

Les artistes et la réalité virtuelle, des parcours croisés

Marie-Hélène TRAMUS*

RESUME : Pour comprendre l'intérêt des artistes porté à la réalité virtuelle, cet article revient sur une des ses origines, l'image de synthèse, qui fut un domaine très prospère pour la création artistique. Puis, il évoque les débuts de l'histoire des installations interactives artistiques et leur épanouissement pendant l'essor de la réalité virtuelle, avec comme fil conducteur la question de la « participation du spectateur », c'est-à-dire l'introduction du corps interagissant, de son action, de sa perception, de son émotion, et de sa cognition, au cœur même de l'expérience esthétique. Enfin, il se termine sur la question de l'autonomie des créatures virtuelles dotées de capacités sensorielles, d'action, de cognition et des implications que cette autonomie provoque dans la création artistique.

Mots-clés : art, participation du spectateur, corps, multisensorialité, action, perception, cognition, réalité virtuelle, créatures virtuelles, interaction, immersion, autonomie, improvisation.

ABSTRACT. Artists and Virtual Reality: a meeting of the ways. In order to understand the interest that artists have in virtual reality, this article recalls one of its origins, synthetic images, which was a very prosperous domain for artistic creation. The article goes on to evoke the beginnings of the history of artistic interactive installation, and their flowering during the period when virtual reality came to maturity. The guiding thread here is the question of the "participation of the spectator", i.e. the introduction of the body of the spectator, with his/her action, perception, emotion and cognition, which are at the very heart of the aesthetic experience during the interaction with the virtual reality. Finally, the article concludes with a discussion of the question of the autonomy of virtual creatures having capacities for sensing, for action and for cognition; and the implications of this autonomy in the field of artistic creation.

Key words: art, spectator's involvement, body, multisensoriality, action, perception, cognition, virtual reality, virtual creatures, interaction, immersion, autonomy, improvisation.

I. LES ORIGINES

Comme il est souligné dans l'introduction du *traité de la réalité virtuelle* (Fuchs et al., 2006), la réalité virtuelle n'a pas surgi de rien (Arnaldi et al., 2006, p. 3) : « Comme toute nouvelle technique, elle a eu des antécédents qui ne s'appelaient pas 'réalité virtuelle'. Principalement, les simulateurs de transport ont permis à des professionnels d'interagir avec un environnement partiellement virtuel, depuis 50 ans environ (on faisait de la réalité virtuelle sans le savoir, comme M. Jourdain faisait de la prose...). [...] La réalité virtuelle ne s'est pas développée isolément, indépendamment de domaines voisins. [...] Elle s'appuie sur le domaine de la simulation "interactive", sur le domaine de l'infographie et des jeux vidéo pour la création d'images de synthèse en temps

* Professeur en *Arts et Technologies de l'Image* à l'université Paris 8, ATI, Université Paris 8, 2 rue de la liberté, Saint-Denis, 93 ; Courriel : mh.tramus@club-internet.fr

réel et sur le domaine de la téléopération pour l'immersion de l'utilisateur à partir d'interfaces. »

Les possibilités de l'image de synthèse ont attiré depuis plus de trente ans des artistes tentés par de nouvelles expériences. Ils se sont posé la question importante de savoir comment passer de l'intelligible (les langages de la programmation et leurs modèles – informatiques, mathématiques, physiques, etc.) au sensible – ce qui est finalement perçu par le spectateur.

Cette question est d'autant plus importante que les reproches longtemps adressés à l'image de synthèse en faisaient une technique incapable de servir une intention esthétique, car l'art, domaine où le *geste* créateur, dans toute sa subjectivité et sa singularité corporelle, ne semblait tolérer aucune compromission avec le machinique. Les principales critiques concernaient sa froideur, sa précision excessive, son hyperréalisme sec, son « immatérialité », son manque de sensorialité, mais également son incapacité à intégrer le geste et sa puissance expressive à cause de l'absence de participation du corps à son élaboration et à sa réception.

Deux réponses principales à cette question ont été données, la première consistant à travailler l'image pour l'enrichir en tant que telle et la deuxième à développer sa spécificité d'interactivité.

Pour illustrer la première de ces deux réponses, nous pouvons citer de nombreux artistes internationaux qui dès les années soixante-dix et quatre-vingt, ont prouvé les grandes possibilités artistiques de cette image (*interactive computer graphics*) en créant des peintures numériques (Michael Noll, Lilian Schwartz, David Em, Johan Truchenbrod, Margot Lovejoy, Masaki Fujihata etc.), et des films d'animation de synthèse (Yoichiro Kawagushi, William Latham, John Withney, Hervé Huitric et Monique Nahas, Michel Bret, Marc Caro, Tamas Waliczky, Rebecca Allen, etc.)¹

Ces artistes ont travaillé l'image de synthèse de façon originale et d'un point de vue esthétique, en s'appuyant sur ses spécificités (être programmable et interactive), et afin d'enrichir son apparence, sa couleur, sa lumière, sa matière, sa texture, son grain, ses formes, ses espaces nouveaux, ses mouvements improbables, ses métamorphoses inouïes. Ils ont ainsi créé de nouveaux univers imaginaires très riches, empreints d'une grande sensorialité, éloignés de la froideur, de la précision excessive, et de l'immatérialité soupçonnée.

Parallèlement, une autre stratégie prépondérante du travail d'enrichissement de l'image a consisté, pour le monde de l'animation et du cinéma, ainsi que pour les grands laboratoires, à rendre de plus en plus réalistes les images de synthèse, aussi bien en ce qui concerne les personnages humains que les animaux, les décors, les paysages, etc. (par exemple dans des films comme *Jurassic Park*, *Toy Story*, *Final Fantasy*, *Gladiator*, *Le seigneur des anneaux*, *Immortel*, etc., mais aussi dans des documentaires comme *L'Odyssée de l'espèce*, *L'Odyssée de la vie*).

¹ Ces quelques noms d'artistes cités ici résultent d'un choix subjectif et ne sont qu'une petite partie de la « grande galerie imaginaire de la synthèse d'image » des artistes de ces années-là. Pour un panorama plus large se reporter aux ouvrages suivants : Abraham Moles, *Art et ordinateur*, Casterman, Paris, 1971 ; Edmond Couchot, *Images, de l'optique au numérique*, Hermès 1988 ; Frank Popper, *L'art à l'âge électronique*, Hazan, 1993 ; Edmond Couchot, *La technologie dans l'art*, Ed. Jacqueline Chambon, 1998 ; Bernard Caillaud, *La création numérique visuelle, Aspect du computer art depuis ses origines*, Paris, Europia, 2001. Florence de Méredieu, *Arts et Nouvelles Technologies*, Larousse, 2003.

La deuxième réponse des artistes à la question du passage de l'intelligible au sensible et de la participation du corps à l'élaboration et à la réception de l'image, a résidé dans l'interactivité – l'une des spécificités essentielles des images numériques.

C'est Ivan F. Sutherland, chercheur au MIT, qui au début des années soixante, mit au point les premières images interactives qu'il appela *interactive computer graphics*. Ces images étaient affichables sur des écrans graphiques, au fur et à mesure qu'elles étaient calculées par l'ordinateur, et modifiables par le biais d'interfaces. Si certaines images au graphisme assez simples (dessins, schémas, figures géométriques ou abstraites, etc.) pouvaient être déjà produites par ordinateur sur imprimantes ou tables traçantes, elles n'étaient pas susceptibles d'être modifiées en temps réel.

L'interactivité apportait à l'image une dimension nouvelle : la capacité de dialoguer avec elle, de converser au cours même de sa réalisation (on parlait également de « mode conversationnel »), ce qui permettait au créateur d'exercer sur elle une action immédiate. Mais ce qui offrait aussi la possibilité d'interagir avec elle plus tard. Présente dès la fabrication de l'image, modifiant considérablement sa réception, l'interactivité est une caractéristique fondamentale de l'image numérique. L'augmentation notable de la puissance des ordinateurs, a permis ensuite à cette image, si longue à calculer au début, de s'afficher et d'interagir en temps réel.

L'image s'émancipe alors de ses origines pour contribuer à l'émergence d'un nouveau domaine, celui de la réalité virtuelle. En effet, l'image interactive va constituer un des éléments essentiels de la réalité virtuelle – technique interdisciplinaire impliquant elle-même de nombreux domaines.

II. « LES MM. JOURDAIN DE LA REALITE VIRTUELLE »

Parmi « les MM. Jourdain de la réalité virtuelle », il faut prendre en compte aussi les artistes qui, dès les années quatre-vingt, avant même la commercialisation des systèmes de réalité virtuelle, ont créé des installations interactives que l'on peut considérer, elles aussi, comme précurseurs de la réalité virtuelle. Même si elles ne réunissaient qu'une partie de ses caractéristiques, ces installations répondaient déjà à la finalité de la réalité virtuelle telle que la définit Philippe Fuchs (Fuchs, 1996) : « La finalité de la réalité virtuelle est de permettre à une personne (ou à plusieurs) une activité sensori-motrice et cognitive dans un monde artificiel, créé numériquement, qui peut être imaginaire, symbolique ou une simulation de certains aspects du monde réel. »

Ces artistes ont conçu, inventé, construit des dispositifs tout à fait originaux où le spectateur devient également acteur. Un acteur qui participe à la création en interagissant, en temps réel, de façon multisensorielle, physiquement et mentalement dans l'espace et le temps, avec l'œuvre, laquelle, en retour, ne peut exister sans son intervention.

Rappelons que l'intention esthétique de ces artistes s'inscrivait dans la lignée de celle manifestée déjà par les artistes de la participation, au cours des années cinquante et soixante, tels que les cinétiques ou encore les artistes de l'environnement, pour ne citer qu'eux. Cette intention cherchait à faire participer les spectateurs à la création même de l'œuvre. Frank Popper a bien mis en

évidence cette filiation² : « Tous ces artistes ont en commun de concevoir, en utilisant des techniques plus ou moins sophistiquées, des oeuvres qui exigent l'intervention du spectateur pour fonctionner et exister : ce dernier doit se déplacer, émettre des sons, manipuler, etc. » (Popper, 1989).

Nous ne citerons à titre d'exemples que quelques installations interactives de cette période pionnière³ où nous retrouvons déjà souvent les trois grandes caractéristiques de la réalité virtuelle proposées par G. Burdea : Immersion, Interaction, Imagination.

Comment ne pas évoquer *Videoplace* (1989) de Miron W. Krueger, inventeur d'une « réalité artificielle » très annonciatrice de la réalité virtuelle ! Dans cette installation, la silhouette du spectateur est saisie par deux caméras et incrustée dans l'image de l'univers virtuel qui lui est proposé. Par l'intermédiaire de son ombre, le spectateur interagit par ses gestes, avec différents objets virtuels capables de certains comportements et crée ainsi une performance ludique et artistique. Pour Miron W. Krueger (Krueger, 1989) « ce dispositif dépassait la simple simulation qui tente de reproduire la réalité, dans cette 'réalité artificielle', par exemple les lois de la physique peuvent être cassées en vue d'une proposition esthétique ou conceptuelle. »

Comment aussi ne pas citer *Legible City* (1989) de Jeffray Shaw, cette installation a marqué son époque par l'originalité de son interface – une bicyclette – qui exigeait du spectateur une certaine activité physique : pédaler et tenir le guidon du vélo pour se déplacer. Il pouvait ainsi, à coup de pédales, se promener dans une ville virtuelle projetée en grande dimension devant lui sur un écran et figurée sous la forme d'une « architecture littéraire » tridimensionnelle : les rues et les carrefours de la cité prenaient la forme de lettres tridimensionnelles qui composaient des mots et des phrases. Le spectateur en parcourant la ville écrivait son propre récit.

Il faudrait aussi rappeler l'installation *Plasm: A Nano Sample* (1988) de P. Broadwell, E. Manolis, R. Myers, où le spectateur déplaçait physiquement un moniteur installé sur un pied mobile, sorte de fenêtre virtuelle, et découvrait une sculpture virtuelle située dans l'espace virtuel coïncidant avec l'espace réel. Citons encore, *The Mandala*, du groupe Vivid Effect (V.J. Vincent, F. Macdougall, Willowdale), une installation multisensorielle qui permettait au spectateur de déclencher des effets visuels et sonores, comme jouer de la musique avec des instruments virtuels. N'oublions pas non plus le clavier rétroactif

² Cette généalogie remontrait au début des années cinquante où des artistes comme « Agam, Soto, Tinguely et Bury qui pratiquaient à l'époque des recherches plastiques sur des formes géométriques, s'avisèrent d'introduire la troisième dimension dans leurs oeuvres, dans le but de créer une option et parfois une obligation pour le spectateur d'intervenir et de faire fonctionner pleinement ces propositions plastiques. » (Popper, 1989)

On retrouve cette même préoccupation, dans la fin des années soixante, chez les cinétiques : « La participation mentale et physique du spectateur fut sollicitée de plus en plus par des artistes employant de nouvelles techniques à ces fins. Parmi ces techniques, je ne citerais que les *Physiochromies*, *Transchromies* et surtout les *Chromosaturations* de Cruz-Diez où le spectateur progresse d'un événement chromatique à l'autre ; mais aussi les labyrinthes, salles de jeu et parcours du Groupe de Recherche d'Art Visuel de Paris à l'aide de variations, progressions, réflexions et transformations de structures ; les propositions environnementales créées par les artistes grâce à la programmation d'effets optiques, stroboscopiques, magnétiques, mobiles et lumineuses. » (Popper, 1989)

³ Pour un panorama plus large se reporter aux auteurs cités dans la note n°1 et au doctorat de M.-H. Tramus (1990) *Dispositifs interactifs d'images de synthèse*, Doctorat d'Esthétique Sciences et Technologies des Arts option Images Numériques de l'université Paris 8, sous la direction de Frank Popper.

modulaire (1989) de l'ACROE (A. Luciani et C. Cadoz) – outil d'art ou instrument – qui permettait à l'expérimentateur d'entrer en relation avec des objets virtuels dynamiques, visuels et sonores par le canal gestuel, et de recevoir en retour des sensations proprioceptives dues à leurs propriétés physiques grâce à une interface à retour d'effort.

C'est également à la même époque, qu'Edmond Couchot, Michel Bret et moi-même avons réalisé l'installation *la Plume* (1988), proposition poétique, qui permet au spectateur de souffler (réellement) sur l'image d'une plume virtuelle et de la faire voler. Nous avons choisi une modalité inhabituelle pour l'interaction – le souffle – l'interface étant soit un capteur de pression, soit un microphone. Le vol de la plume est simulé par un modèle dynamique intégrant les caractéristiques du déplacement d'un objet dans un souffle d'air (pesanteur, résistance, portance, etc.), ce qui donne une représentation assez réaliste.

Pour finir sur cette période où les artistes n'employaient pas encore le terme de réalité virtuelle, mais plutôt celui de « réalité artificielle », d'« installation interactive » ou encore de « dispositif interactif d'image de synthèse », on constate clairement, à travers ces quelques exemples, que leurs recherches s'inscrivaient bien dans la problématique générale de la réalité virtuelle telle qu'on l'énonce actuellement (Arnaldi et al., 2006, p. 14) : « Dans toute application de réalité virtuelle, la personne est en immersion et en interaction dans un environnement virtuel. Elle perçoit, décide et agit dans cet environnement, processus schématisé par la classique boucle « perception, cognition, action » qui doit être réalisée sous des contraintes technologiques, physiologiques et cognitives. »

Ceci montre que les artistes n'ont pas été de simples utilisateurs, mais qu'ils ont su créer, agencer, inventer des systèmes originaux, non standard, au cœur desquels ils ont placé le corps du spectateur pour le faire participer, par son action directe, à la création. Ils ont ainsi contribué activement à l'émergence de la réalité virtuelle en tant qu'acteurs et créateurs.

III. L'ÉPANOUISSEMENT

Depuis plus de quinze ans, la réalité virtuelle s'est beaucoup développée. Pour rendre compte de cette évolution et des avancées dans ce domaine, de nombreux chercheurs se sont réunis pour rédiger la dernière édition du *Traité de la réalité virtuelle* en quatre volumes (2006). Ce document de référence sur le sujet élaboré par des scientifiques recense les nombreuses disciplines impliquées dans cette technologie : l'informatique, la téléopération, la robotique, la mécanique, l'acoustique, la psychologie expérimentale et les sciences du comportement, l'ergonomie, la physiologie, la neurobiologie etc., et la très grande variété de ses applications : sciences, médecine, archéologie, art, architecture, urbanisme, enseignement, industries, etc.

Quel est le tableau dressé par ce traité en ce qui concerne les arts ? Les deux articles consacrés aux arts, celui d'Alain Grumbach « Apport de la réalité virtuelle à la création artistique » (Grumbach, 2006) et celui de Stéphane Donikian « L'interactivité sensorielle au service de la création artistique contemporaine » (Donikian, 2006), font apparaître d'une part, l'essor et la grande diversité des œuvres artistiques en réalité virtuelle créées durant ces dernières années, et d'autre part, l'implication de tous les arts (arts visuels, musique, danse, théâtre).

Alain Grumbach souligne les différents apports de la réalité virtuelle à la création artistique à partir de l'analyse de plusieurs œuvres⁴ : nouveaux moyens d'interaction, nouveaux effets, variabilité de présentation (occurrence), nouveau partage des fonctions de création.

Il propose une lecture originale des œuvres en s'appuyant sur une caractérisation des contraintes qu'une application de réalité virtuelle doit satisfaire : contrainte d'espace (la visualisation en trois dimensions du monde virtuel et de ces objets), contrainte de temps (temps réel) et contrainte d'interactivité (interaction de l'utilisateur), et enfin la composante synthétique. Pour Grumbach, cette composante synthétique – qui renvoie au traitement de l'information et qui se modélise selon trois composantes, la perception, le traitement et l'action (aussi bien pour l'utilisateur que pour le monde virtuel) – doit exiger que l'un de ces trois éléments soit artificiel. Pour illustrer cette lecture, nous n'évoquerons qu'une partie des œuvres qu'il présente.

Ainsi, il décrit *La Plume* (1988) de M. Bret, E. Couchot et M.-H. Tramus, selon ces trois composantes (la perception, le traitement, et l'action) et il montre que cette installation « illustre le cas minimal où une seule des trois composantes est artificielle [...] mais que la chaîne reliant ces phénomènes est prise en compte par le numérique, introduisant une part de mystère, de magie. »

Dans *Numeric circus* (2001) du groupe Animaçao (Jaspart et Flores), il constate que la virtualisation des marionnettes ainsi que le remplacement des instruments classiques d'interaction (fils, tiges) par des dispositifs virtuels liés à des capteurs de position et d'orientation spatiales permettent de libérer les mouvements des contraintes mécaniques et des lois physiques du monde réel et de créer des configurations impossibles.

En ce qui concerne *Worldskin* (1998) de Maurice Benayoun – installation de type CAVE⁵ où les spectateurs se retrouvent en immersion sur un champ de bataille virtuel tridimensionnel dans lequel sont présentées en deux dimensions sur des plans disposés dans l'espace, des images fixes de soldats, de blessés, de chars, et d'immeubles –, Grumbach insiste sur « le contraste entre le cadre réel : ensemble de touristes munis d'appareils photographiques, et le cadre virtuel : images et sons de guerre » et sur « l'analogie entre l'action d'appuyer sur un déclencheur d'appareil photographique pour faire disparaître l'image visée et celle d'appuyer sur une gâchette ». Il souligne aussi le fait « que les possibilités de la réalité artificielle sont pleinement mises en application et que les effets produits et les émotions qui en découlent en sont spécifiques. »

Stéphane Donikian, de son côté, dresse un panorama des interactions entre l'art et les nouvelles technologies en montrant la nécessité d'un rapprochement entre les recherches menées par les artistes et celles menées par les scientifiques. Dans la première partie de son article, il aborde la relation entre le

⁴ *Apparition*, ballet de lumières de K. Obermaier ; *La Plume* (1988) de M. Bret, E. Couchot et M.-H. Tramus ; *Numeric circus* (2001), marionnettes virtuelles, du groupe Animaçao C. Jaspart et J.J. Flores ; *Schlag* (2003), spectacle de R. Auzet incluant un personnage virtuel conçu et réalisé par C. Ikam et L. Fléri ; *Silence* (1999) expression corporelle collective, de J. P. Mazeau ; *Worldskin* (1998), safari photographique au pays de la guerre, de M. Benayoun.

⁵ Un CAVE est un espace de projection de forme cubique, de taille 3mx3mx3m ; l'interacteur qui pénètre dans cet espace perçoit les images projetées sur les murs, le plafond, le sol (parfois en relief) et a l'illusion d'être immergé dans une réalité virtuelle avec laquelle il peut interagir, par exemple, en se déplaçant ou en tournant la tête, en utilisant divers dispositifs.

théâtre, la danse et les nouvelles technologies à travers la technique du corps capturé. Il montre que la technologie peut être un support à la création, à partir de quelques exemples. Le chorégraphe Merce Cunningham (en collaboration avec Thecla Schiphorst) a imaginé de nouvelles figures grâce au logiciel *Life Form* (conçu par le laboratoire de Tom Calvert à la Simon Fraser University au Canada) ; Nicole et Norbert Corsino utilisent le même logiciel pour créer des séquences mêlant danseurs réels et danseurs virtuels (comme dans le film *Totempol*) ; Martine Epoque a créé une chorégraphie multimédia, *Tabula Rasa*, où se rencontrent danseurs réels et danseurs virtuels, grâce au logiciel LIFEanimation du LARTEch de l'UQUAM (Université du Québec à Montréal au Canada).

Donikian montre aussi que le corps a été utilisé comme « un matériau de composition en temps réel », c'est-à-dire « qu'il sert dans certains projets artistiques de moteurs de la création d'éléments numériques visuels et sonores venant compléter la performance des danseurs. » Il s'appuie sur plusieurs exemples : *DanseSpace* développé par Flavia Sparacino au Médialab du MIT (E.U.) qui « permet à des danseurs [...] de créer un univers graphique et sonore à partir de la capture [...] des mouvements de leur propre corps », *Narval*, œuvre du groupe *Mobilis-Immobilis* (France) où les mouvements captés sur une danseuse permet à celle-ci d'interagir avec un monde virtuel généré en temps réel par le logiciel AAAsed, *Palindrome* (Allemagne) qui crée des spectacles où les mouvements du corps des danseurs et les signaux émis par la contraction de leurs muscles sont captés pour participer à la génération en temps réel de la musique et d'éléments visuels (films, photos).

En résumé, ces différents panoramas révèlent bien que l'œuvre virtuelle est un agencement très complexe d'éléments divers qui ne réside pas seulement dans la création d'un monde virtuel imaginaire : ce n'est pas parce que le monde virtuel est « imaginaire » ou fictionnel que l'installation est artistique. Le monde virtuel d'une installation interactive peut être tout aussi bien réaliste ou symbolique (ou encore composite) et l'œuvre n'en est pas moins artistique. Pour créer son œuvre, selon ses intentions, l'artiste doit travailler l'ensemble des caractéristiques de la réalité virtuelle ; l'espace, le temps, l'interaction, l'immersion, la perception, le traitement de l'information, l'action, la cognition. Cet ensemble fait partie de la matière même de l'œuvre artistique virtuelle et contribue à son esthétique.

On remarque aussi dans ces quelques exemples cités que ces créateurs poursuivent les intentions de leurs prédécesseurs, recherchent la participation du spectateur en proposant des œuvres interactives multisensorielles sollicitant directement le concours de ce dernier non seulement au moyen de la vue, mais aussi de la parole, du son, du toucher, du mouvement. Ces expérimentations remettent en cause la place prépondérante qui était habituellement réservée à la vue et font intervenir simultanément d'autres sens et tout particulièrement, le sens du mouvement. Comme le montre Alain Berthoz, dans *le sens du mouvement* (Berthoz, 1997), se mouvoir met en jeu la coopération de messages sensoriels multiples : système vestibulaire de l'oreille interne, capteurs musculaires et articulaires, récepteurs visuels et cutanés. Ainsi ces artistes qui intègrent dans leurs installations le mouvement, provoquent une sollicitation multisensorielle du spectateur. Ils associent la contemplation à l'action, au mouvement et au geste, remettent en cause l'idée reçue que les arts numériques sont dématérialisés et décorporalisés. On comprend bien alors pourquoi la réalité virtuelle les intéresse si fortement, car elle les aide à avancer, grâce à sa

capacité d'immersion et d'interaction multisensorielle, dans cette quête qui sert de fil rouge depuis le début : l'introduction du corps, de son action, de sa perception, de son émotion, de sa cognition, au cœur même de l'expérience esthétique. C'est ainsi qu'ils ont su répondre à la question du passage de l'intelligible au sensible et de la nécessaire contribution du corps à l'élaboration et à la réception de l'image.

C'est pourquoi nombreux sont ceux qui s'accordent à dire, même si cette question fait encore débat, que le spectateur ne serait pas seulement acteur, mais qu'il deviendrait cocréateur de l'œuvre, d'une œuvre qui advient au cours même de l'interaction⁶.

IV. AUTONOMIE, INTERACTION, IMMERSION ET CREATION ARTISTIQUE

Dans les œuvres citées jusqu'à présent, ce sont essentiellement les caractéristiques d'interaction et d'immersion de la réalité virtuelle favorisant l'impression de présence éprouvée par le spectateur dans le monde virtuel qui ont été mises en avant.

La définition de la réalité virtuelle, sur laquelle un large consensus s'établit actuellement, fait apparaître la question essentielle du comportement des entités 3D avec lesquelles on interagit (Arnaldi et al., 2006, p. 8) : « La réalité virtuelle est un domaine scientifique et technique exploitant l'informatique et des interfaces comportementales en vue de simuler le comportement d'entités 3D, qui sont en interaction en temps réel entre elles et avec un ou des utilisateurs en immersion pseudo-naturelle dans un monde virtuel. »

L'article « Modèles pour l'autonomie », explicite clairement la modification que cela induit (Tisseau et al., 2006, p. 242) : « Avec cette définition, on opère un changement de point de vue qui, de l'étude des images réelles en informatique graphique, passe à l'étude des objets virtuels qui sont visualisés. Les objets ne sont pas uniquement caractérisés par leurs apparences (leurs images), mais également par leurs comportements, qui eux-mêmes peuvent traduire des intentions. »

Une entité est dite autonome si, dotée de capacités de perception, d'action et de décisions, elle peut s'adapter, sans les connaître à l'avance, aux changements de l'environnement dans lequel elle est plongée.

Les auteurs de cet article – rappelant que « dès 1992, D. Zelter proposait déjà d'évaluer les univers virtuels par rapport à trois notions de base : l'autonomie des objets visualisés, l'interaction avec ces objets, et la sensation de présence au sein du monde virtuel » (Zelter, 1992) – suggèrent de caractériser « une application de réalité virtuelle selon ces deux critères de *présence* et *d'autonomie*, la *présence* étant elle-même caractérisée par les critères *d'immersion* et *d'interaction* » (Tisseau et al., 2006, p. 249).

Pour ces auteurs, la nécessité de l'autonomie des entités virtuelles tient au fait qu'elles participent à la crédibilité des univers virtuels en se comportant comme des êtres vivants dans l'interaction avec l'utilisateur et les autres entités (Tisseau et al., 2006, p. 249) : « Une réalité virtuelle est un univers de modèles autonomes en interaction, au sein duquel *tout se passe comme si* les modèles étaient réels parce qu'ils proposent simultanément, aux utilisateurs et aux autres modèles, la triple médiation des sens, de l'action et de la cognition. »

⁶ Edmond Couchot parle d'un « auteur aval » (le spectateur) et d'un « auteur amont » (l'initiateur de l'œuvre).

C'est pourquoi, tout naturellement, des artistes se sont saisis de cette notion d'autonomie, associée à celle de présence (interaction et immersion) pour enrichir la participation du spectateur à la création de l'œuvre.

La déception que provoque parfois la situation interactive proposée tient à la fois au manque de liberté accordée au spectateur – dans l'interaction où son rôle est trop limité et trop attendu – et à la créature virtuelle dont les réactions sont elles-mêmes trop prévisibles et répétitives.

Concevoir des créatures virtuelles qui ne se comportent pas comme des robots mécaniques, mais comme des êtres dotés de perceptions et d'autonomie d'action et de décision, et également d'émotions, permet un dialogue riche, complexe, inattendu, et donne l'impression d'une relation vivante. C'est aller dans la direction d'une interactivité que nous suggérons d'appeler « la seconde interactivité » (Couchot et al., 2005) par analogie à « la seconde cybernétique » qui met en jeu des relations plus complexes et plus « floues » et se qui rapprochent de comportements humains intuitifs, en s'appuyant sur des modèles issus des sciences cognitives et des sciences du vivant, notamment du connexionnisme, de la génétique et de la physiologie de la perception et de l'action.

Flavia Sparacino (Sparacino, et al., 2000) distingue les systèmes simplement « réactifs » dans lesquels les capteurs agissent sur des scripts en « mappant » les actions du public sur des comportements prédéfinis, les systèmes « comportementaux » appliquant les résultats de l'Intelligence Artificielle classique, comme les comportements de groupes introduits par Reynolds en 1987 (Reynolds, 2000), et enfin les systèmes « autonomes » introduits d'abord par Brooks (Brooks, 1991) pour la robotique, puis développés par Maes (Maes, 1990 ; Maes, 1994) et dont Karl Sims (Sims, 1991 ; Sims, 1994) a donné les premières applications artistiques.

Blumberg (Blumberg et Galyean, 1995 ; Blumberg et al., 2002) a construit un modèle comportemental général pour la perception et la sélection de l'action en temps réel. Ainsi il a modélisé un chien capable d'interagir aussi bien avec des humains qu'avec d'autres acteurs virtuels sur le mode comportemental.

Avec le « NeuroAnimateur » (Grzeszczuk et al., 1998), Terzopoulos propose une nouvelle approche pour créer des animations physiquement réalistes en exploitant les propriétés des réseaux neuronaux qui sont entraînés « off-line » pour émuler la dynamique par l'imitation de modèles physiques en action. Le CML (« Cognitive Modeling Language ») (J. Funge et al., 1999) permet d'aller au-delà des modèles comportementaux en contrôlant les connaissances d'un acteur virtuel, comment il les acquiert et comment elles peuvent être utilisées en vue de planifier des actions.

Pour Jean-Arcady Meyer (Guillot et Meyer, 2003 ; Drogoul et Meyer, 1999) l'approche animat postule qu'il est possible d'aborder l'étude de la cognition humaine par une approche ascendante qui part d'architectures de contrôle minimales et d'environnements simples qui se complexifient progressivement. La robotique évolutionniste applique les lois de la génétique et de la sélection naturelle.

Encore une fois les artistes intéressés à la question de l'interaction avec des entités autonomes et aux modèles informatiques qui les rendaient applicables sont nombreux, nous n'en donnerons que quelques exemples.

Avec l'installation *LifeSpecies* de Christa Sommerer et Laurent Mignonneau, (Sommerer et Mignonneau, 1998) toute personne peut créer une créature par le réseau ; le texte de l'e-mail envoyé sert à définir le code génétique de la créature destinée à être plongée dans un monde de plantes virtuelles dont la projection imagée a lieu face aux spectateurs réunis pendant une exposition. Les spectateurs peuvent interagir avec les créatures virtuelles en les touchant avec les mains. Ils peuvent également saisir une créature ce qui déclenche la production d'un clone, ou bien attraper deux créatures à la fois et faire naître ainsi par accouplement un nouvel être issu de leur croisement.

Dans l'installation *Las Meninas* de Michael Tolson (Tolson, 1995), système à base de réseaux neuronaux et d'algorithmes génétiques, le spectateur, à l'aide d'un capteur, peut disperser de la nourriture virtuelle dans un univers de vie artificielle et voir en relief les créatures virtuelles se diriger vers cet aliment pour le manger.

Diana Domingues (Domingues, 2001) nous donne un autre exemple d'approche de la vie artificielle avec l'installation *Terrarium* inspirée d'un rituel des Indiens du Mato Grosso au Brésil qui consiste, pour régénérer la nature, à créer un monde parallèle dans lequel l'initié partage la vie des animaux. Le spectateur, qui joue le rôle de l'initié, peut créer en direct ou par le réseau un monde virtuel peuplé d'animaux et de serpents générés par des algorithmes génétiques leur donnant une autonomie de comportements. Les serpents se déplacent en rampant selon la topographie vallonnée du sol virtuel, ils cherchent leur nourriture, ils grandissent, évoluent au sein de cette vie artificielle et accélèrent leurs déplacements si l'on réchauffe l'environnement.

Chu-yin Chen (Chen, 2004), avec l'installation *Quorum Sensing*, propose une interaction concertée des spectateurs avec des créatures issues de la vie artificielle grâce à des algorithmes génétiques. Les créatures sont issues de programmes de vie artificielle. Leurs gènes décrivent leur morphologie, leur couleur et leur mouvement. Mais ce qui est important ici, c'est leur interaction avec les spectateurs. Cette interaction s'effectue grâce à un grand tapis sensitif sur lequel est projetée l'image des créatures virtuelles qui suivent les pas des visiteurs. Pour Chu-Yin Chen, « Les actes ou les comportements des spectateurs influencent la conformation du monde virtuel. Les spectateurs deviennent alors parties intégrantes de la biosphère virtuelle [...]. Il y a une continuité allant de la création de l'artiste jusqu'à l'intervention du public qui participe à l'évolution de l'œuvre. L'œuvre n'a donc plus de fin ni de frontière : il est difficile de dire où elle s'arrête, car elle ne relève plus de la notion d'objet, mais s'affirme plutôt, comme le dit John Cage, comme un processus 'soumis au hasard', à ses combinaisons et à l'action non préméditée. »

A partir d'une approche multi-agents⁷, Sophie Lavaud (Lavaud, 2005) veut donner vie au tableau de W. Kandinsky *Jaune-Rouge-Bleu*, en créant *Tableau scénique n° 1*, tableau virtuel dont les éléments considérés comme des agents, entités autonomes élémentaires, interagissent entre eux selon des forces d'attraction-répulsion afin de créer collectivement un système dynamique complexe. Cette installation permet au spectateur de revisiter activement et de façon originale l'œuvre de Kandinsky. Celui-ci a la possibilité de manipuler les éléments du tableau virtuel et de produire ainsi des déséquilibres provoquant des configurations originales en mouvement. Si le spectateur cesse d'interve-

⁷ Collaboration avec le laboratoire Leibniz de Grenoble et le LIP6 de l'université Paris 6.

nir, chaque agent cherche une solution d'équilibre local, par ailleurs il est en interaction avec les agents des autres parties du tableau qu'il perçoit et avec lesquels il peut également communiquer afin de converger collectivement vers l'état stable de la composition d'ensemble d'origine de Kandinsky.

Avec dispositif de *La Funambule virtuelle*⁸ (Bret et al., 2005), le spectateur se trouve face à l'acrobate de synthèse. Il tient dans ses mains un balancier qu'il doit faire bouger afin de la déséquilibrer. Les mouvements de ce balancier sont captés par un gyroscope et interprétés comme des forces qui s'appliquent sur la funambule. Le petit « cerveau » de deux cents neurones de l'acrobate – qui a fait l'objet d'un apprentissage préalable – lui permet alors de développer une stratégie de rééquilibrage autonome.

En « inventant » ses propres solutions à partir d'exemples appris pour élaborer ses mouvements de rétablissement qu'elle n'avait encore jamais effectués précédemment, la funambule virtuelle nous donne l'impression d'interagir avec un être vivant : elle improvise, elle nous surprend. Entre l'apprentissage et l'adaptation s'ouvre un espace d'improvisation et d'invention gestuelle propice à la création artistique.

La quête de l'autonomie ne se limite pas à doter l'image de propriétés qui appartiennent à l'intelligence et à la vie, elle s'attache maintenant à la doter d'émotions. Déjà des artistes sont représentatifs de ces recherches sur les émotions artificielles.

Hervé Huitric et Monique Nahas (Nahas et Huitric, 1999) ont réalisé plusieurs installations interactives avec des visages virtuels qui parlent et qui chantent, expriment des émotions et conversent avec des êtres réels aussi bien que virtuels : dialogue entre un acteur réel et un réseau de visages virtuels, duo composé d'un chanteur réel et d'un chanteur virtuel, chœur virtuel déclenché par la parole d'un spectateur ou la voix d'un chanteur. Autour de ces installations ont été développés plusieurs spectacles, dont *Les Glossolalies d'Orphée*⁹.

L'artiste Naoko Tosa a créé un bébé MIC, agent autonome doté d'un système automatique d'expression faciale et de comportement utilisant des réseaux de neurones. MIC répond aux émotions humaines en réagissant à l'intonation de la voix du spectateur et en exprimant ses propres émotions.

Au théâtre, la pièce *Orgia*¹⁰ de Pasolini mise en scène par Jean Lambert-Wild permet aux acteurs, grâce au système *Daedalus*, d'interagir avec des organismes artificiels à partir de capteurs enregistrant le niveau de stress et d'émotion des comédiens.

Catherine Ikam et Louis-François Fléri, dans la suite des acteurs virtuels interactifs qu'ils ont imaginés depuis plusieurs années, tels que *L'autre, Elle*,

⁸ Cette installation a été réalisée par Michel Bret et moi-même (Laboratoire INREV-ATI de l'Université Paris 8) en collaboration avec Alain Berthoz directeur du Laboratoire de Physiologie de la Perception et de l'Action du Collège de France, dans le cadre de *Cognitive 2000*.

⁹ Spectacle multimédia présenté à *Arts-outsiders*, Maison Européenne de la Photographie, Paris, France, 2002, conçu et produit par l'équipe de recherche INREV-ATI, avec Hervé Huitric, Monique Nahas (création de choristes virtuels interactifs), danseuse virtuelle (Michel Bret, et Marie-Hélène Tramus), Jocelyne Kiss (composition musicale et livret), chanteurs réels : Jocelyne Kiss, Bérénice Hennebois, Fabien Perez, acteurs réels : Philippe Tancelin et Stéphanette Vendeville (interactrice).

¹⁰ Représentation d'*Orgia* de Pasolini, mis en scène par Jean Lambert-Wild, au IV^e festival *Art & Technologie*, Espace Jean Legendre, Lyon, 2001.

Alex, ont créé, à l'occasion d'un spectacle *Schlag* !¹¹ de R. Auzet, un nouvel acteur virtuel « Oscar » avec lequel les comédiens interagissent. Selon leur mouvement, leur position, le visage d'Oscar se déplace d'écran en écran (il y a en a six) et Oscar manifeste différentes expressions, joie, tristesse, perplexité, indifférence. Il peut également interrompre toute interaction pour revenir à une complète autonomie.

CONCLUSION

On voit se dessiner une évolution significative dans les propositions artistiques. Dans un premier temps, elles s'attachent à faire du spectateur le principal acteur d'une expérience sensori-motrice et cognitive au sein d'un monde virtuel. Cette volonté d'allier le sensorimoteur au cognitif est essentielle, car elle renvoie à la démarche esthétique qui met le spectateur au cœur de la création artistique par sa participation. Cette approche dans ces expérimentations artistiques s'inspire de conceptions actuelles sur le vivant, en particulier celles de neurophysiologistes, comme Alain Berthoz (Berthoz, 1997), pour qui les propriétés les plus raffinées de la pensée et de la sensibilité humaine sont des processus dynamiques, des relations sans cesse changeantes et adaptatives entre le cerveau, le corps et l'environnement et pour qui le mouvement joue un rôle fondamental, car coordonner des actions est bel et bien à l'origine des fonctions cognitives les plus élevées du cerveau. Parallèlement au plaidoyer pour la réintégration de l'action et du mouvement au cœur de l'étude du cerveau, ces installations manifestent aussi une volonté d'œuvrer pour un art numérique qui lui aussi s'ancre dans les sensations corporelles et le mouvement.

Puis dans un deuxième temps, les propositions artistiques remettent en cause cette place unique et centrale du spectateur en la partageant avec des créatures virtuelles autonomes, elles-mêmes dotées de capacités sensorielles, d'action et de cognition.

Si, avec l'autonomie accordée aux créatures virtuelles, d'un certain côté, l'artiste perd une partie de la maîtrise sur son œuvre, d'un autre côté, il gagne la possibilité de sortir de lui-même en laissant l'être virtuel le surprendre par sa capacité d'interaction et d'improvisation avec le spectateur.

Cette approche de la création privilégie non pas la prédétermination de ce que sera l'œuvre par une maîtrise totale du créateur, mais plutôt ce qu'elle adviendra au cours du libre dialogue entre le spectateur (l'acteur ou le danseur) et la (ou les) créature(s) virtuelle(s) autonome(s).

L'intérêt des artistes pour de telles entités autonomes et interactives prolonge en la renouvelant l'esthétique de l'« œuvre ouverte », une esthétique qui laisse la place à la surprise, l'inattendu, l'improvisation, l'invention – à la liberté.

La participation du spectateur à la création est un des enjeux cruciaux des œuvres interactives, immersives et autonomes, conçues et réalisées selon les principes de la réalité virtuelle. La question du spectateur, envisagée non seulement comme acteur, mais aussi comme « cocréateur » de l'œuvre, est posée depuis un certain temps. À cette question qui suscite toujours maints débats, s'en ajoute une autre, à l'ère de l'autonomie, qui ne manquera pas de faire rebondir ces débats : N'y aurait-il pas, à côté de ces deux cocréateurs, un troi-

¹¹ Spectacle créé en 2003 dans le cadre du festival Agora de l'IRCAM.

sième invité qui prétend lui aussi participer à cette création collective : la créature virtuelle elle-même ?

BIBLIOGRAPHIE

- Arnaldi, B., Fuchs, P., Guitton, P. (2006). Introduction à la réalité virtuelle. In *Le traité de la réalité virtuelle, Vol. 4 : Les applications de la réalité virtuelle* (pp. 3-30). Les Presses de l'Ecole des Mines de Paris.
- Berthoz, A. (1997). *Le sens du mouvement*. Paris : Odile Jacob Sciences.
- Fuchs, P. (1996). *Les interfaces de la réalité virtuelle*. Les Presses de l'École des Mines de Paris.
- Blumberg, B., Galyean, T. (1995). Multi-Level Direction of Autonomous Creatures for real-Time Virtual Environments. in *Computer Graphics Proceedings*, 47-54.
- Blumberg, B., Downie, M., Ivanov, Y., Berlin, M., Johnson, M.P., Tomlinson, B. (2002). Integrated Learning for Interactive Synthetic Characters. *Proceedings of the 29th Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques*, San Antonio, Texas.
- Bret, M., Tramus, M.-H., Berthoz, A. (2005). Interacting with an Intelligent Dancing Figure : Artistic Experiments at the Crossroads Between Art and Cognitive Science, *revue Leonardo*, 38: 1.
- Chen, C.-Y. (2004). Using Classifier for the Emergence of Virtual Creature Behaviour in a Digital Artistic Experimentation. *7^{ième} Conférence internationale sur l'infographie interactive et l'intelligence artificielle, 3IA'2004*, Limoges, France (pp 147-157). D. Plemenos, AFIG, MSI (éd.).
- Couchot E., Tramus, M.-H., Bret, M. (2003). La seconde interactivité. *Arte e vida no século XXI*, Organizadora D. Domingues, UNESP, Brésil.
- Domingues, D. (2001). Art interactif, corps couplé et sentiment postbiologique. In *Dialogues sur l'art et la technologie*, collection Arts 8, (éd.) L'Harmattan.
- Donikian, S. (2006). L'interactivité sensorielle au service de la création artistique contemporaine. In *Le traité de la réalité virtuelle, Vol. 4 : Les applications de la réalité virtuelle* (pp. 249-271). Les Presses de l'Ecole des Mines de Paris.
- Krueger, M.W. (1989). Videoplace: An Artificial Reality, *Experiential Computer Art. ACM Siggraph '89 course notes*, p.p. 51-58.
- Drogoul, A., Meyer, J.-A. (1989). *Intelligence artificielle située, cerveau, corps, environnement*. Éditions Hermes.
- Fuchs, P. (2006). *Le traité de la réalité virtuelle*. Ouvrage collectif en 4 volumes, dirigé par Philippe Fuchs et coordonné par Guillaume Moreau. Les Presses de l'Ecole des Mines de Paris.
- Funge, J., Tu, X., Terzopoulos, D. (1999). Cognitive Modeling: Knowledge, Reasoning and Planning for Intelligent Characters. Proc. ACM SIGGRAPH 99 Conference, Los Angeles, CA, August 1999, in *Computer Graphics Proceedings, Annual Conference Series*, 29-38. R.
- Grumbach, A. (2006). Apport de la réalité virtuelle à la création artistique. In *Le traité de la réalité virtuelle, Vol. 4 : Les applications de la réalité virtuelle* (pp. 89-96). Les Presses de l'École des Mines de Paris.
- Grzeszczuk, R., Terzopoulos, D., Hinton, G. (1998). NeuroAnimator: Fast Neural Network Emulation and Control of Physics-Based Models. *Intel Corporation University of Toronto*.
- Guillot, A., Meyer, J.A. (2003). La contribution de l'approche animat aux sciences cognitives. *Cahiers Romains de Sciences Cognitives. 1 (1)*, 1-26.
- Lavaud-Forest, S. (2005). *Scénographies interactives, corps interfacés et systèmes dynamiques*, Thèse de doctorat en Art&Sciences de l'art de l'université Paris 1.
- Popper, F. (1989). De la participation à l'interactivité dans les arts plastiques. *Actes du colloque ; Vers une culture de l'Interactivité*. Cité des Sciences et de l'Industrie La Villette, Déchiffrages (pp. 89-96). Espace SNVB International, Paris, 1989.

- Maes, P. (1990). *Situated Agents Can Have Goals, Designing Autonomous Agents: Theory and Practice from Biology to Engineering and Back*. In P. Maes, (éd.), MIT Press/Bradford Books, Cambridge, MA.
- Maes, P. (1994). Modeling Adaptive Autonomous Agent. *Artificial Life 1*, 135-162.
- Nahas, M., Huitric, H. (1999). Synthesis of Faces: a Tool for Experiments on Facial Expression. *European Review of Applied Psychology, special issue, 49*, 141-149.
- Shaw, J., Groeneveld, D., May, G., (1989). Legible City, Installation Interactive. *Catalogue ARTEL '89*. Nagoya, Japon.
- Sims, K. (1991). Artificial Evolution for Computer Graphics. *Computer Graphics Vol 25, n° 4*, 319-328.
- Sims, K. (1994). Evolving Virtual Creatures. *Computer Graphics proceedings*, 15-22.
- Sparacino, F., Davenport, G., Pentland, A. (2000). Media in Performance: Interactive Spaces, for Dance, Theater, Circus, and Museum Exhibits. *IBM Systems Journal Vol. 39 Nos 3&4*.
- Sommerer, C., Mignonneau, L. (1998). *Art @ Science*. Springer Verlag, Wien/New York.
- Reynolds, G. W. (1987). Flocks, Herds and Schools: A distributed Behavioral Model. *Computer Graphics, Vol. 21*, 25-34.
- Brooks, R. A. (1991). Intelligence Without Reason. *IJCAI-91 Vol. 1*, 569-595.
- Tisseau, J., Parenthôen, M., Harrouet, F. (2006). Modèles pour l'autonomie. In P. Fuchs (éd.), *Le traité de la réalité virtuelle*. Les Presses de l'École des Mines de Paris.
- Tolson, M. (1995). *Las Meninas*. Prix Ars Electronica, ORF Oberösterreich.
- Zelter, D. (1992). Autonomy, interaction and présence. *Présence1(1)*, 127-132.