces puces contiennent des millions de transistors neutres, c'est-à-dire dont la fonction n'est pas prédéterminée. On va programmer ces puces à l'aide d'un kit de développement. Ce kit de développement est peu coûteux car ces puces sont très utilisées dans l'industrie. Par ailleurs, ce kit permet de programmer les puces dans un langage dit « évolué », ce qui pour résumer fait gagner beaucoup de temps au programmeur. Le programmeur va créer dans le kit de développement un composant virtuel qui reproduira un composant ancien et le kit va l'inscrire dans la puce. Il ne s'agira plus de programme, mais bien de matériel. À l'intérieur de la puce, on va programmer des secteurs qui vont correspondre à ces composants d'origine et fonctionner comme eux. Il suffira ensuite de programmer en quelque sorte le « plan » de la machine d'origine, c'est-à-dire les relations entre les différents composants. Pourvu que le programmeur introduise sur toutes les liaisons entre composants virtuels des buffers de temps qui assumeront le rôle de créer les lenteurs du hardware d'origine, ceux-ci réagiront de manière identique aux composants d'origine notamment en terme de temps de latence.

Les seuls éléments de l'« ergonomie spécifique » qui ne sont pas reproduits immédiatement sont les pannes ou les ralentissements dus à la surchauffe des composants ou aux champs électromagnétiques que peuvent subir les machines. Néanmoins, une simple campagne de mesure de ces effets autrefois indésirables permet de les programmer dans la puce. De la sorte le rendu final du fonctionnement du logiciel prévu pour le matériel d'origine est presque parfaitement identique. Une fois l'émulateur programmé, il suffit alors de le brancher sur une carte électronique très simple avec les ports d'entrées/sorties des données ad-hoc et il reproduira quasiment à l'identique le fonctionnement de la machine originale.

À titre d'exemple, les images qui accompagnent cet article présentent un Commodore 64, son émulateur hardware, le commodore 64 direct to TV, et leurs hardware respectifs.



III. 1 - Vue d'un Commodore 64



III. 2 - Vue de son hardware

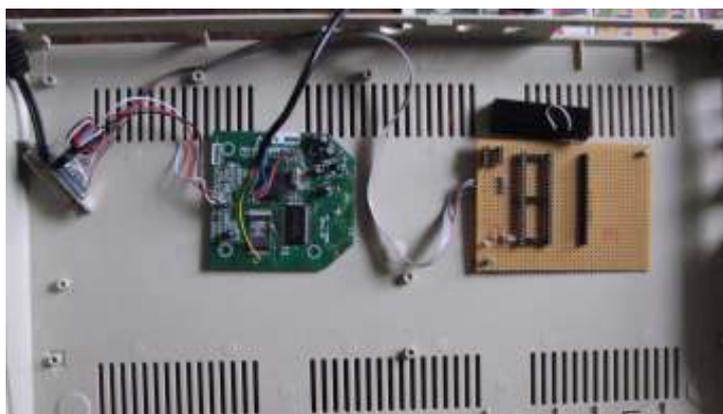


III. 3 - Vue d'un C64 DTV



III. 4 - Vue de son hardware

Reste à gérer l'interface proprement dite. Quid de l'écran, du clavier, de la manette d'origine ? En fait, la puce gérant les mêmes signaux d'entrée/sortie que la machine d'origine, on peut brancher les périphériques anciens dessus (écran, manette, lecteur de disquette etc.). Rappelons que c'est d'une complexité dissuasive pour un émulateur logiciel mais rappelons aussi que la conservation et la reproduction de ces périphériques sont matériellement possibles. L'idéal est d'ailleurs de placer à l'intérieur d'une machine originale cette carte avec la puce FPGA et de la raccorder aux entrées/sorties originales. Le simulacre est alors proche de la perfection. En outre, vu la stabilité chimique de ces puces, les problématiques de conservation sont particulièrement limitées.



III. 5 – Hardware C64 DTV dans une coque de C64.

Précisons en outre que le concept même de la puce reprogrammable est un concept quasi universel et intemporel : l'industrie, qui a permis la création de ces puces, aura toujours besoin d'avoir à sa disposition des circuits programmables dans lesquels elle pourra injecter son propre code, souvent confidentiel (gestion des gazoducs, pipelines, automates, etc.) Ainsi même si

nous changeons un jour de technologie de puce (l'opto électronique par exemple), ces puces continueront d'exister, et donc nos simulacres aussi.

Voilà pour le fonctionnement de base. Nous allons maintenant nous attarder sur les possibilités de mise en œuvre de cette technologie à des fins de conservation patrimoniale. Pour cela il faut revenir à la technique. Comme nous le disions précédemment, le kit permet de programmer des composants virtuels qu'on inscrit dans la puce. Si le hardware de la machine originale est composé de quatre puces différentes, il faut programmer une « librairie » pour chaque. Ensuite on les assemble comme des briques.

Revenons maintenant aux matériels numériques anciens. Derrière la grande diversité de machines que nous avons connue par le passé se cachent des hardwares tout aussi différents, mais par contre composés des mêmes puces. Le processeur Zilog Z80, se retrouve à l'intérieur de centaines de modèles d'ordinateurs des années 80 et dans de nombreux matériels informatiques portables ou embarqués produits par la suite.

Revenons à la programmation de puces FPGA à fin de conservation. Imaginons qu'une ou plusieurs institutions patrimoniales décident de faire programmer des émulateurs FPGA pour une sélection de machines historiquement importantes, il faut savoir que le travail de programmation sera considérablement réduit à mesure qu'il avancera car les bibliothèques correspondantes à une puce produites pour un émulateur pourront être utilisées telles quelles pour programmer les émulateurs des machines partageant la même puce. En bref l'expérience est cumulative. C'est ainsi qu'à l'heure actuelle, entre trente et quarante consoles de jeu vidéo ou micro-ordinateurs des années 1975-1995 sont déjà programmés sur une puce FPGA, soit par des passionnés, soit par des entreprises.

En effet dans le domaine commercial, la vague d'intérêt pour les jeux vidéo anciens a amené des sociétés à racheter le catalogue d'éditeurs de jeux défunts et ressortir des machines « tout en un ». Le meilleur exemple est le commodore C64. Une firme a produit une manette identique à la manette de l'époque, mais à l'intérieur de laquelle a été placée une puce FPGA qui reproduit le fonctionnement de tout l'ordinateur et une mémoire contenant plusieurs dizaines de jeux et même le langage Basic originel.

Cette solution fonctionne donc et le travail à mener est déjà bien engagé. Il n'est cependant pas inutile à ce niveau de la présentation d'en préciser les conditions techniques de réalisation. En pratique, l'idéal pour programmer une puce FPGA est de disposer de la documentation du constructeur de la machine, celle qu'il diffusait aux sociétés programmant des jeux. De la sorte la programmation est presque une transcription immédiate des schémas techniques de la machine d'origine dans la puce. Si cette documentation est manquante il est possible de procéder par rétro-ingénierie pour reconstituer le schéma interne de la puce. Cela consiste à analyser les signaux émis par la puce en fonction de différentes sortes de tests auxquels on la soumet. C'est évidemment plus long, mais cela a déjà été fait par des amateurs pour une puce spécifique d'un micro-ordinateur anglais des années 1980, l'Oric Atmos.

Notons toutefois que la rétro-ingénierie est facile sur des circuits simples comme ceux des processeurs « 8 bits », mais que la complexité de ce travail s'étoffe en même temps que celle des puces, qui suit en parallèle l'évolution des microprocesseurs. Ainsi plus la machine est récente, plus il est difficile de pratiquer la rétro-ingénierie. Fort heureusement, plus la machine est récente,

plus il est facile de collecter de l'information, cette contrainte est donc pratiquement nulle pourvu qu'un travail un tant soit peu prospectif soit mené en concertation avec les producteurs de puces.

En pratique, d'après les estimations de Philippe Dubois président de Mo5.com, programmer une machine sur une puce FPGA prendrait environs trois mois de travail/homme en comptant qu'un travail en parallèle sur plusieurs machines par une équipe composée de spécialistes de chaque partie du travail ferait gagner un temps très significatif.

Pour en revenir à ce qui peut intéresser plus directement le thème de cette journée, le principe que nous venons de décrire peut être appliqué au matériel musical numérique. Pour prendre l'exemple d'un clavier numérique, il suffira d'en « dumper » les « rom », c'est-à-dire d'extraire de sa mémoire ses banques de sons et le processus est le même.

La production de simulacres à longue durée de vie a déjà été mise en œuvre avec succès et peut être à un coût raisonnable mise en œuvre par des institutions patrimoniales, d'autant plus si elles mettent leurs moyens en commun. Dès lors qu'une puce a été programmée, on peut en effet en produire des dizaines de copies en quelques clics... Le travail d'une institution bénéficie donc à toutes les autres.

Reste alors la question de la sauvegarde des logiciels. Nous avons déjà précisé que la BnF assurait la conservation des supports physiques. Elle réfléchit aussi à une politique de migration des données sur des supports durables. C'est toutefois plus dans le milieu des passionnés qu'il faut chercher pour trouver les initiatives de conservation les plus avancées.

Il existe pour la plupart des machines informatiques et vidéo-ludiques des micro-communautés de passionnés « puristes » qui consacrent leur temps libre à la préservation des programmes originaux de leurs machines préférées. Ces personnes dont l'éthique ne déparerait pas dans un milieu de conservateurs du patrimoine constituent des collections de programmes originaux non-piratés pour les « dumper » et les mettre en ligne sous forme de fichiers binaires (bin), c'est-à-dire les plus simples qui soient, le seul type qui ne deviendra jamais obsolète. À l'heure actuelle on considère qu'environ 90% de la logithèque des machines dites « cultes », a été ainsi dumpée et se trouve accessible sur le Web.

C'est aussi l'intérêt que l'on peut voir dans la constitution de grandes collections associatives en matière informatique et vidéo ludique en France depuis vingt ans. Elles sont des sources et des outils disponibles pour le travail des passionnés, ce que ne permet pas le statut patrimonial des collections publiques. L'association Mo5.com met par exemple son fonds logiciel à disposition des spécialistes du « dump » qui en font la demande et « dume » elle-même une partie de son fonds selon les besoins, par exemple lorsqu'elle doit présenter de multiples exemplaires d'un jeu dont elle ne possède qu'un seul original. La pratique même de la diffusion pousse donc les associations à traiter progressivement leur fonds.

## **V Conclusion :**

La préservation à long terme du patrimoine numérique du fait de l'apparition de la technologie FPGA est aujourd'hui en bonne voie. Les initiatives les plus avancées relèvent toutefois de l'action de passionnés ou de sociétés commerciales. Leurs travaux répondent à leurs impératifs spécifiques. Ils traitent certes une grande part des matériels importants des domaines vidéo-ludiques et micro-informatique. Toutefois, ils laissent de côté certains matériels et logiciels qui intéresseraient le patrimoine numérique tel que pourrait le constituer une institution patrimoniale suivant les critères « scientifiques » de représentativité en vigueur. Il pourrait donc être utile qu'à moyen terme, les différentes institutions concernées par ces problématiques créent un fonds commun en vue de collecter les travaux déjà menés et surtout de mener les actions propres à les compléter.

## **Remerciements**

Tous nos remerciements à Philippe Dubois, président de l'association Mo5.com qui nous a longuement expliqué le fonctionnement des puces FPGA et a eu la gentillesse de relire cet article.

Notre propos a été largement nourri par des informations reçues lors de discussions avec des passionnés / spécialistes de micro-informatique et de jeu vidéo ancien français que nous avons rencontrés depuis des années. Nous nous devons donc de remercier Olivier Boisseau, René Spéranza, Thierry Mazzoleni, Douglas Alvez, Yves Fontanes, Philippe Striolo et Nicolas Gilles pour les entretiens que nous avons menés avec eux.

## Bibliographie

- [1] Conley, James, et al., « Use of a Game Over: Emulation and the Video Game Industry, A White Paper », *Northwestern Journal of Technology and Intellectual Property*, vol. 2 number 2, 2004, p. 261-290.
- [2] Flichy, Patrice, *L'imaginaire d'Internet*, La découverte, Sciences et société, 2001
- [3] Dubois, Philippe. (sous la dir. de), *Association MO5.COM pour la préservation du patrimoine informatique et vidéoludique*, www.Mo5.com (2009), association Mo5.com.
- [4] Spéranza, René. (sous la dir. de), *Le musée de l'informatique Silicium*, www.Silicium.org (2009), association Silicium.
- [5] Bizzoire, Sylvain, (sous la dir. de), *Old-computers*, Online museum since 1995, www.old-computers.com (2009), association olcomputers.
- [6] Warnier, Jean-Pierre. *Construire la Culture Matérielle*, PUF, 1999.