

1 CELINE COUTRIX, DOMINIQUE CUNIN,
MAYUMI OKURA, MARCOS SERRANO

*De part et d'autre de l'interface : Les continuités
esthétiques et scientifiques*

Depuis l'émergence des technologies numériques et leur démocratisation, nous assistons au développement simultané d'une pratique artistique liée aux médias numériques et à l'interactivité, ainsi qu'à celui des sciences de l'ingénieur dédiées à l'informatique.

1 D'un côté, la recherche en esthétique des nouveaux médias et les pratiques artistiques mettant en œuvre les technologies numériques tendent à interroger et manipuler les nouvelles possibilités offertes par ces techniques dans le champ de la création artistique. Nous nous intéressons plus particulièrement à la notion d'interactivité, pouvant être abordée comme étant une relation s'installant entre l'œuvre et le spectateur, à l'aide de dispositifs de capture et de restitution d'une expérience sensible.

2- De l'autre côté, l'Interaction Homme-Machine (IHM) est une discipline, entre autres, de l'informatique, qui vise traditionnellement l'utilité et l'utilisabilité des systèmes informatiques. Elle s'ouvre aujourd'hui à une définition plus large incluant par exemple la notion d'esthétique qui nous intéresse ici. La recherche en IHM vise l'élaboration de techniques d'interactions innovantes, ainsi que l'aide à la conception et à la réalisation des interfaces.

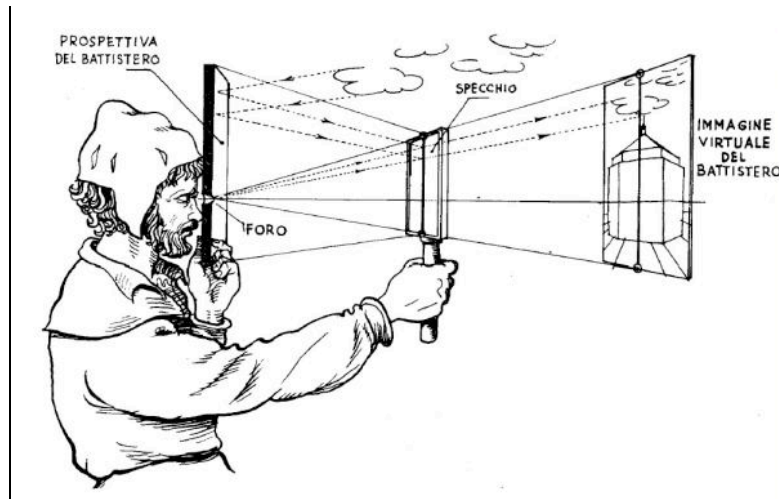
Nous faisons de la notion de continuité notre point d'entrée sur la question de la simulation et de la matérialisation des points de vue esthétique et scientifique. Les dispositifs artistiques interactifs mettent fréquemment en œuvre une simulation, qu'il s'agisse de la représentation en perspective d'un espace tridimensionnel simulé par ordinateur ou de compositions

graphiques générées à partir d'algorithmes. Mais, afin de faire œuvre, ces dispositifs doivent prendre une forme concrète pour pouvoir s'offrir à l'expérimentation du spectateur. Cette matérialisation du dispositif interactif permet à l'œuvre d'exister. La continuité se définit, quant à elle, comme la liaison non interrompue des parties d'un tout. Cette notion s'applique aux mondes physique et numérique lorsque, en art comme en science, les chercheurs tentent de réunir en un tout la simulation numérique et la matérialisation physique.

Nous aborderons dans cet article la notion de continuité entre simulation et matérialisation, tout d'abord du point de vue artistique, puis de celui des sciences de l'ingénieur, pour observer enfin comment ces disciplines interagissent dans l'étude et la réalisation d'interfaces.

1.1 La continuité au centre de l'intention artistique

En 1415, avec l'expérience de *la Tavoletta*, Brunelleschi construit un dispositif utilisant la perspective linéaire dans lequel représentation et réalité physique perçue semblent se superposer et s'associer pour recréer un espace qui apparaît continu. La Baptistère San Giovanni, à Florence, a été reproduite par le peintre sur un panneau de bois. Un trou a été ouvert dans le panneau à l'endroit précis où se situe le point de fuite, clé de voûte de la structure de l'image permettant de donner l'illusion de profondeur. Brunelleschi propose à ses spectateurs de regarder cette image à l'envers, depuis ce trou, à l'aide d'un miroir placé en face du tableau, en se positionnant à l'endroit exact d'où il a réalisé son image. Ainsi observée, la scène représentée sur le tableau semble être prolongée par le reflet de l'espace physique dans le miroir. Cette continuité spatiale repose sur le mimétisme permis par la perspective linéaire.



Représentation hypothétique de la première étude prospective de Filippo Brunelleschi pour le dispositif de la Tavoletta (source : <http://www.lacritica.net/selfspace/COBA/ComeCdQ.htm>, consulté le 16/02/2011)

Avec les technologies numériques, les pratiques artistiques peuvent accéder à de nouvelles possibilités de mise en forme de cette continuité spatiale que l'interactivité et les nombreuses modalités d'interactions sur lesquelles elle repose participent fortement à accroître. Mais lorsqu'il s'agit d'unifier l'espace représenté, ou simulé, et l'espace physique perçu par le spectateur pour qu'ils se confondent et créent une seule et même entité, comme l'a inauguré l'expérience de *la Tavoletta*, des aspects spatiaux comme temporels entrent en jeu. À une continuité spatiale s'ajouterait alors une continuité temporelle dont les caractéristiques dépendent à la fois du projet artistique mais aussi du dispositif technique à travers lequel il prend forme. Afin de détailler ces notions de continuités spatiale et temporelle et d'identifier les éléments sur lesquels elles reposent, nous allons nous appuyer sur des exemples d'œuvres interactives.

1.1.1 Un fondement : l'écran

L'écran est l'élément matériel d'un dispositif de vision qui

permet à une image fixe ou animée d'être perçue par son destinataire. Les technologies actuelles nous poussent à considérer des appareils techniques comme l'écran de télévision ou les moniteurs informatiques comme faisant partie de la famille des écrans. Cependant, si nous prenons en compte le fait qu'un écran est une surface faisant arrêt, sur laquelle peut apparaître l'image d'un objet, alors toutes les surfaces sur lesquelles se forme l'image produite par un système de projection sont des écrans : murs, pièce de tissu tendue, planche de bois ou autres matériaux arrêtant un flux lumineux. Sans écran, nous n'avons pas d'image, et donc aucune possibilité de percevoir visuellement les univers simulés des jeux vidéos, du cinéma à effets spéciaux et des systèmes immersifs de réalité virtuelle. L'écran est ainsi un élément central dans la mise en forme d'un espace de synthèse, représenté en trois dimensions et en perspective, sans lequel le phénomène d'immersion, projection mentale de l'observateur dans l'image, ne peut avoir lieu. Mais l'écran est aussi la frontière qui délimite et sépare l'espace physique du dispositif faisant image et l'espace simulé qu'il donne à voir. Il y a donc une discontinuité spatiale induite intrinsèquement par l'écran. Afin de la dépasser, il faut utiliser des artifices qui, dans le cas des dispositifs interactifs, reposent sur le calcul de l'image en temps réel et l'usage de systèmes de captation.

Dans les installations interactives, les interactions sont produites à l'aide de capteurs ou d'assemblages de capteurs prenant la forme de périphériques comme le clavier, la souris ou des systèmes spécifiquement conçus pour les besoins d'une œuvre. Grâce à cela, une relation entre le spectateur et le dispositif peut prendre forme, favorisant une immersion du spectateur-acteur dans les espaces simulés. Mais ces interfaces induisent une certaine distance entre l'image et le spectateur. D'une part, on ne trouve généralement que difficilement une résonance entre ce qui est représenté dans l'image et la forme du périphérique utilisé¹.

¹ L'exemple de la console de jeux de Nintendo Wii et son contrôleur sans fil le montre avec des accessoires qui cherchent à augmenter l'analogie entre

D'autre part, ces interfaces ne permettent généralement aucun contact physique avec l'image elle-même. Nous trouvons ici à nouveau une discontinuité spatiale : même si l'interactivité favorise l'immersion du spectateur dans la représentation, elle ne favorise pas l'immersion de l'espace physique du dispositif dans l'espace de la représentation. Les deux espaces restent donc distinctement séparés l'un de l'autre par l'écran.

Avec les écrans tactiles, interface graphique et interface physique se voient réunies en un seul élément : l'écran. Nous pourrions penser que le lien entre espace physique et espace simulé est plus fort avec ce type d'interfaces. Le corps est fortement engagé dans la relation à l'écran avec les surfaces tactiles, car c'est le contact avec l'image qui est la source de l'interaction. Mais l'espace du dispositif physique n'entre pas forcément en résonance avec l'espace représenté : une table tactile interactive, à l'instar d'un écran, peut être le support de représentation d'un univers quelconque, ne faisant pas écho au monde physique. Une discontinuité spatiale persiste ici entre l'espace dans lequel se projette le spectateur et celui dans lequel il est physiquement présent. Mais alors, sous quelles conditions une continuité entre l'espace physique d'un dispositif et l'espace simulé qu'il cherche à représenter peut-elle être opérée ?

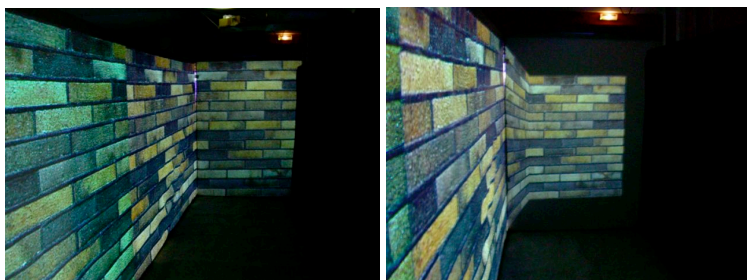
1.1.2 Trompe l'œil et continuité visuelle

Dans la recherche d'une continuité articulant espace représenté et espace physique de l'installation interactive, la technique du trompe l'œil peut être une piste de réflexion. Le plus souvent, le trompe l'œil est situé dans l'espace urbain, réalisé à la manière d'une fresque peinte sur des murs plans, vierges de façade particulière. Afin d'enjoliver ces murs, une façade (faite de fenêtres, balustres, balcons, etc.) est peinte en perspective pour donner l'illusion d'un relief et d'une dynamique sur le mur. En remplissant l'intégralité d'un mur, le trompe l'œil tend à créer une

P'objet physique que le joueur manipule et son double simulé, représenté dans le jeu : volant de voiture, pistolet et autres cannes à pêche.

ambiguïté sur la frontière séparant l'espace représenté et l'espace physique, l'image se superposant parfaitement à son support et s'adaptant à son environnement proche. Nous pouvons en déduire une première condition de la création d'une continuité spatiale entre espace représenté et espace physique : la représentation doit faire écho et s'accorder à son environnement physique immédiat, dans ses dimensions et son contenu. Imaginons un couloir de pierre long de trois mètres et large de deux mètres. Peindre sur le mur du fond l'image en perspective de la suite de ce couloir pourrait laisser penser que le couloir fait dix mètres de long. Une continuité est ainsi créée car le couloir se poursuit visuellement en profondeur : il y a continuité visuelle.

L'installation interactive *Faux-Pas* est un exemple de mise en œuvre de ce principe d'illusion d'optique permettant de forger une continuité visuelle entre les espaces physique et simulé d'un dispositif artistique. *Faux Pas* est un dispositif qui tend à augmenter la réalité naturellement perçue : des murs physiques sont augmentés des murs de briques simulés susceptibles d'interaction avec les spectateurs en temps réel. Cette superposition d'éléments simulés sur la réalité perçue lie l'installation *Faux-Pas* à la notion de réalité augmentée.



Vues de l'installation interactive « Faux-Pas » de Dominique Cunin, 2002 (prise de vue de l'auteur)

Faux-Pas (2001-2002) est une installation interactive de Dominique Cunin qui prend la forme d'un couloir à une entrée. Sur l'un des murs latéraux, ainsi que sur le mur faisant face à l'entrée, est projetée l'image d'un mur de briques. Ces images construisent un angle de mur simulé, qui se superpose aux murs physiques qui sont leurs supports de projection. En entrant dans ce couloir, le spectateur se fait suivre par le mur de briques : quelle que soit sa position, il verra toujours les mêmes briques à côté de lui. Cet angle de mur simulé est mobile, flexible et sans masse. Il se situe dans un espace simulé, potentiel, affranchi des contraintes de la réalité physique. Plus le spectateur se rapproche du mur du fond, et plus le mur de briques semble s'enfoncer en profondeur, grâce à un effet de perspective : le mur tout entier coulisse en fonction de nos déplacements. L'architecture du couloir devient le support du déploiement d'un nouvel espace, dans un jeu de dédoublement.

Lorsque l'on observe ce couloir depuis l'extérieur, les deux pans de murs de briques qui forment un « mur-image » sont parfaitement appliqués sur leurs supports de projection, le « mur-écran », comme s'il s'agissait d'un papier peint ou d'un placage de texture. En entrant dans le couloir, on entre en interaction avec le mur-image. Mais le mur-écran se situe dans la réalité matérielle. Il possède les propriétés physiques qui font du mur ce qu'il est en

architecture : un élément fondamental du bâti, une séparation qui sectionne l'espace en différentes parties pour délimiter un intérieur d'un extérieur, une frontière qui permet de construire et d'organiser des volumes spatiaux. Si le mur-image est mobilisable, le mur-écran ne l'est pas. Ainsi, une fois la traversée du couloir terminée, le spectateur se trouve « au pied du mur » et parfois « dans le mur ». Lorsqu'il arrive face au mur-écran, lorsqu'il peut le toucher physiquement, le mur-image revient brutalement à sa place originale pour ne refaire qu'un avec son support de projection.

Revers de situation, les deux espaces construits se rassemblent et marquent la fin de la simulation : le mur-image n'est plus mobilisable, il se fige sur son support. Si l'espace virtuel peut, dans toute la potentialité qui le caractérise, s'étendre dans un infini, l'espace d'une architecture est limité par ses murs.

1.1.3 Temps réel et continuité temporelle

Les techniques du numérique reposant sur des calculs exécutés par la machine, suivant les instructions données dans un programme, des problématiques de vitesse d'exécution peuvent apparaître. Pour qu'un dispositif interactif puisse faire œuvre, les actions exercées par le spectateur doivent provoquer une réaction aussi immédiate que possible de la part du dispositif. Le terme de « temps réel » fait habituellement référence à cette capacité qu'ont les systèmes informatiques à réagir tellement rapidement aux sollicitations de l'utilisateur que cette réaction semble instantanée. Techniquement parlant, le temps réel correspond à une période de temps assez courte, de l'ordre de quelques millisecondes, pour que l'être humain ne puisse la ressentir lorsqu'il est en situation d'interaction². Si certaines œuvres interactives ne nécessitent pas le temps réel de manière constante, d'autres ne peuvent s'accomplir sans. C'est le cas de l'installation *Fictions*, œuvre de Mayumi Okura

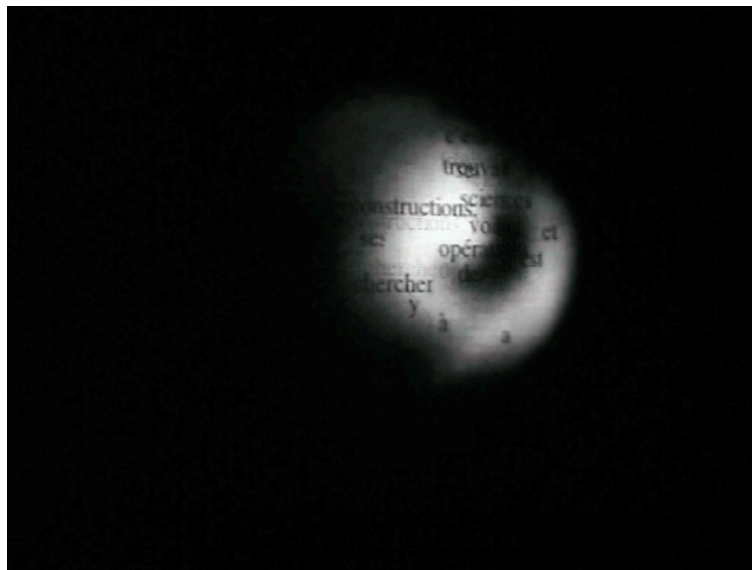
²Sur cette problématique, on pourra se reporter au texte suivant : "The Psychology of Human-Computer Interaction", Card, S. Moran, T. Newell, A. Lawrence Erlbaum Associates, 1983.

réalisée en 2007. Ce dispositif interactif nous montre qu'une deuxième continuité, liée au temps, peut être définie.

Fictions est une installation interactive qui prend place dans une salle noire. À son entrée, des lampes torches sont mises à disposition sur un socle. Les spectateurs sont invités à se saisir d'une des lampes avant de pénétrer dans la salle. Une fois dans cet espace obscur, il est naturel d'allumer la lampe torche et d'éclairer les murs environnants afin d'appréhender l'espace dans lequel on se trouve. La lampe éclaire trop faiblement pour permettre une perception de l'espace environnant. Sur l'un des murs est vidéo-projetée une image noire. Lorsque le spectateur pointe la lampe vers cette projection, il perçoit très clairement le halo de lumière de la lampe qui apparaît alors très distinctement. En bougeant la lampe de façon à éclairer cette image noire, des mots apparaissent dans le halo de lumière pendant un bref instant. Comme d'hypothétiques créatures nocturnes surprises par une clarté à laquelle ils sont hostiles, les mots fuient le halo de lumière pour s'éclipser dans l'ombre. Plus le spectateur cherche à découvrir ce qui se cache dans cette image en l'éclairant, et plus il découvre qu'un texte se dissimule derrière ce voile noir. Cependant, il est incapable de le lire, car plus il l'éclaire et plus il le déconstruit. Les mots, en s'évadant au moindre contact qu'ils ont avec la lumière, détruisent le sens du texte et sa cohérence. En glanant des mots à mesure qu'il éclaire cette « page noire », le spectateur reconstruit un texte qui lui est propre. Parce qu'il est extrait du *Jardin aux sentiers qui bifurquent* de J.L. Borges, le texte voilé présente un vocabulaire très riche qui favorise la construction d'une fiction personnelle de la part du spectateur.

Dans ce dispositif, la lampe torche que le spectateur manipule éclaire en infrarouge, lumière que l'œil humain ne peut percevoir. Une caméra numérique sensible uniquement aux rayonnements infrarouges permet de capturer un flux d'images contenant le halo de lumière produit par la lampe torche : la caméra « voit » là où l'œil humain ne le peut. Les images numériques ainsi captées peuvent être analysées à l'aide de programmes de vision par ordinateur, permettant une reconnaissance des formes et de procurer les coordonnées de ces

dernières dans l'espace de l'écran. Il s'agit donc de projeter sur un mur l'image de ce même mur capturée par la caméra infrarouge : insensible à la lumière visible par l'être humain, la vidéo projection n'est pas perçue par la caméra, évitant ainsi toute possibilité de *feedback*. Le halo lumineux produit par la lampe apparaît alors en blanc sur fond noir dans l'image. Pour créer un dispositif cohérent, le halo de la lampe et son image doivent parfaitement se superposer. Sans cette correspondance spatiale, la relation entre l'action d'éclairer le mur avec la lampe et la déconstruction du texte dans l'image résultante ne pourrait se faire. Nous trouvons ici une autre forme de continuité visuelle entre l'espace physique de l'installation et l'espace simulé qu'elle met en œuvre, car il s'agit d'un espace textuel bidimensionnel et non d'un espace perspectiviste.



Document photographique de l'installation interactive « Fictions », Mayumi Okura (prise de vue de l'auteur)

Et c'est aussi une continuité temporelle qui se dévoile ici : lorsque le spectateur déplace le halo de lumière, son équivalent

dans l'image doit se déplacer de manière synchrone. La position du halo simulé doit être concordante à celle du halo produit par la lampe à tout instant. Sans cette concordance, le geste du spectateur ne pourrait être attaché au halo simulé, brisant ainsi la sensation de contrôle de l'image par la lampe torche qu'il devrait avoir. Dans un dispositif comme *Fictions*, le manque de réactivité du système technique peut provoquer un amoindrissement considérable de la qualité de l'expérience proposée au spectateur. Si la charge de calculs à exécuter est trop lourde pour l'ordinateur, des ralentissements parfois importants peuvent apparaître et, éventuellement, faire échouer l'œuvre. La simultanéité dans l'interaction, le « temps réel » qui induit une synchronicité entre l'action du spectateur-acteur et le retour d'effet qu'elle provoque sur le dispositif, tend à nous montrer qu'il doit y avoir continuité temporelle pour faire œuvre. Dans le cas de la lampe torche, le déplacement du halo lumineux qu'elle projette est la conséquence d'un événement qui a trait à la lampe elle-même et est provoqué par le spectateur qui la manipule. Cet événement qui se déploie dans le temps doit trouver son équivalent dans l'espace simulé en toute continuité, sans lenteur ou latence pour que le dispositif puisse s'accomplir.

1.1.4 Collision des objets avec l'écran et continuité comportementale.

À une continuité visuelle, mettant en rapport les espaces matériels et simulés d'un dispositif artistique interactif, nous venons d'ajouter une continuité temporelle. Mais une troisième approche de la continuité peut être proposée.

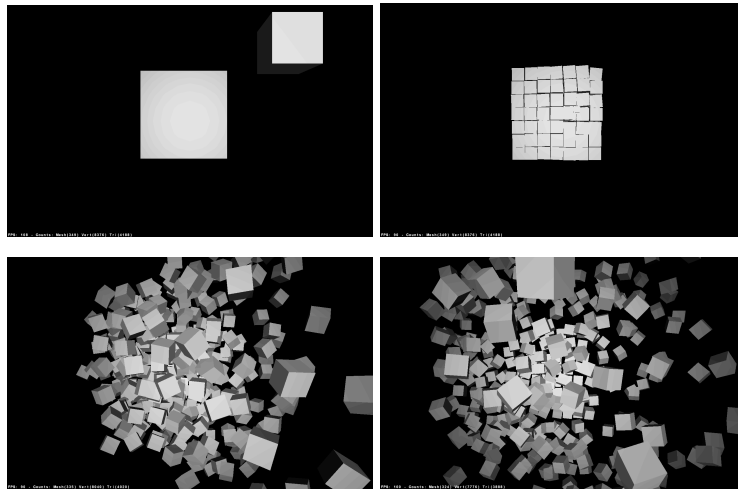
Si l'espace se formalise grâce à ses frontières (murs, parois, piliers, lignes tracées au sol, etc.), il se matérialise à travers certains événements dont il est le théâtre. Les objets peuvent y être déplacés et sont sujets à la gravité, ils peuvent tomber, être bougés, cassés, se dégrader. Si des phénomènes naturels comme le vent peuvent influencer et modifier la position des objets dans l'espace, c'est aussi l'être humain qui interagit avec eux. Jetez une balle sur un mur et elle rebondira, perdra de la vitesse par

frottement avec l'air et par l'effet de l'attraction terrestre, avant de stabiliser son état, sa position dans l'espace. Ce comportement physique des objets est reproduit dans les environnements simulés. On parle alors de modélisation physique, qui consiste en la simulation du comportement d'un objet sujet à différentes forces, telles que la gravité ou le vent, en lien avec ses propriétés matérielles (taille, masse, rugosité, etc.). Une balle virtuelle peut donc tomber et rebondir sur un sol lui aussi virtuel, le tout se donnant à voir sur un écran. L'injection dans l'espace simulé d'une imitation de la chaîne d'événements à laquelle les objets physiques sont sujets vient parfaire l'illusion, le mimétisme des environnements virtuels, qui s'approchent alors du simulacre.

Pouvons-nous trouver les indices d'une continuité impliquant ces comportements ? La distance que les périphériques de contrôle usuels induisent ne le permet pas aisément. En suivant le principe énoncé pour la continuité visuelle, nous pourrions supposer que l'objet permettant une interaction avec l'espace simulé devrait entrer en résonance formelle avec l'environnement de l'espace représenté, dans un rapport analogique. Par extension, le comportement de cette « interface » devrait trouver une continuité dans l'espace simulé. Ainsi, jeter un objet contre la surface de l'image devrait engendrer un phénomène physique cohérent dans l'espace simulé : rebondissement, déplacement des objets qui ont été percutés (qu'ils soient physiques ou virtuels), chute, rupture, etc. Il est alors question de la transmission des mouvements des objets physiques aux objets simulés. Cette transmission pourrait se faire par l'intermédiaire d'un choc entre l'objet (qui devient interface) et l'écran.

Par exemple, le sol d'une salle devient le support de projection d'une suite de cette salle, une image relevant du trompe-l'œil. Le spectateur se saisit d'un cube blanc et le laisse tomber au sol, sur l'image projetée. Lorsque ce cube percute le sol, il subit une sorte de dédoublement : sa chute est stoppée alors que son double simulé poursuit sa course dans la profondeur de

l'espace de la représentation et percute d'autres cubes présents dans la scène simulée, engendrant ainsi de multiples collisions. Le choc du cube physique contre l'image a occasionné la transmission de son comportement à un objet simulé. Cet exemple de dispositif expérimental (en cours de développement) sur le choc d'un objet physique contre la surface d'une image montre notre intention : une continuité visuelle, issue de la tradition de la représentation en perspective et du trompe-l'œil, se voit augmentée d'une continuité comportementale à travers laquelle les objets physiques s'immiscent dans une réalité artificielle et, éventuellement, vice-versa. La frontière que l'écran crée entre espace physique et espace simulé devient perméable par le biais d'objets entrant en analogie formelle et comportementale, permettant ainsi un entrelacement des parties physiques et simulées d'un même dispositif interactif.



Capture d'écran d'un prototype de dispositif interactif interrogeant la continuité entre espace physique et espace simulé, Dominique Cunin, 2008.

1.1.5 Dispositifs mobiles : les épaisseurs de la continuité

Les téléphones mobiles sont aujourd'hui de véritables ordinateurs miniatures regroupant en un seul objet écran, surface tactile, carte réseau, capteurs de toutes sortes et caméra numérique. Parce qu'ils couplent écran et caméra, les téléphones portables de dernière génération permettent de faire coïncider la capture optique et son affichage dans un même objet, faisant de ces appareils mobiles des dispositifs propices à la mise en œuvre de systèmes de réalité augmentée. *Sekai Camera*, application pour iPhone OS et Android OS réalisée par la société japonaise Tonchidot depuis 2009, est l'une des applications de réalité augmentée qui permet de surajouter et d'observer des informations par dessus les images capturées par la caméra en temps réel.



Captures d'écran de l'application « Sekai Camera », réseau social et application de réalité augmentée pour iPhone et Android

Ces informations (appelées *tags* par les concepteurs) peuvent être créées et partagées par les utilisateurs et sont stockées sur des serveurs accessibles depuis Internet. Il peut s'agir d'images, de textes ou de sons. Lorsque l'utilisateur manipule le téléphone de sorte à observer son environnement à travers l'écran, ces informations apparaissent sous la forme d'éléments graphiques qui sont attachés aux objets visibles dans la scène (bâtiments, images, visages, etc.). Cette superposition construit une continuité visuelle entre la scène physique, capturée par la caméra, et des éléments de synthèse en temps réel. Représentations graphiques d'informations

stockées sur des ordinateurs distants, ces tags viennent augmenter la réalité perceptible capturée par la caméra d'une couche d'informations. Dans un système comme *Sekai Camera*, la notion de continuité acquiert une couche informationnelle. C'est alors une continuité informationnelle qui se dessine ici, dans laquelle des éléments physiques sont associés à des données abstraites les concernant et provenant du monde numérique.

La notion de continuité semble donc être constituée de différentes couches qui peuvent être cumulées pour produire une cohérence. Ces couches déterminent une épaisseur de la continuité relative aux formes d'espaces qu'elle met en relation : espace physique, espace tridimensionnel perspectiviste, environnement simulé en temps réel ou base de données numérique. Continuité visuelle, temporelle, comportementale et informationnelle sont interdépendantes et ne peuvent faire sens que lorsqu'elles sont régies par une intention fondatrice, qu'il s'agisse de faire œuvre avec un dispositif artistique ou de forger des systèmes de diffusion d'informations reliant le monde physique au monde numérique et à ses capacités de stockage, de traitement et de transmission des informations.

1.2 Analyse et instruments pour aborder la continuité en sciences

Du point de vue informatique, en IHM, la recherche vise à caractériser la continuité entre les éléments d'interaction, car c'est une notion essentielle pour l'utilisabilité des systèmes. La continuité peut être spatiale, temporelle ou syntaxique. Elle peut aussi prendre forme dans la fréquence d'interaction. Nous abordons maintenant chacune de ces notions en illustrant leur pertinence vis-à-vis d'interfaces artistiques.

1.2.1 Continuité entre les espaces et les temps d'interaction

La continuité entre les espaces et les temps d'interaction a

été tout d'abord introduite via la continuité perceptuelle³. Cette dernière est définie comme la possibilité de percevoir la ou les représentations de concepts numériques qui sont matérialisés, en prenant en compte leur dispersion dans l'espace. Par exemple, dans l'installation *A+* (ci-dessous) réalisée en 2008 par Thierry Fournier, nous considérons la scène présentée dans l'espace d'affichage municipal. On y voit exactement la scène qui se trouve derrière le panneau, comme en transparence, mais une journée plus tôt. Cette installation met donc en œuvre une continuité spatiale et une discontinuité temporelle.



*Document photographique de l'installation interactive « A+ »,
Thierry Fournier*

³ Emmanuel Dubois, Laurence Nigay, Jocelyne Troccaz, Consistency in Augmented Reality Systems, Proceedings of EHCI'01, IFIP WG2.7 (13.2) Working Conference, Toronto, Lecture Notes in Computer Science (LNCS), Vol. 2254, M. Reed Little, L. Nigay Eds, Springer-Verlag Publ. pages 117-130, 2001.

Pour servir d'autres intentions artistiques, un artiste peut choisir au contraire la discontinuité spatiale et la continuité temporelle. Par exemple dans *Passages*⁴ (2004) de Joëlle Bitton, l'œuvre propose deux interfaces distantes connectées via Internet (ci-dessous à gauche et à droite). Chaque interface est une grande surface pouvant rappeler une vitrine. Lorsque des passants s'approchent, l'interface reflète leurs silhouettes sous la forme d'un contour. Ce contour découpe un masque qui révèle ce qui se passe de l'autre côté, et donc éventuellement les spectateurs distants. Il y a donc deux représentations d'une silhouette : le contour local et la silhouette contenue distante. Ces deux représentations, locale et distante, sont discontinues spatialement. En revanche, les représentations sont affichées en temps réel et donc parfaitement synchronisées temporellement.



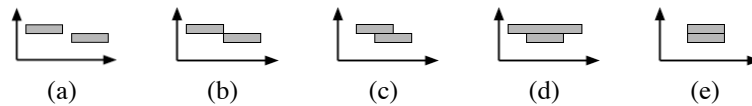
Documents photographiques de l'installation interactive « Passages », Joëlle Bitton

Pour caractériser précisément la relation entre les espaces et les temps, plusieurs approches existent. La plus répandue est celle d'Allen⁵, qui définit cinq relations entre deux espaces ou temps (ci-dessous). Deux espaces peuvent être disjoints (a), adjacents (b), être en intersection (c), être imbriqués (d) ou se recouvrir (e). De

⁴ Joëlle Bitton, *Passages*,
<http://www.superficiel.org/joelle/research/pages/passages.htm>

⁵ Allen, J.: Maintaining Knowledge about Temporal Intervals.
Communications of the ACM, Vol. 26, No. 11, (1983) 832-843.

façon similaire, deux périodes temporelles peuvent être anachroniques (a), en séquence (b), concomitantes (c), coïncidentes (d) ou parallèles (e)⁶.



Cinq relations d'Allen entre deux espaces ou deux temps

La continuité perceptuelle a été détaillée via la caractérisation des relations entre propriétés physiques capturées et générées⁷, ou non. Si l'on reprend l'exemple de l'installation *A+* de Thierry Fournier, la partie hors du cadre publicitaire est la partie non générée et non capturée. Les parties que l'on voit dans et derrière le cadre publicitaire sont à la fois captées et générées (un jour plus tard). Ces deux parties sont caractérisées par une relation d'adjacence spatiale (b).

Derrière le cadre publicitaire se trouve la partie capturée par la caméra, alors que dans ce cadre se trouve la partie générée sur l'écran. Du point de vue du spectateur, ces parties se recouvrent spatialement (e).

Cette analyse peut s'appliquer à d'autres travaux, tel *Faux-Pas* (2001-2002) de Dominique Cunin. Quand le spectateur entre dans l'espace de l'installation (à gauche), les deux projections de murs simulés sont adjacentes (b) entre elles, et recouvrent (e) les parois physiques. Mais lorsque le spectateur avance, les murs projetés avancent avec lui (à droite). En face, le mur généré se retrouve alors imbriqué (d) dans une paroi physique, et à gauche

⁶ Vernier, F., Nigay, L., A Framework for the Combination and Characterization of Output Modalities. In DSV-IS2000, Limerick (IR), Lecture Notes in Computer Sciences, Springer-Verlag publ. pages 32-48. 2000.

⁷ Coutrix, C., Nigay, L. Interagir avec un objet mixte : Propriétés physiques et numériques. In Proceedings of the 19th french conference on human computer interaction (IHM'07). 2007.

du spectateur, l'autre mur généré contient une paroi physique (d) et s'étend sur le suivant (c).

1.2.2 Continuités entre les syntaxes d'interaction

La continuité entre les syntaxes d'interaction, appelée continuité cognitive³, permet au concepteur de vérifier s'il y a continuité entre les interprétations des concepts représentés. Cette continuité concerne la forme logique de la modalité d'interaction. En effet, une modalité d'interaction a été définie comme un couple (dispositif - langage)⁸, comme par exemple celui du microphone et du langage pseudo-naturel. Ce langage qui définit avec le dispositif la modalité, impose une syntaxe sur l'interaction pour qu'elle soit prise en compte par le système. L'action du spectateur doit être *bien* formée.

En suivant les cinq relations d'Allen, les syntaxes d'interaction peuvent être différentes (a), se compléter (b), diverger (c), s'étendre (d) ou être jumelles (e)⁶. Par exemple dans *Portrait One* (ci-dessous), réalisé en 1990 par Luc Courchesne, le portrait interactif parle, mais le spectateur lui répond en pointant et cliquant sur la réponse choisie. Si le spectateur répond en parlant, le système ne prendra pas en compte cette réponse. Les syntaxes d'interaction en sortie (du système vers le spectateur) et en entrée (du spectateur vers le système) sont différentes.

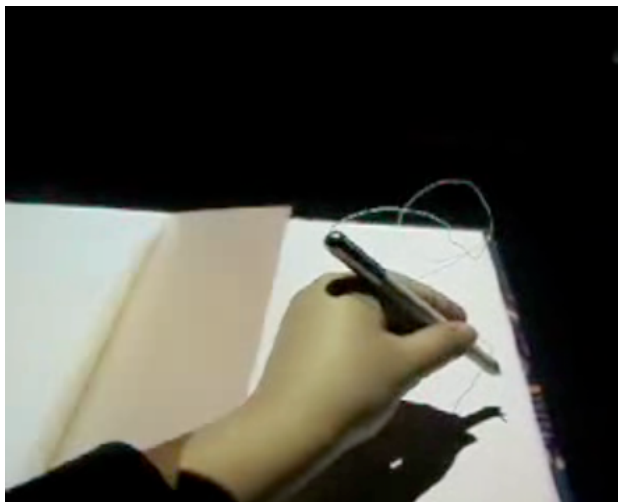
⁸ Nigay, Coutaz, The CARE Properties and Their Impact on Software Design. Intelligence and Multimodality in Multimedia Interfaces: Research and Applications, John Lee, AAAI Press, 1997.



Document photographique de l'installation interactive « Portrait One », Luc Courchesne

Dans l'expérimentation en cours de Dominique Cunin sur le choc d'un objet physique contre la surface d'une image, on voit au contraire que la syntaxe d'interaction est continue entre la partie physique et numérique. En effet, comme nous l'avons décrit plus haut lors de l'analyse esthétique, la chute du cube physique s'étend dans le monde numérique de manière analogique : le cube numérique poursuit sa chute dès le contact avec l'écran.

Il est également possible de comparer une forme usuelle d'interaction avec celle du dispositif artistique. On peut y trouver une analogie ou non, autrement appelée métaphore. On trouve par exemple sur les ordinateurs personnels la métaphore du bureau, qui organise les données sous forme de fichiers et dossiers. Au contraire dans *Beyond Pages* (ci-dessous), réalisé de 1995 à 1997 par Masaki Fujihata, le spectateur de l'œuvre tourne les pages avec un stylo. Il n'y a donc pas d'analogie avec la pratique usuelle du livre et du stylo, puisque le stylo devrait écrire sur le support et non pas tourner les pages.



Document photographique de l'installation interactive « Beyond Pages », Masaki Fujihata

Il est intéressant de remarquer que la simulation et la métaphore sont deux notions différentes⁹ : la première est une imitation littérale, alors que la seconde est une imitation qui dépasse l'objet imité ou la simulation, introduisant une notion de « magie ». Cette notion permet de différencier par exemple *Potential Flag* (2008) de Samuel Bianchini et *Faux-Pas* de Dominique Cunin. La première installation (ci-dessous) vise à reproduire le plus fidèlement possible un drapeau au vent et l'inscrit dans la physicalité. Au contraire, même si les murs de briques de *Faux-Pas* proposent une métaphore, l'installation rend possible une interaction avec les murs simulés. Ces derniers ne pourraient réagir de cette manière dans le monde physique et sont ainsi affranchis des contraintes de la réalité matérielle.

⁹ Dourish, P. 2001. *Where the Action Is: The Foundations of Embodied Interaction*. Cambridge: MIT Press.



Document photographique de l'installation interactive « Potential Flag », Samuel Bianchini

La syntaxe d'interaction, comme l'espace et le temps, sont des ressources pour les artistes pour donner forme à une continuité entre les parties matérielles et simulées de leurs dispositifs, et ceci à plusieurs degrés d'analogie, afin d'appuyer leur intention artistique. Il existe aussi la continuité sémantique, non abordée ici, qui rappelle la couche informationnelle décrite plus haut lors de l'analyse esthétique. Les approches artistiques et sciences de l'ingénieur trouvent ici un écho. La fréquence d'interaction que nous abordons maintenant permet elle aussi de lier le dispositif avec l'intention artistique.

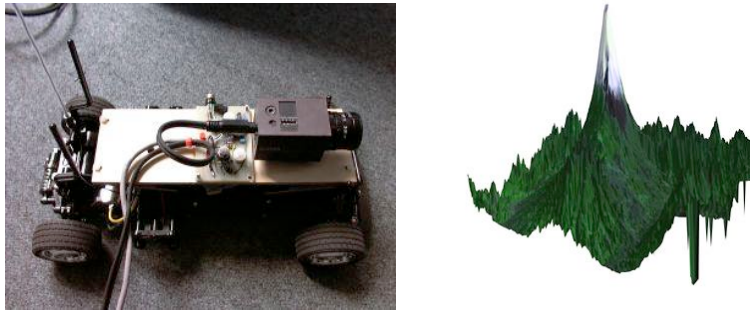
1.2.3 Fréquence et continuité

La **fréquence** désigne le nombre de répétitions d'un phénomène périodique par unité de temps. Souvent, on sous-entend fréquence temporelle. Pourtant, on peut reprendre cette même définition pour décrire la fréquence spatiale (par unité d'espace). La **fréquence d'échantillonnage** s'exprime en Hertz et détermine le nombre d'échantillons utilisés par seconde.

La continuité entre le monde réel et le monde virtuel ne peut être étudiée sans s'intéresser à ces différentes fréquences, autant spatiales que temporelles, qui filtrent les informations allant du spectateur vers la machine, et vice-versa. Les différents éléments impliqués dans ce chemin vont chacun régler/dérégler cette temporalité, filtrer les événements qui transitent et, par conséquent, modifier leurs valeurs et leur sens. La continuité entre le monde réel et le monde virtuel passe par ce filtre qu'est la fréquence d'échantillonnage.

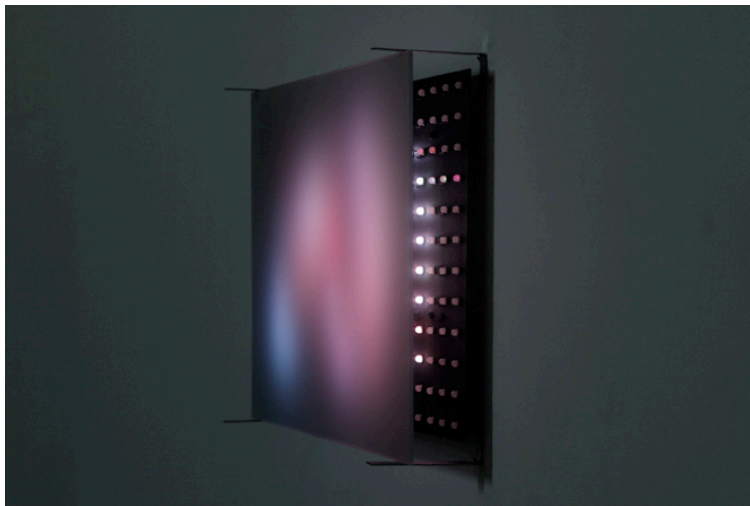
Fréquence de captation et représentation : Nous considérons les deux directions de l'interaction : en entrée, la captation (du spectateur vers le système) et en sortie, la représentation (du système vers le spectateur). La fréquence d'échantillonnage prend alors différentes formes selon la direction.

En captation, la fréquence d'échantillonnage représente le nombre de fois que l'ordinateur capte des données du monde réel à travers un dispositif d'interaction, comme la souris, la caméra ou le GPS. Par exemple, dans l'œuvre *Impressing Velocity* (1994) de Masaki Fujihata (ci-dessous), l'enregistrement des données GPS lors de l'ascension du mont Fuji par l'artiste rend compte de la topographie du parcours mais aussi de la vitesse de sa progression : vers le sommet, les pics des courbes représentent la vitesse de marche. Ces données ont été collectées, échantillonnées à des intervalles précis. La forme de la représentation du mont Fuji est directement liée à la distance parcourue entre ces intervalles de temps.



Document photographique de l'installation interactive « Impressing Velocity », Masaki Fujihata

En sortie, l'échantillonnage représente la résolution de la représentation, autant graphique que sonore. Par exemple, dans l'œuvre *Ambiguous Icon* (2001) de Jim Campbell (ci-dessous), des vidéos sont montrées au spectateur à différentes résolutions en utilisant des surfaces de LEDs. Nous trouvons dans ce système un exemple d'échantillonnage spatial en sortie, ce qui nous amène à une autre caractéristique de la fréquence : son plan ou sa surface.



*Document photographique de l'installation interactive « Ambiguous Icon »,
Jim Campbell*

Plan de l'échantillonnage : Le plan sur lequel l'échantillonnage est effectué peut être autant spatial que temporel. Nous nous intéressons ici à l'interaction en entrée. Nous avons vu précédemment des exemples d'échantillonnage temporel, dans l'œuvre de Masaki Fujihata.

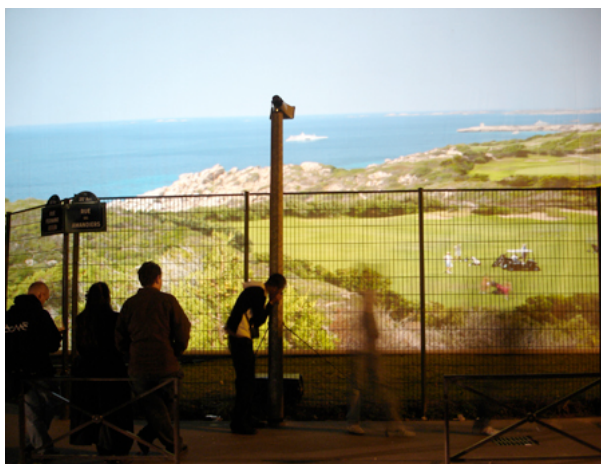
Dans le cas de l'échantillonnage spatial, le système capture des événements suivant une grille spatiale sur une dimension (par exemple chaque mètre le long d'un couloir), deux dimensions (une captation par mètre carré dans une salle) ou trois dimensions. Cela pose des questions sur les limites de la captation. En effet, la précision de la grille va donner lieu à des zones de non-captation. Par exemple, dans l'œuvre *Faux-Pas*, de Dominique Cunin, un ensemble de dalles tactiles au sol permet de capter l'avancement du sujet dans un couloir. Néanmoins le mouvement du sujet au sein d'une même dalle est invisible pour le système : celui-ci peut alors briser la continuité de l'interaction système en jouant avec ces espaces de non-captation.

Interaction discrète et continue. Jusqu'ici nous avons analysé les caractéristiques de l'échantillonnage : le sens dans l'interaction (en entrée et en sortie) et le plan d'échantillonnage. Il est intéressant d'observer la manière dont cet échantillonnage est traité par le système et d'analyser ses modalités d'interaction en sortie. Elles donnent lieu à deux types d'interfaces : à interaction discrète ou continue.

Lorsque les actions réalisées par le spectateur sont interprétées comme des changements d'état, on peut parler d'une interaction discrète. Par exemple, dans l'œuvre *Portrait One* de Luc Courchesne, le sujet utilise un bouton pour dialoguer avec un personnage virtuel. La continuité de l'œuvre et du dialogue avec ce personnage est interrompue tant que le spectateur n'a pas appuyé sur le bouton pour donner une nouvelle réponse.

Par contre, lorsque les données du dispositif permettent de modifier sans interruption une variable du système, nous pouvons parler d'une interaction continue, comme nous l'avons vu dans la première partie avec *Fictions* de Mayumi Okura. Par exemple, dans les jeux vidéos de la console Wii de Nintendo, les mouvements du contrôleur sont souvent utilisés de façon continue pour contrôler un personnage. Plusieurs aspects techniques entrent en jeu dans la création de cette continuité événementielle : puissance de calcul de l'ordinateur, performance des algorithmes et des capteurs, etc.

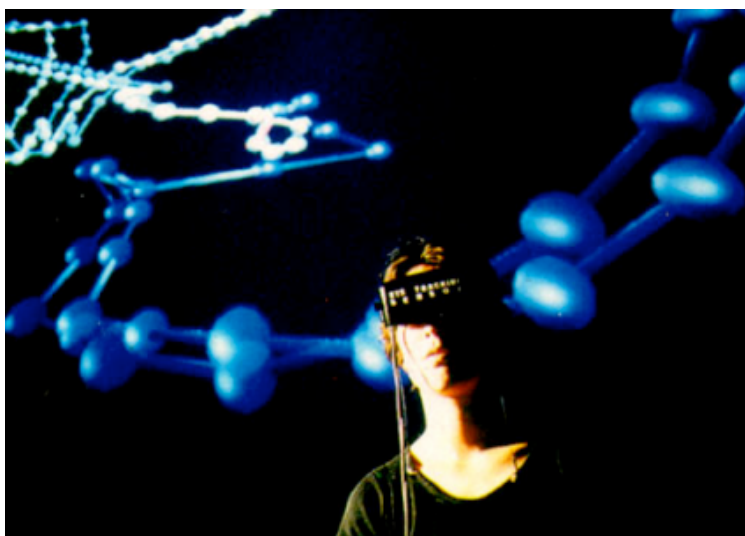
Début et fin d'échantillonnage. Nous distinguons deux types d'interactions selon le mode de déclenchement de l'échantillonnage : l'interaction active et l'interaction passive. Lorsque le spectateur démarre ou arrête volontairement la captation, on parle d'interaction active. Par exemple, dans l'œuvre *Temps Libre* (2004) de Samuel Bianchini (ci-dessous), le spectateur doit crier devant un mégaphone afin de déclencher l'interaction. Dans le cas où cette interaction n'implique pas une action volontaire du spectateur, on parle d'interaction passive. L'œuvre *Faux-Pas* de Dominique Cunin en est un exemple : le spectateur avançant dans le couloir ne peut éviter d'interagir avec le système.



Document photographique de l'installation interactive « Temps Libre »,

Samuel Bianchini

Certaines formes d'interaction évoluent parfois à la frontière de l'interaction active et de l'interaction passive. Ainsi, l'interaction par suivi du regard ou par captation de l'activité cérébrale (interactions passives) oblige le sujet à « se débrancher » du dispositif de capture afin d'arrêter l'interaction (interaction active). D'une certaine façon, ces interfaces sont actives et passives en même temps, dans le sens où le sujet démarre ou arrête volontairement l'interaction (en mettant ou enlevant un casque ou des capteurs) mais ne peut ensuite échapper à l'interaction (sa vue ou son activité cérébrale étant captée de façon continue), comme dans l'œuvre *Molecular informatics* (1996) de Seiko Mikamo (ci-dessous), où le spectateur crée des images de molécules avec son regard.



Document photographique de l'installation interactive « Molecular informatics », Seiko Mikamo

1.3 Conclusion : l'intentionnalité, de l'analyse scientifique à la recherche artistique

Nous avons abordé la notion de continuité entre simulation et matérialisation du point de vue des pratiques artistiques liées aux technologies numériques et du point de vue des sciences de l'ingénieur. Tout d'abord, nous avons dégagé, sans pour autant les séparer, différentes formes de la continuité : visuelle, temporelle, comportementale et informationnelle. Ces continuités s'entremêlent et participent à un entrelacement possible entre plusieurs types d'espaces et de temps. Nous avons ensuite considéré les instruments conceptuels pour aborder la continuité en science. Ont ainsi été présentés trois types de continuités : spatiale, temporelle et syntaxique à laquelle peut être ajoutée une continuité sémantique. Toutes font écho à l'analyse esthétique et ses notions visuelle, temporelle, comportementale et informationnelle. Nous avons finalement analysé la relation entre la fréquence d'échantillonnage et la continuité.

Le début et la fin de l'échantillonnage de l'interaction soulèvent la question de l'intentionnalité du spectateur : quand, comment et pourquoi le spectateur a-t-il l'intention de démarrer une relation avec le système numérique ? Cette notion d'intentionnalité constitue un défi dans le domaine de la recherche en IHM. En effet, au delà des modèles qui représentent le monde numérique et sa relation à l'être humain, il est ardu d'établir un modèle de l'intentionnalité de l'interacteur. Comment distinguer et identifier ce qui relève de l'intentionnalité directe du spectateur-interacteur de ce qui n'en relèverait pas ?

C'est le long de cette frontière que la recherche en ingénierie peut s'articuler avec la recherche artistique. En effet, les artistes sont également confrontés, dans leur pratique, à cette problématique de l'intentionnalité. En réalisant une œuvre interactive, un artiste tente d'orienter l'expérience esthétique qu'il propose au spectateur en essayant d'anticiper ou de diriger son intention. Mais puisqu'il est impossible de prédire avec exactitude la façon dont les spectateurs appréhenderont subjectivement un

dispositif particulier, l'intention que l'artiste souhaite mettre en forme pour faire œuvre devient déterminante. En effet, c'est cette intention fondatrice que l'artiste fait porter par son projet qui va appeler la création d'un dispositif technique répondant aux besoins de l'œuvre et, éventuellement, guider l'intention du spectateur vers l'œuvre. Seraient-ce les contours d'une continuité des intentionnalités ?